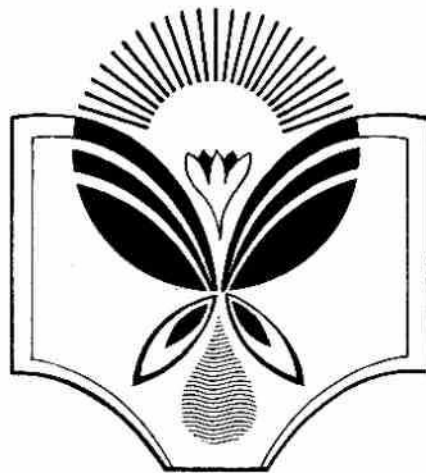




# Наукові записки

**Тернопільського національного  
педагогічного університету  
імені Володимира Гнатюка**

**Серія: біологія**



ББК 28  
Н 34

Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету  
імені Володимира Гнатюка. Серія: Біологія. — 2010. — № 4 (45). — 176 с.

*Друкується за рішенням вченої ради  
Тернопільського національного педагогічного університету  
ім. Володимира Гнатюка  
від 23.11.2010 р. (протокол № 4)*

### **РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ:**

<b>М.М. Барна</b>	доктор біологічних наук, професор (головний редактор)
<b>В.В. Грубінко</b>	доктор біологічних наук, професор (заступник головного редактора)
<b>В.З. Курант</b>	доктор біологічних наук, професор (заступник головного редактора)
<b>К.С. Волков</b>	доктор біологічних наук, професор
<b>Н.М. Дробик</b>	доктор біологічних наук, професор
<b>В.І. Парпан</b>	доктор біологічних наук, професор
<b>О.Б. Столяр</b>	доктор біологічних наук, професор
<b>І.В. Шуст</b>	доктор біологічних наук, професор
<b>В.О. Хоменчук</b>	кандидат біологічних наук, доцент (секретар)

Літературний редактор: Т.П. Мельник  
Комп'ютерна верстка: В.О. Хоменчук

*Збірник входить до переліку наукових фахових видань ВАК України  
Свідоцтво про держреєстрацію: КВ № 15884-4356Р від 27.10.2009*

ББК 28  
Н 34

Українські, російські та латинські назви рослин і тварин наведені за авторським текстом.

© Тернопільський національний педагогічний університет  
імені Володимира Гнатюка

# БОТАНІКА

УДК 577:122:58.036.2

Д.А. БЛЮМА

Інститут ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України  
вул. Терещенківська, 2, Київ, 01601

## **ЕКСПРЕСІЯ ГЕНІВ АКВАПОРИНІВ ПІДГРУПИ PIP2 В РОСЛИНАХ SIUM LATIFOLIUM L. В УМОВАХ РІЗНОГО ВОДНОГО РЕЖИМУ**

Досліджено вплив помірного водного дефіциту на експресію генів аквапоринів підгрупи PIP2 суходільних рослин *S. latifolium*. Показано, що в умовах стресу рівень експресії генів підвищувався на стадіях онтогенезу: вегетації, бутонізації-цвітіння, цвітіння-плодоношення.

*Ключові слова:* аквапорини, експресія генів, водний дефіцит

Згідно сучасних уявлень, існує три шляхи, по яких вода надходить в рослину: 1) по апопласту (вода рухається по міжклітинному простору), 2) по симпласту (вода рухається через цитоплазму клітин по плазмодесмах), 3) вода рухається від клітини до клітини через цитоплазматичну мембрану [10].

Тривалий час водну проникність цитоплазматичної мембрани пояснювали дифузією води через ліпідний бішар. Оскільки явище швидкої зміни водної проникності мембран, неможливо пояснити дифузією води через ліпіди, було висловлено припущення існування переносників води білкової природи. Результати подальших досліджень переконливо показали, що процес транспорту води через цитоплазматичну мембрану забезпечують, в основному, аквапорини, які є мембранними білками, що формують спеціалізовані водні канали [5, 9]. Нині число відомих аквапоринів перевищує двісті, причому значну частину становлять аквапорини рослин. Так, наприклад, в геномі *Arabidopsis thaliana* знайдено 35 генів, які кодують аквапорини в *Zea mays* - 33 гени [1, 7]

Оскільки аквапорини беруть участь у транспорті води крізь цитоплазматичну мембрану, рівень експресії їх генів може бути одним із механізмів регуляції внутрішньоклітинного водного балансу під час адаптації рослин до змін водного режиму. Зручним об'єктом для дослідження впливу помірного водного дефіциту на експресію генів аквапоринів є повітряно-водні рослини (геліофіти), які можуть також зростати на суходолі, поблизу від річки, де суходільні рослини знаходяться в умовах помірного водного дефіциту, порівняно з повітряно-водними, протягом онтогенезу. Тому ми поставили за мету з'ясувати, чи впливає помірний водний дефіцит на експресію генів аквапоринів підгрупи PIP2 у геліофітів, які зростають на суходолі.

### **Матеріал і методи досліджень**

Об'єктами досліджень було обрано рослини *Sium latifolium* L., які зростали вздовж узбережжя р. Псьол біля м. Велика Багачка Полтавської області у воді (прибережна водна смуга) та на суходолі, на відстані 3-25 м від річки. Рослини цього виду є багаторічними, за своєю екологією належать до повітряно-водних рослин. *S. latifolium* має повзучі підземні пагони, стебло

гранисто-борозенчасте. Листки гетерофільні: занурені у воду листки двічі- (і більше) перисторозсічені з ниткоподібними частками; надводні листки перисторозсічені з 4-6-парними частками, косояйцеподібними або ланцетними (нерівнобокими біля основи), дрібно-гостропильчастими; окрім тих можуть бути проміжні форми листків. Зростає *S. latifolium* на болотах, у берегів водойм. Завдяки своїй високій адаптивній пластичності рослини веку нормально вегетують як в прибережній водній зоні, так і на суходолі, формуючи два морфологічно виражені екотипи – суходільний і повітряно-водний.

Матеріал для досліджень збирали у фазах вегетації, бутонізації-цвітіння та цвітіння-плодоношення під час польових експедицій протягом 2007-2010 рр. Матеріал занурювали в рідкий азот на місці збору, подальшу обробку та аналіз проводили в лабораторії. Для досліджень використовували листки повітряно-водних та суходільних рослин.

Виділення РНК проводили за допомогою TRI-REAGENT (Sigma) за відповідним протоколом з деякими змінами. Всі розчини та обладнання, що використовували для роботи з РНК були попередньо оброблені діетилпірокарбонатом (DEPC) та автоклавовані. Рослинний матеріал гомогенізували у рідкому азоті у відповідній кількості TRI-REAGENT з розрахунку 1 мл на 100 мг зразку. Центрифугували (10 хвилин 12000 g, при 4<sup>0</sup> C) та відбирали супернатант. Після додавання хлороформу витримували 10 хвилин за кімнатної температури та центрифугували (10 хвилин 12000 g, при 4<sup>0</sup> C). Преципітацію РНК здійснювали за допомогою ізопропанолу протягом 24 годин при температурі 4<sup>0</sup>C. Після центрифугування (10 хвилин 12000 g, при 4<sup>0</sup>C) зливали супернатант та відмивали РНК за допомогою 75% розчину спирту. Фінальне центрифугування здійснювали 5 хвилин при 7500 g та 4<sup>0</sup>C. Висушували осад та розчиняли у стерильній воді. Кількість РНК вимірювали за оптичною щільністю при довжині хвилі 260 нм.

Вироджені праймери були сконструйовані на основі відомих послідовностей мРНК РІР2-аквапоринів дводольних рослин. Послідовності мРНК були отримані з бази даних NCBI. Аналіз послідовностей мРНК був проведений за допомогою програм BLAST та ClustalW. Використані праймери комплементарні найбільш консервативним ділянкам мРНК аквапоринів дводольних рослин.

РТ-ПІР (зворотньо траскрибована полімеразна ланцюгова реакція) проводили за методикою протоколу FERMENTAS (Литва). Для отримання кДНК тотальну РНК та специфічний reverse-праймер інкубували 5 хв при 65<sup>0</sup>C, додавали 5x буфер, 10mM dNTP mix, інгібітор РНКаз та інкубували ще 5 хв при 37<sup>0</sup>C. Додавали 1 об'єм M-MuLV зворотньої транскриптази і інкубували 1 год при 42<sup>0</sup>C. Зупиняли реакцію нагріванням до 70<sup>0</sup>C 10 хв. Отриману кДНК використовували для подальшої ПІР. ПІР проводили з використанням вироджених праймерів довжиною 18-20 нуклеотидів, сконструйованих з використанням бази даних NCBI та IDT DNA (<http://www.ncbi.nih.gov/>; <http://www.idtdna.com/analyzer>) та програми ClustalW (<http://www.ebi.ac.uk/clustalw/>).

Forward 5' CAC ATI AAC CCG GCG GTG AC-3'

Reverse 5' GCI GAG AAG ACG GTG TAG AC -3'

В кожний епендорф додавали буфер для ПІР, MgCl<sub>2</sub>, dNTP mix, Taq ДНК полімерази, праймери, кДНК та стерильну воду, 25 мкл мінеральної олії для ПІР. Ампліфікацію проводили при наступному режимі:

95<sup>0</sup>C – 30 сек

57<sup>0</sup>C – 30 сек

72<sup>0</sup>C – 1хв

30 циклів

72<sup>0</sup>C – 10 хв

10<sup>0</sup>C – зберігання

Продукти RT-PCR розділяли у 2%-му агарозному гелі, візуалізували в ультрафіолетовому світлі та фотографували за допомогою системи візуалізації гелів (Bio-Vision). Для оцінки кількості продуктів використовували програмне забезпечення Image Mater Total Lab™.

### Результати досліджень та їх обговорення

Для досліджень експресії генів РІР2-аквапоринів нами вперше сконструйовані вироджені праймери на основі відомих послідовностей мРНК РІР2-аквапоринів дводольних рослин. Використовуючи дані праймери, ми виявили значну відмінність в експресії генів аквапоринів у повітряно-водних та суходільних рослин *S. latifolium* протягом 2008-2010 років. Експресія генів РІР2-аквапоринів повітряно-водних рослин майже не відрізнялась протягом стадій вегетації, бутонізації-цвітіння та цвітіння-плодоношення 2008 року і була значно нижчою порівняно з експресією генів РІР2-аквапоринів суходільних рослин (рис. 2 А). Така ж тенденція спостерігалась в 2009 році. Експресія генів РІР2-аквапоринів суходільної форми залишалась на підвищеному рівні порівняно з експресією генів повітряних-водних рослинами і не змінювалась протягом онтогенезу (рис. 2 Б). Особливо чітка різниця в експресії генів РІР2-аквапоринів між повітряно-водними та суходільними рослинами спостерігалась на стадіях бутонізації-цвітіння та цвітіння-плодоношення в другій половині липня та в першій половині серпня 2010 року, коли температура повітря досягала 35-40<sup>0</sup>С. На всіх стадіях онтогенезу експресія генів аквапоринів суходільних рослин залишалась приблизно на одному рівні, в той час як в повітряно-водних рослин вона була нижчою на стадії цвітіння- плодоношення порівняно зі стадією вегетації та бутонізації-цвітіння (рис.2 В). Така тенденція в експресії цих генів вказує на існування механізму адаптації суходільних рослин до помірного водного дефіциту. Отримані нами дані узгоджуються з літературними щодо участі аквапоринів РІР2 підгрупи у відповіді рослини на вплив водного дефіциту.

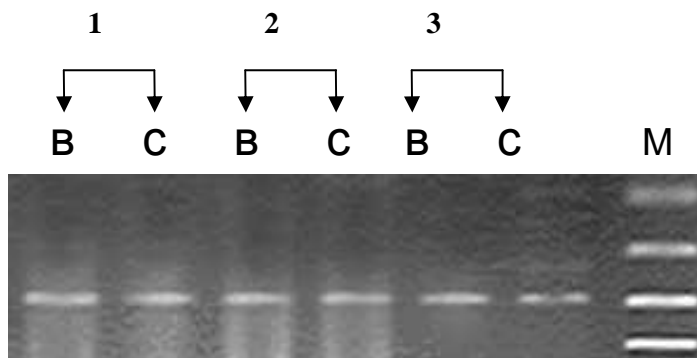


Рис. 1 Експресія мРНК актину Агарозний гель-електрофорез продуктів реакції зворотньої транскрипції та ПЦР. Продукти ПЦР розміром 200 пн. В – повітряно-водний екотип; С – суходільний екотип; М – 100пн ПЦР маркер бенди від 100 до 400 пн 1 - стадія вегетації, 2 – стадія бутонізації/цвітіння, 3 – стадія цвітіння/плодоношення

Відомо, що водний стрес впливає як на експресію генів рослинних аквапоринів, так і на активність самих білків. Так, показано, що штучний водний стрес, викликаний обробкою рослин *Arabidopsis thaliana* 250мМ розчину манітолу, значно змінював експресію більшості РІР-генів, причому в різних напрямках. Експресія генів РІР1;5 РІР2;2 РІР2;3 РІР2;6 швидко знижувалась майже в 10 разів порівняно з нормальним рівнем експресії цих генів. Експресія гену РІР1;1 навпаки підвищувалась. Експресія генів РІР1;2 РІР2;7 та РІР2;8 залишалась незмінною в перші 12 годин стресу а потім різко знижувалась [6]. В умовах довготривалого (більше 12 діб) помірного водного стресу експресія переважної більшості генів РІР-родини *A.thaliana* знижувалась. Експресія двох ізоформ генів аквапоринів - РІР1;4 та РІР2;5 навпаки підвищувалась [12].

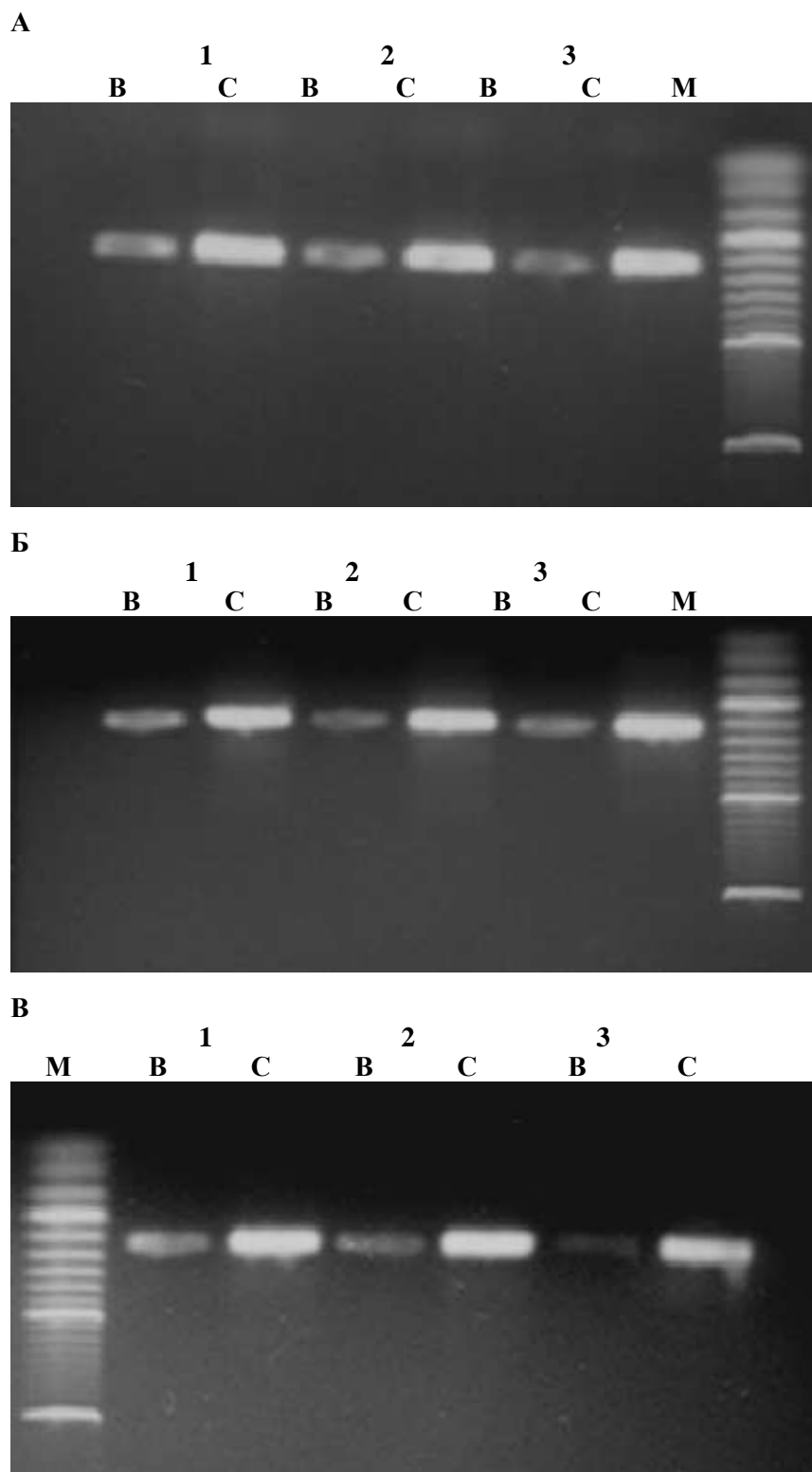


Рис.2. Експресія мРНК аквапоринів РІР2 підгрупи. Агарозний гел-електрофорез продуктів реакції зворотної транскрипції та ПЦР. Продукти ПЦР розміром 270 пн. А-2008 рік, Б-2009 рік, В-2010 рік В – повітряно-водний екотип; С – суходільний екотип; М – 50 пн ПЦР-маркер, бенди від 50 до 1000 пн. 1 - стадія вегетації, 2 – стадія бутонізації/цвітіння, 3 – стадія цвітіння/плодоношення

Така різна реакція генів аквапоринів (посилення чи послаблення експресії або взагалі відсутність будь-якої реакції) у відповідь на водний стрес припускає, що різні ізоформи

аквапоринів рослин грають різну роль у регуляції водного транспорту, причому певні аквапорини беруть участь в адаптації рослини до умов водного дефіциту [4]. Наприклад, різна реакція генів аквапоринів у відповідь на водний дефіцит була виявлена у рослин двох популяцій рису *Oriza sativa*: одна зростала на високій місцевості, стійка до посухи, друга - низинного типу, чутлива до посухи. В умовах посухи, кількість РІР-аквапоринів значно зростала в клітинах коренів рослин обох популяцій, в клітинах листків – тільки у стійкої до посухи популяції. В той час як кількість траскриптів більшості ізоформ аквапоринів значно зростала в клітинах коренів та листків стійкого типу, вона не змінювалась або знижувалась у чутливого типу *O. sativa*. Ці дані свідчать про те, що аквапорини різних популяцій одного виду по різному реагують на стрес в залежності від чутливості до нього [11]. Показано, що експресія гену РІР1 *Vicia faba* у клітинах *A.thaliana* посилювала стійкість до посухи за рахунок закриття продихів, що підтверджує участь аквапоринів у відповіді рослини на посуху [3].

В дослідах на мутантах *A thaliana* з низьким рівнем аквапоринів РІР1 та РІР2 в цитоплазматичній мембрані було виявлено, що водна провідна здатність цитоплазматичної мембрани мутантів та рослин *A. thaliana* дикого типу не відрізнялась в стаціонарних умовах, але в умовах посухи мутантні рослини відновлювали водну провідну здатність та рівень транспірації набагато повільніше ніж рослини дикого типу, та мали нижчий водний потенціал після відновлення поливу цих рослин. На основі цих даних автори зробили висновок що РІР-білки відіграють важливу роль у відновленні водного балансу рослини після припинення посухи [8].

Вважається, що в сприятливих умовах зростання рослин, коли відбувається транспірація, вода рухається по тканинах переважно по апопласту. В умовах водного дефіциту, коли рівень транспірації значно знижується, вода транспортується крізь цитоплазматичну мембрану клітин, тобто через аквапорини [12]. Так, у рослин *Phaseolus vulgaris* було виявлено значне підвищення експресії гену аквапорину РІР2;1 у відповідь на посуху, яке супроводжувалось підвищенням кількості аквапоринів в цитоплазматичній мембрані. При цьому, підвищення експресії спостерігалось в клітинах листків з низьким рівнем транспірації [2]. Було також встановлено, що зниження транспірації в листках викликало підвищення водної пропускної здатності цитоплазматичної мембрани клітин цих листків. На думку авторів це явище опосередковане збільшенням кількості аквапоринів в мембрані [6].

Виявлена нами тенденція в експресії генів аквапоринів РІР2 підгрупи а також дані літератури дає змогу припустити, що в умовах помірного водного дефіциту в клітинах листків суходільної рослини підвищується рівень експресії аквапоринів, який веде до підвищення кількості аквапоринів в цитоплазматичній мембрані клітин, що беруть участь у транспорті основної кількості води по рослині в умовах посухи.

## Висновки

1. За допомогою зконструйованих нами вироджених праймерів вперше визначено рівень експресії генів аквапоринів в листках рослин *Sium latifolium L.*, повітряно-водних за своєю екологією, які зростають в природі в різних умовах водного режиму.
2. Встановлено підвищений рівень експресії генів РІР2- аквапоринів в листках суходільних рослин на фаза вегетації, бутонізації-цвітіння та цвітіння-плодоношення, тобто в умовах помірного водного дефіциту, протягом 2008- 2010 років. Особливу різницю в накопиченні мРНК аквапоринів повітряно-водних та суходільних рослин виявлено в другій половині липня та в першій половині серпня 2010 року, коли температура повітря трималась близько 35-40<sup>0</sup>С
3. Одержані дані дають підставу вважати, що аквапорини підгрупи РІР2 приймають участь в адаптації рослин до змін водного режиму в природних умовах.

1. *An expression analysis of a gene family encoding plasma membrane aquaporins in response to abiotic stresses in Arabidopsis thaliana* / J.Y. Jang, D.G. Kim, Y.O. Kim [et al.] // *Plant Mol. Biol.* - 2004. – Vol. 54. - P. 713–725.

2. *Drought, Abscisic Acid and Transpiration Rate Effects on the Regulation of PIP Aquaporin Gene Expression and Abundance in Phaseolus vulgaris* / R. Aroca, A. Ferrantei, P. Vernieri, [et al.] // *Plants Annals of Botany*. - 2006. - Vol. 98. - P. 1301–1310.
3. *Expression of the Vicia faba VfPIP1 gene in Arabidopsis thaliana plants improves their drought resistance* / XH. Cui, FS. Hao, H. Chen [et al.] // *Journal of Plant Research*. - 2008. - Vol. 121. - P. 207–214.
4. *Hachez C. Modulating the expression of aquaporin genes in planta: a key to understand their physiological functions?* / C. Hachez, E. Zelazny, F. Chaumont // *Biochim Biophys Acta*. - 2006. - Vol. 1758. - P. 1142–1156.
5. *Luu D.T. Aquaporins in a challenging environment: molecular gears for adjusting plant water status* / Doan-Trung Luu, Christophe Maurel // *Plant Cell Envir.* - 2005. - Vol. 28, №1. - P. 85 – 96
6. *Morillon R. The role of ABA and the transpiration stream in the regulation of the osmotic water permeability of leaf cells* / Raphael Morillon, Maarten J. Chrispeels // *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*. - 2001. - Vol. 98. - P. 14138–14143.
7. *Plant aquaporins: membrane channels with multiple integrated functions* / C. Maurel, L. Verdoucq, D.T. Luu [et al.] // *Annu Rev Plant Biol.* - 2008. - Vol. 59. - P. 595–624.
8. *Plasma membrane aquaporins play a significant role during recovery from water deficit* / P. Martre, R. Morillon, F. Barrieu [et al.] // *Plant Physiology*. - 2002. - Vol. 130. - P. 2101–2110.
9. *Reizer J. The MIP family of integral membrane channel proteins: sequence comparisons, evolutionary relationships, reconstructed pathway of evolution, and proposed functional differentiation of the two repeated halves of the proteins* / J. Reizer, A. Reizer, M. Saier // *Crit. Rev. Biochem. Mol. Biol.* - 1993. - 28. - P. 235–257.
10. *Steudle E. How does water get through roots?* / Ernst Steudle, Carol A. Peterson // *J. Exp. Bot.* - 1998. - Vol. 49, №5. - P. 775–788.
11. *Upland rice and lowland rice exhibited different PIP expression under water deficit and ABA treatment* / HL. Lian, X. Yu, D. Lane [et al.] // *Cell Res.* - 2006. - Vol. 16. - P. 651–660.
12. *Whole gene family expression and drought stress regulation of aquaporins* / E. Alexandersson, L. Fraysse, S. Sjoval-Larsen [et al.] // *Plant Molecular Biology*. - 2005. - Vol. 59. - P. 469–484.

*Д.А. Блюма*

Институт ботаники им. Н.Г. Холодного НАН Украины, Киев

**ЭКСПРЕССИЯ ГЕНОВ АКВАПОРИНОВ ПОДГРУППЫ PIP2 В РАСТЕНИЯХ SIUM LATIFOLIUM L. В УСЛОВИЯХ РАЗНОГО ВОДНОГО РЕЖИМА**

Исследовано влияние умеренного водного дефицита на экспрессию генов аквапоринов подсемейства PIP2 сухолюбивых растений *S. latifolium*. Показано, что в условиях стресса уровень экспрессии генов повышался на стадиях онтогенеза: вегетации, бутонизации-цветения, цветения-плодоношения.

*Ключевые слова: аквапорины, экспрессия генов, водный дефицит*

*D.A. Bliuma*

Institute of Botany of National Academy of Science of Ukraine, Kyiv

**PIP2 – AQUAPORIN GENE EXPRESSION OF SIUM LATIFOLIUM L. UNDER DIFFERENT WATER SUPPLY**

The effect of moderate water deficit on gene expression of aquaporin PIP2- subfamily of terrestrial plants of *S. Latifolium* was investigated. It is shown that under stress the level of PIP2 gene expression increased at the stages of vegetation, budding-flowering and flowering - fruiting.

*Key words: aquaporins, gene expression, water deficit*

Рекомендує до друку

М.М. Барна

Надійшла 22.09.2010



УДК 57.012.4/017.7:576.311.347:57.045

В.О. БРИКОВ

Інститут ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України  
вул. Терещенківська, 2, Київ, МСП – 1, 01601

## УЛЬТРАСТРУКТУРА МІТОХОНДРІЙ ТА ДИХАННЯ КОРЕНІВ *PISUM SATIVUM* L. В УМОВАХ МОДЕЛЬОВАНОЇ МІКРОГРАВІТАЦІЇ

Наведені дані досліджень ультраструктури мітохондрій в різних ростових зонах кореня гороху після 3-и добового клінонстатування. Показано, що тільки в дистальній зоні розтягу кореня під впливом клінонстатування відбувається помірна конденсація мітохондрій. Швидкість поглинання кисню кореневими апексами *in vivo*, а також максимальна ємність альтернативного електронно-транспортного ланцюга не змінювалися, що свідчить про стійкість цих загальних параметрів функціонування мітохондрій до дії модельованої мікрогравітації.

*Ключові слова:* клінонстатування, мітохондрії, ультраструктура, тканинне дихання

Структурно-функціональна організація рослинних мітохондрій є надзвичайно пластичною, що забезпечує адаптацію клітин до постійного пресингу навколишнього середовища. Під впливом клінонстатування та реальної мікрогравітації раніше в літературі описані структурні перебудови мітохондрій у різних видів рослин, виявлені за допомогою електронно-мікроскопічного методу. Спектр цих перебудов надзвичайно широкий – від набухання органел [8] до їх конденсації [2], від редукції крист [2] до появи замкнених на собі крист, розміщених концентрично [7]. Дані щодо перебудов ультраструктури мітохондрій в рослинних клітинах торкаються переважно гравірецепторних клітин кореневого чохла та меристематичних клітин власне кореня і можуть відображати, на думку авторів, досить широкий спектр змін у функціонуванні органел в цих умовах. Наші попередні дослідження ультраструктури мітохондрій в різних ростових зонах кореня показали, що після 5-ти добового клінонстатування мітохондрії не зазнавали структурних змін у меристемі та центральній зоні розтягу (ЦЗР) кореня, але разом з тим помірно конденсувалися в дистальній зоні розтягу (ДЗР) [1]. Залишається досі не відомим, яким чином така неоднакова реакція мітохондрій в різних ростових зонах кореня відображає загальний стан функціонування системи окислювального фосфорилування органел у відповідь на дію модельованої мікрогравітації. Отже, метою даної роботи було встановлення швидкості поглинання кисню кореневими апексами на фоні перебудов ультраструктури мітохондрій під впливом модельованої мікрогравітації, а також визначення ємності альтернативного електронно-транспортного шляху, активація якого в стресових умовах може суттєво зменшувати ефективність окислення субстратів мітохондріями [6].

### Матеріал і методи досліджень

Моделювання мікрогравітації проводили за допомогою повільного горизонтального клінонстатування з швидкістю обертання ротора 2 об/хв. Попередньо відібране насіння *Pisum sativum* L. сорту Альфа клінонстатували на протязі 3-х діб, після чого відразу відсікали кореневі апекси довжиною 4-6 мм та фіксували матеріал для електронно-мікроскопічного дослідження по методу описаному раніше [1]. Ультратонкі зрізи (50-70 нм) отримували на мікротомі RMC MT-XL (США) та контрастували ураніл ацетатом і цитратом свинцю [5]. Зразки досліджували на електронних мікроскопах JEM 1200EX та JEM 1230EX (Японія). На знімках вимірювали площу мітохондрій на зрізах та відношення площі крист до загальної площі органели на зрізі (відносна площа крист).

Дослідження поглинання кисню кореневими апексами гороху (4-6 мм) визначали за допомогою кисневого електроду полярографічним методом на приладі Hansatech (Англія).

Відсічені кореневі апекси відразу поміщали у термостатовану (24°C) електродну чашу з дистильованою водою, та відразу починали вимірювання швидкості поглинання кисню на протязі 10-15 хв., в часовому інтервалі, поки дихання носило лінійний характер. Максимальну смність альтернативного електронно-транспортного шляху, або KCN-резистентне дихання, визначали як швидкість поглинання кисню у присутності оптимальної концентрації KCN як інгібітору цитохромного електронно-транспортного шляху. Визначення оптимальної концентрації KCN, яка склала 3 мМ, проводили у спеціальному титрувальному експерименті.

Використовували стандартні методи статистичного аналізу для порівняння двох незалежних вибірок – *t-test* та *Mann-Whitney U test* при  $p \leq 0,05$ . Дані представлені у вигляді  $M \pm SD$  (де  $M$  – середнє арифметичне,  $SD$  – середнє квадратичне відхилення) та у формі коробчастих діаграм  $Me [25\%;75\%]$  на рис.2, де  $Me$  – медіана, 25% 75% – значення першої і третьої кватилі, що включає 50% варіант вибірки, мінімальне і максимальне значення.

### Результати досліджень та їх обговорення

Дослідження ультраструктури мітохондрій у різних ростових зонах кореня 3-х добових проростків гороху показало, що кліноостатування викликало деякі зміни структури органел в ДЗР кореня (рис. 1), в той же час не відбувалося змін в структурі органел в меристемі власне кореня в ЦЗР. Зміни ультраструктури мітохондрій в ДЗР кореня полягали у помірній конденсації органел, що виявлялася у зменшенні їх розміру (рис. 2), збільшенні відносної площі крист на зрізах (таблиця), підвищенні електронної щільності матриксу, а також у зменшенні площі, або ж взагалі відсутності електронно прозорих ділянок у матриксі (рис.1). Дослідження впливу кліноостатування на ультраструктуру мітохондрій у різних ростових зонах кореня у 5-ти добових проростків, проведене в наших попередніх аналогічних досліджень [1], теж показало появу конденсованих мітохондрій саме в ДЗР кореня. Зміни в ультраструктурі мітохондрій чіткіше простежуються після 5-ти добового кліноостатування, що дає підставу припустити посилення впливу кліноостатування на процес дихання мітохондрій із збільшенням його тривалості.

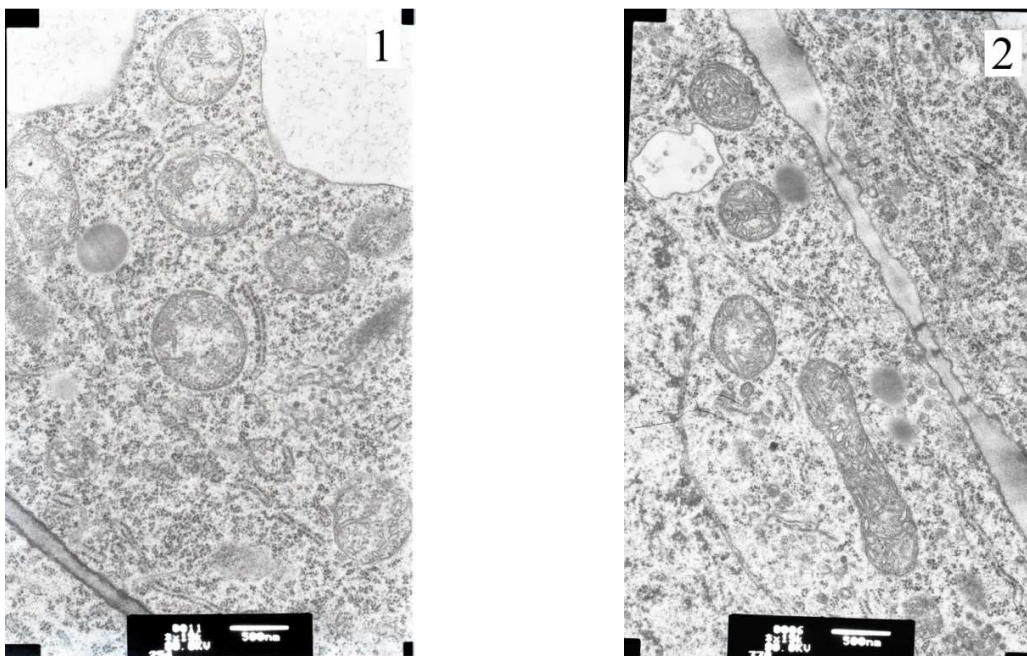


Рис. 1. Фрагменти клітин ДЗР 3-х добових проростків гороху в контролі (1) та після кліноостатування (2). Масштаб – 500 нм

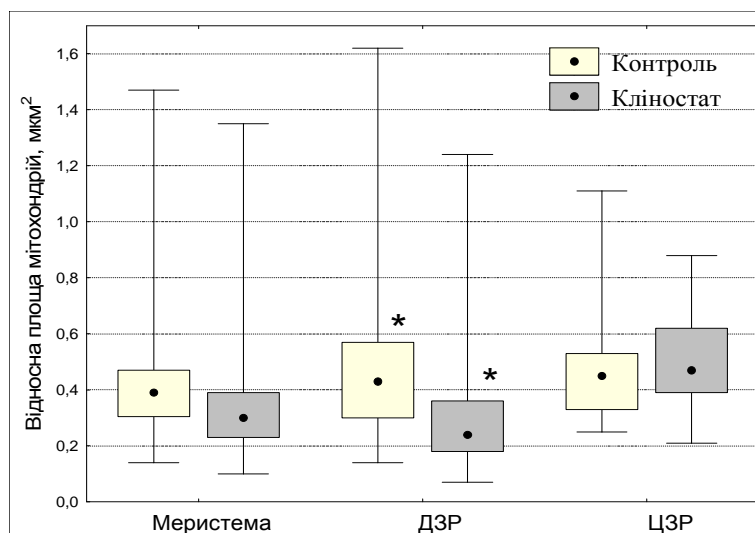


Рис. 2. Вплив 3-и добового кліноустатування на розмір мітохондрій у різних ростових зонах кореня гороху. \* – достовірна різниця між значеннями

Таблиця

Вплив 3-и добового кліноустатування на відносну площу крист у мітохондріях у ростових зонах кореня гороху. \* – достовірна різниця між значеннями. n – кількість досліджених органел

Ростова зона кореня	Відносна площа крист у мітохондріях, %	
	Контроль	Кліноустатування
Меристема	7.1±1.80 (n=47)	7.5±1.91 (n=62)
ДЗР	10.1±2.15* (n=69)	14.0±3.87* (n=71)
ЦЗР	9.3±2.63 (n=47)	9.0±2.64 (n=49)

Встановлено, що кліноустатування на протязі 3-х діб суттєво не впливало на швидкість поглинання кисню кореневими апексами гороху (рис. 3).

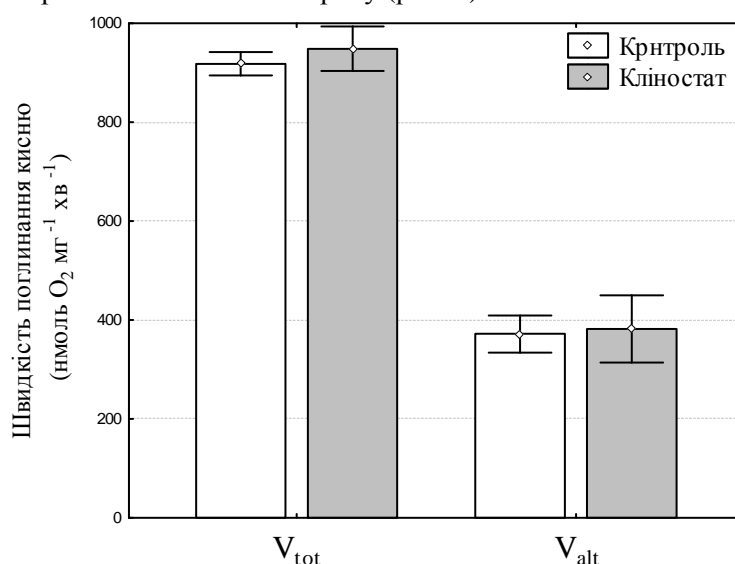


Рис. 3. Загальна швидкість поглинання кисню (V<sub>t</sub>) та максимальна ємність альтернативного електронно-транспортного ланцюгу (V<sub>alt</sub>) у корневих апексах 3-идобових проростків гороху в контролі та після кліноустатування

Відомо, що реальна мікрогравітація та її моделювання в лабораторних умовах несе відчутний негативний вплив на ультраструктуру та функціонування мітохондрій тваринних

клітин. Так, поруч з появою деструктивних змін структури мітохондрій, зафіксовано зниження трансмембранного потенціалу мітохондрій [3], зниження внутрішньоклітинного рівня АТФ [9]. Припускаємо, що ці зміни мітохондрій не є реакцією на відсутність гравітаційного стимулу, а можуть бути наслідком порушення клітинного метаболізму внаслідок зменшення функціонального навантаження органел. Порівнюючи реакцію мітохондрій тваринних та рослинних клітин можна сказати, що якраз мітохондріям рослинних клітин притаманна більша стійкість до умов мікрогравітації. Відомо, що рослинні мітохондрії володіють унікальною розгалуженою системою електронного транспорту [4], фізіологічною роллю якої, вважається, є забезпечення функціонування органел в стресових умовах середовища [6]. Дослідження ємності альтернативного електрон-транспортного шляху, який є частиною цієї системи, показало відсутність змін у його функціонуванні при дії кліностагування (рис. 3). На підставі одержаних даних ми припускаємо, що за умов кліностагування у рослинних мітохондріях функціонують певні компенсаторні механізми, що дозволяють органелам успішно функціонувати в цих умовах.

### Висновки

Встановлено, що мітохондрії в різних ростових зонах кореня виявляють різну чутливість на структурному рівні до дії модельованої мікрогравітації. Виявлені зміни в структурі мітохондрій, тобто їх конденсація, відбуваються тільки в клітинах ДЗР кореня. Припускається, що дані структурні перебудови пов'язані із специфічними фізіологічними властивостями ДЗР і відображають зрушення в енергетичному метаболізмі клітин цієї зони. Відсутність змін у швидкості поглинання кисню кореневими апексами та ємності альтернативного електронно-транспортного шляху, досліджених *in vivo*, свідчить про стійкість цих фізіологічних параметрів функціонування мітохондрій до дії модельованої мікрогравітації.

1. Бриков В.О. Ультраструктура мітохондрій у клітинах різних ростових зон кореня *Pisum sativum* L. при кліностагуванні / В.О. Бриков // Укр. ботан. журн. – 2009. – Т. 66, №5. – С. 722 – 729.
2. Климчук Д.О. Структурно-функціональні особливості мітохондрій в статочитах коренів сої за умов мікрогравітації / Д.О. Климчук // Цитология и генетика. – 2007. – Т. 41, №1. – С. 30 – 35.
3. Degan P. Exposure of human lymphocytes and lymphoblastoid cells to simulated microgravity strongly affects energy metabolism and DNA repair / P. Degan, M. Sancandi, A. Zunino [et al.] // J Cell. Biochem. – 2004. – Vol. 94, № 3. – P. 460 – 469.
4. Møller I.M. A new dawn for plant mitochondrial NAD(P)H dehydrogenases // TRENDS in Plant Science / I.M. Møller. – 2002. – Vol.7, № 6 – P. 235 – 237.
5. Reynolds E.S. The use of lead citrate at high pH as an electron-opaque stain in electron microscopy / E.S. Reynolds // J. Cell Biol. – 1963. – Vol. 17, №1. – P. 208 – 212.
6. Plaxton W.C. The functional organization and control of plant respiration / W.C. Plaxton, E.F. Podestá // Crit. Rev. Plant. Sci. – 2006. – Vol. 25, №2. – P. 159 – 198.
7. Popova A.F. Comparative characteristic of mitochondria ultrastructural organization in *Chlorella* cells under altered gravity conditions / A.F. Popova // Adv. Space Res. – 2003. – Vol. 31, №10. – P. 2253 – 2259.
8. Slocum R.D. Cytological and ultrastructural studies on root tissues / R.D. Slocum, J.J. Gaynor, A.W. Galston // Ann. Bot. – 1984. – Vol. 54. – P. 65 – 76.
9. Yang H. Clinostat Rotation Induces Apoptosis in Luteal Cells of the Pregnant Rat / H. Yang, G.K. Bhat, R. Sridaran // Biol. Reprod. – 2002. – Vol. 66, № 3. – P. 770 – 777.

В.А. Брыков

Институт ботаники им. Н.Г. Холодного НАН Украины, Киев

### УЛЬТРАСТРУКТУРА МИТОХОНДРИЙ И ДЫХАНИЕ КОРНЕЙ *PISUM SATIVUM* L. В УСЛОВИЯХ МОДЕЛИРОВАНИЯ МИКРОГРАВИТАЦИИ

Проведено исследование ультраструктуры митохондрий в разных ростовых зонах корня гороха под воздействием 3-х суточного клиностагирования. Установлено, что происходит конденсация митохондрий только в дистальной зоне растяжения корня. Исследование *in vivo* скорости поглощения кислорода корневыми апексами, а также емкости альтернативного

електронно-транспортного пути показало устойчивость этих общих параметров функционирования митохондрий к действию моделированной микрогравитации.

*Ключевые слова:* клинотатирование, митохондрии, ультраструктура, тканевое дыхание

V.O. Brykov

Institute of Botany of National Academy of Science of Ukraine, Kyiv

#### MITOCHONDRIAL ULTRASTRUCTURE AND PEA ROOT TISSUE RESPIRATION IN SIMULATED MICROGRAVITY

We investigated the mitochondria ultrastructure in different zones of *Pea* root under clinorotation. The condensation of mitochondria was found only in the distal elongation zone of the root. *In vivo* investigations of total oxygen uptake by the root apexes as well as capacity of alternative pathway have shown that above parameters of mitochondria functioning are tolerant to the impact of simulated microgravity.

*Key words:* clinorotation, mitochondria, ultrastructure, root tissue respiration

Рекомендує до друку

Надійшла 22.09.2010

М.М. Барна

УДК 581.557:582.739

А.В. ВІТЕР, Н.Е. ЕЛЛАНСЬКА, О.В. ЗАКРАСОВ, Г.І. КРИВОРЧУК, О.П. ЮНОШЕВА

Національний ботанічний сад ім. М.М. Гришка НАН України  
вул. Тимірязєвська, 1, Київ, 01014

### **РОЗВИТОК КОРЕНІВ І КОРЕНЕВИХ БУЛЬБОЧОК У СИМБІОТИЧНІЙ СИСТЕМІ ЛЮЦЕРНА ПОСІВНА – *SINORHIZOBIUM MELILOTI* ПІД ВПЛИВОМ КЛІНОСТАТУВАННЯ**

Вивчали закономірності впливу кліностатування на морфометричні показники коренів рослин люцерни посівної сорту Ярославна, вирощеної з насіння, інфікованого спонтанно малопродуктивними щодо азотфіксації дикими формами ризобій й інокульованого *Sinorhizobium meliloti* високоефективного штаму 441, а також бульбочок на коренях. Встановлено, що в умовах імітованої мікрогравітації пригнічується ріст кореня між 30-ою та 50-ою добами з моменту висіву насіння порівняно зі стаціонарним варіантом. Відзначено, що кліностатування помітно не впливає на кореневі бульбочки як спеціалізований орган азотфіксації. Умови належного азотного забезпечення як результат взаємодії люцерни посівної з ризобіями вказаного штаму сприяють прояву ефектів кліностатування.

*Ключові слова:* *Medicago sativa* L., *Sinorhizobium meliloti*, кліностатування, кореневі бульбочки, морфометричні показники

Незважаючи на те, що різні рослинні організми використовували як об'єкти для вивчення впливу мікрогравітації, комплексні дані щодо розвитку азотфіксуючих біосистем в цих умовах досить обмежені [1, 6-8, 11]. Результати окремих раніше проведених досліджень за умов мікрогравітації дали змогу виявити певні відмінності структурних показників рослин [3, 4, 8]. Автори вважають, що однією з причин таких відхилень можуть бути порушення, пов'язані з живленням рослин у цих умовах.

Бобово-ризобіальні симбіози з властивою їм азотфіксацією представляють науковий інтерес, перш за все, для розробки і впровадження нових технологій удобрення рослин в

закритих системах життєзабезпечення в умовах мікрогравітації, що дозволить створити адекватний режим живлення рослин в цих умовах. Виходячи з цього, ми спробували дослідити вплив кліностатування на кореневу систему рослин люцерни посівної *Medicago sativa* L. за умов як спонтанного інфікування в процесі взаємодії рослин з дикими формами бактерій, які майже завжди присутні на поверхні насіння і під насінною шкіркою, так і інокуляції штамом бульбочкової бактерії *Sinorhizobium meliloti* 441 за походженням із музейної колекції. Метою цієї роботи було дослідження ростових показників коренів люцерни та особливих утворень, в яких відбувається фіксація азоту, – корневих бульбочок.

### Матеріал і методи досліджень

В експериментах була використана люцерна посівна *Medicago sativa* L. сорту Ярославна (насіння із селекційного розсадника ННЦ «Інститут землеробства» УААН) і азотфіксувальна бактерія *Sinorhizobium meliloti* (штам 441) (музейна колекція ІФРГ НАН України). Рослини вирощували з пророщеного (2 доби) насіння, інокульованого вищезгаданим штамом. Контролем слугували рослини, що інфікувалися спонтанно, оскільки попередня поверхнева обробка насіння 70 %-им етиловим спиртом не забезпечувала повної стерилізації диких форм бульбочкових бактерій.

В роботі використовували повільні 3D кліностати, які здатні відтворювати низку ефектів мікрогравітації (окрім скалярної складової гравітації, якої неможливо позбавитися на Землі) [2]. Швидкість обертання кліностатів по одній осі складала 0,11, по іншій – 0,48 об./хв. Рослини вирощували на мінеральному волокнистому субстраті Grodan (Нідерланди). Полив рослин здійснювали безазотним живильним середовищем [5]: під час посіву давали насичувальну дозу, а під час досліду вологість субстрату підтримували на рівні 600 % за масою. Фотоперіод рослин складав 15:9 год (світло:темрява). Для освітлення використовували люмінесцентні лампи (1230 лм), які закріплювали на відстані 23 см від поверхні субстрату, де росли рослини в усіх варіантах експериментів. Освітленість на рівні поверхні субстрату становила 4 клк.

Наші двохфакторні експерименти склалися з чотирьох варіантів: 1) стаціонар (контроль)+спонтанне інфікування, 2) стаціонар (контроль)+інокуляція *S. meliloti* штаму 441, 3) кліностатування+спонтанне інфікування та 4) кліностатування+ інокуляція *S. meliloti* штаму 441. Експерименти проводили протягом різних місяців: жовтень-листопад, січень-лютий, квітень-травень, червень-липень, але за єдиним протоколом.

З метою аналізу корені та кореневі бульбочки відбирали від субстрату з рослин 30- і 50-добового віку. Визначали абсолютно суху масу коренів. Кореневі бульбочки фіксували в 70 %-ому етанолі, а потім фотографували з використанням світло-оптичного мікроскопу Axios Zeiss Primo Star (Німеччина). Розміри бульбочок на отриманих фотографіях вимірювали за допомогою програмного додатку ПД UTSCSA Image Tool 3.00.

Азотфіксувальну здатність рослин визначали ацетиленовим методом [9]. Рослини поміщали в герметично закриті флакони зі скла об'ємом 75 см<sup>3</sup>, у яких створювали 10 %-у концентрацію ацетилену. Після 24-годинної інкубації газову суміш аналізували на газовому хроматографі Agilent Technologies 6850 з полуменево-іонізаційним детектором. Розділення газів проводили на колонці (0,40x130 см) із Porapak N за температури 80 °С. Газоносієм був гелій (20 мл/хв.). Об'єм аналізованої проби газової суміші становив 1 см<sup>3</sup>. За стандарт використовували чистий етилен. Для математичної обробки результатів застосовували програмний додаток Microsoft Excel 2003.

### Результати досліджень та їх обговорення

Кореневі бульбочки у рослин люцерни, інокульованих штамом 441, мали характерну пігментацію – від світло-червоної до бурої, тоді як у спонтанно заражених рослин вони були білими.

Корені рослин стаціонарного контролю та тих, що сформувалися в умовах кліностатування (імітованої мікрогравітації), мали різний характер розміщення в контейнерах: розташування основної частини коренів цілком обумовлювалося різним розподілом поживного розчину по всьому об'єму контейнерів. Так, у стаціонарі коренева система стрімко пронизувала

верхні шари субстрату і формувала розгалужений корінь у нижніх шарах субстрату, часто навіть безпосередньо на дні контейнера. Під впливом кліностакування галуження коренів було дещо слабшим, але коренева система перерозподілялася більш-менш рівномірно по об'єму контейнера. Це пояснюється, вірогідно, тим, що двоосьове обертання кліностаку сприяло більш рівномірному розподілу живильного розчину по об'єму контейнера, а відтак усувало його накопичення на дні. Варто відзначити, що кореневі бульбочки також завжди формувалися у місцях найбільшого скупчення вологи як на добре розвинених, так і на молодих коренях.

Аналіз даних сухої маси коренів показав, що корені 30-добового віку, які сформувалися в кліностаковому варіанті зі спонтанним інфікуванням були легшими, ніж в такому ж варіанті (без інокуляції штамом 441) стаціонарного контролю на 54 %, а з проведенням інокуляції – на 32% (таблиця). Суха маса кліностакованих коренів спонтанно заражених рослин 50-ти добового віку зменшувалась на 32 %, з інокуляцією штамом 441, навпаки, збільшувалась на 79 %. Чіткої тенденції щодо зміни маси коренів під дією припосівної інокуляції виявлено не було.

Отримані результати свідчать про певне пригнічення розвитку коренів в умовах кліностакування. Можна припустити, що зниження сухої маси коренів у варіантах з використанням інокуляції штамом 441 є результатом достатнього забезпечення рослин азотом, внаслідок чого рослини не потребували значного розростання коренів.

Таблиця

Характеристики коренів і корневих бульбочок люцерни посівної в досліді з довготривалим кліностакуванням

Показники	30 діб після посіву				50 діб після посіву			
	за умов спонтанного інфікування		за інокуляції <i>S. meliloti</i> штам 441		за умов спонтанного інфікування		за інокуляції <i>S. meliloti</i> штам 441	
	Стаціонар	Кліностакування	Стаціонар	Кліностакування	Стаціонар	Кліностакування	Стаціонар	Кліностакування
Суха маса кореня рослини, мг	3,23± 0,62	1,50± 0,50	1,54± 0,35	1,05± 0,31	7,86± 2,68	5,39± 1,80	5,83± 1,96	10,42± 3,39
Співвідношення між сухими масами пагонів і коренів рослин	3,0± 0,8	12,9± 3,1	4,8± 1,6	8,7± 2,7	0,9± 0,3	2,1± 0,7	1,7± 0,6	1,5± 0,4
Кількість бульбочок на одну рослину, шт	28	39	27	35	75	62	55	72
Об'єм бульбочки (середній / інтервал варіювання), мм <sup>3</sup>	0,48± 0,10 / 6,6·10 <sup>-3</sup> ...4,4	0,47± 0,09 / 7,8·10 <sup>-3</sup> ...5,4	0,30± 0,04 / 3,8·10 <sup>-3</sup> ...3,1	0,31± 0,04 / 0,03 ...1,8	0,62± 0,13 / 4,4·10 <sup>-3</sup> ...9,1	0,56± 0,12 / 8,5·10 <sup>-3</sup> ...3,5	0,31± 0,07 / 2,4·10 <sup>-3</sup> ...3,0	0,25± 0,05 / 2,0·10 <sup>-3</sup> ...9,1
Об'єм бульбочок на 1 мг сухої маси кореня, мм <sup>3</sup>	0,33± 0,07	1,25± 0,25	0,75± 0,10	0,88± 0,11	0,78± 0,19	1,07± 0,26	0,38± 0,09	0,55± 0,12
Ацетилен відновлювальна активність, нмоль/(рослина·год)	0	0,01	1,23± 0,47	0,37± 0,14	0	0,01	1,23± 0,33	1,77± 0,16

У серії проведених нами дослідів для спонтанно інфікованих рослин було відзначено відносно стале співвідношення між сухими масами пагона та кореня у стаціонарі на 30-у добу (3,0) і виражена тенденція його зростання під дією кліностакування – на 330 %. Рослини стаціонару, інокульовані штамом 441, характеризувалися вищим значенням цього співвідношення (4,8), до того ж кліностакування призводило до його зростання на 45 %. На 50-у добу в проведених нами дослідях у всіх варіантах даний показник виявився дуже варіабельним, тим не менше можна було помітити тенденції щодо його зміни в умовах

імітованої мікрогравітації порівняно зі стаціонаром. У рослин, неінокульованих ефективним штамом ризобій, у результаті клінонотатування співвідношення пагін:корінь за масою зросло на 122 %, в інокульованих воно в деяких експериментах залишалося на одному рівні зі стаціонаром. Дія інокуляції в стаціонарі сприяла зростанню сухої маси пагона відносно кореня на 85 %, на клінонотаті – зниженню на 28 %. У більшості варіантів відбувалося зниження масового співвідношення пагона до кореня між 30-ою та 50-ою добами, при чому найвиразнішим таке зниження було в клінонотатованих рослин, інфікованих спонтанно, (в 6,1 разів). Ми схильні вважати, що за рахунок симбіозу люцерни із ризобіями посилюється ріст надземних органів й одночасно гальмується надмірне розростання кореня, яке можна розглядати як реакцію на нестачу азоту в субстраті. Сформовані бульбочки на коренях люцерни спостерігалися як поодинокі, так і у вигляді намисто- і гроноподібних скупчень.

Одним із показників, залучених нами для аналізу, була кількість сформованих бульбочок, проте виявлялася значна розбіжність даного показника в різних експериментах. Тому ми використали більш інформативні дані: лінійні розміри кореневих бульбочок. У всіх варіантах виявлено значне коливання об'ємів бульбочок (таблиця): великі величини характеризують гроноподібні скупчення, в яких неможливо виокремити межі кожної з бульбочок. Протягом періоду від 30-ої до 50-ої доби середній об'єм бульбочки на коренях стаціонару зі спонтанним зараженням на 30 %<sub>2</sub> тоді як на клінонотаті також за умов спонтанного інфікування – на 13 %. Інокуляція штамом 441 призводила, навпаки, до зменшення середнього об'єму бульбочки за умов клінонотатування на 19 % – це відбувалося за рахунок нових (утворених за цей проміжок часу) органів азотфіксації, що мали невеликі розміри.

В нашій роботі здійснювалась оцінка розмірів кореневих бульбочок не тільки за середнім об'ємом, а й за часткою бульбочок різних категорій об'ємів (до 0,01 мм<sup>3</sup>, від 0,01 до 0,1 мм<sup>3</sup>, від 0,1 до 1 мм<sup>3</sup> і понад 1 мм<sup>3</sup>) у загальній вибірці (рис.). Цей спосіб аналізу свідчить про те, що в усіх варіантах досліду як на 30-у, так і на 50-у добу після посіву об'єм переважної частини органів азотфіксації припадає на інтервал від 0,1 до 1 мм<sup>3</sup>. Клінонотатування незалежно від шляху інфікування кореня та віку рослин призводило до зменшення відносної кількості бульбочок найбільшого з перелічених класів; до того ж у 50-добових рослин під впливом імітованої мікрогравітації збільшувалася частка дрібних бульбочок – тих, які мали об'єм до 0,1 мм<sup>3</sup>. Це дає підстави думати, що дія клінонотатування сприяє не тільки росту, але й закладанню нових бульбочок (не виключено, що також і більш пролонгованому інфікуванню коренів ризобіями).

Рослини в більшості варіантів і повторностей досліду значно відрізнялися як за масою коренів, так і за кількістю сформованих на них бульбочок. З цієї причини ми вважали параметр об'єму кореневих бульбочок, який припадав на одну рослину, непоказовим. Спостереження показали, що значно надійнішим параметром був об'єм кореневих бульбочок, перерахований на одиницю сухої маси кореня. В 30-добових рослин клінонотатування сприяло зростанню цього параметру: за спонтанного зараження – на 275 %, за інокуляції штамом 441 – на 17 %, а в 50-добових відповідно на 24 і 45 %. Зазначимо, що на відміну від спонтанно інфікованих рослин, результатом взаємодії досліджуваних рослин із штамом 441 було зниження співвідношення об'єм бульбочки:суха маса кореня з 30-ої по 50-у добу вегетації в стаціонарі на 48 %, на клінонотаті – на 37 %. Не виключено, що причиною цього є те, що ризобії штаму 441 порівняно з дикими формами не пригнічують ріст кореня такою мірою, оскільки є менш агресивним щодо використання ресурсів макросимбіонта.



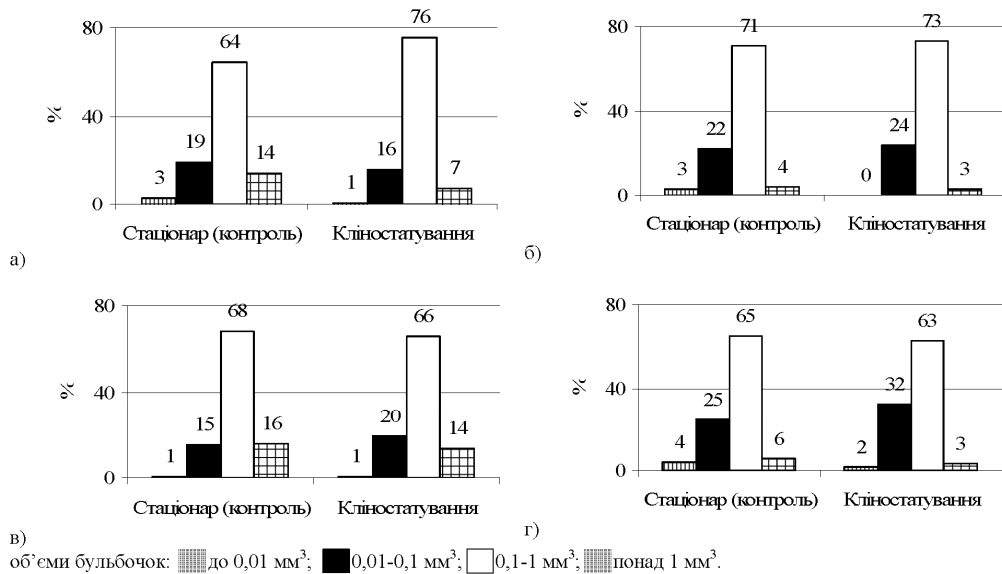


Рис. Частка бульбочок (% до загальної кількості) різних категорій об'ємів у загальній вибірці: а) 30 днів після посіву, спонтанна інокуляція; б) 30 днів після посіву, інокуляція *S. meliloti* (штам 441); в) 50 днів після посіву, спонтанна інокуляція; г) 30 днів після посіву, інокуляція *S. meliloti* (штам 441)

У попередньому досліді було зафіксовано низьку активність нітрогенази, яка відповідає за азотфіксацію, за спонтанного зараження та значно вищу активність цього ферменту у випадку інокуляції штамом 441. За умов кліностакування рівень фіксації азоту виявився нижчим порівняно зі стаціонарним варіантом у 30-добових і вищим у 50-добових рослин люцерни посівної, що можна пояснити поступовою адаптацією симбіотичної системи до умов імітованої мікрогравітації.

### Висновки

Проведені нами дослідження симбіозів люцерни посівної з дикими формами і високоефективним штамом ризобій в умовах кліностакування показали, що ріст кореня визначається насамперед розподілом живильного середовища по об'єму контейнера і наявністю доступних для рослин форм азоту. Неприятливі режими водного й азотного забезпечення є причиною посиленого росту кореня, а крім того зниження частки пагона в загальній масі рослин. Важливим фактором формування кореневих бульбочок є зволоження субстрату. Покращення водного режиму субстрату в результаті кліностакування стимулює процеси формування та росту бульбочок як наслідок взаємодії як із дикими формами ризобій, так і зі штамом 441. Це відбувається шляхом збільшення кількості новоутворених бульбочок за імітації мікрогравітації у рослин віком від 30 до 50 днів. Морфометричні спостереження за симбіотичною системою люцерна посівна сорту Ярославна – *S. meliloti* штаму 441, доповнені аналізом нітрогеназної активності, свідчать, що вказаний штам за умов кліностакування є ефективним у відновленні азоту й оптимізує ріст макросимбіонта. Вибрану нами пару симбіонтів можна рекомендувати для подальших вивчень дії імітованої та дійсної мікрогравітації на бобово-ризобіальні симбіози.

1. *Влияние невесомости на цератоптерис Azolla* / Э.Я. Шепелев, Х.Т. Нгуэн, В.А. Кордюм [и др] // Космическая биология и авиакосмическая медицина. – 1982. – Т. 16, № 6. – С. 66–68.
2. *Кордюм Е.Л.* Условия микрогравитации – экспериментальная основа для познания роли гравитации в онтогенезе растений / Е.Л. Кордюм // Экология та ноосферология. – 2009. – Т. 20, № 1-2. – С. 20–23.
3. *Левинских М.А., Сычев В.Н., Подольских И.Г.* Исследования онтогенеза, репродукции и метаболизма высших растений в серии экспериментов в оранжерее "Свет" на борту ОК "Мир" // Мат. XII конфер. "Космическая биология и авиакосмическая медицина. – М., 2002. – С. 208–209.
4. *Меркис А.И.* Полный цикл индивидуального развития растений *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh. на борту орбитальной станции Салют-7 / А.И. Меркис, Р.С. Лауринавичюс // Доклады АН СССР – 1983. – Т. 271. – С. 509–512.

5. Шильникова В.К. Влияние кислотности среды на процесс инфицирования клевера клубеньковыми бактериями / В.К. Шильникова, Н.М. Нестерова // Известия АН СССР, серия биологическая. – 1969. – № 3. – С. 445–448.
6. *Binding* of isolated plant lectin by rhizobia during episodes of reduced gravity obtained by parabolic flight / [R.L. Henry, P.D. Green, P.P. Wong, J.A. Guikema] // *Plant Physiology*. – 1990. – Vol. 92. – P. 262–264.
7. *Changes* in symbiotic and associative interrelations in a higher plant-bacterial system during space flight / V.A. Kordyum, V.G. Man'ko, A.F. Popova [et al.] // *Advances in space research*. – 1983. – Vol. 3, No 9. – P. 265–268.
8. *Clover* development during spaceflight: a model system / J.A. Guikema, L. DeBell, A. Paulsen [et al.] // *Advance in Space Researches*, 1994. – Vol. 14, No. 8. – P. 173–176.
9. *N<sub>2</sub> fixation* laboratory and field evaluation / R.W.F. Hardy, R.D. Holston, E.K. Jackson, R.C. Burns // *Plant Physiology*. – 1968. – Vol. 43, No 8. – P. 1185–1207.
10. *Spaceflight* effects on consecutive generations of peas grown onboard the Russian segment of the International Space Station / V. N. Sychev, M. A. Levinskikh, S. A. Gostimsky [et al.] // *Acta Astronautica*. – 2007. – Vol. 60. – P. 426–432.
11. *Urban J.E.* Effect of microgravity on the binding of acetylsalicylic acid by *Rhizobium leguminosarum* bv. trifolii / J.E. Urban, R. Gerren, J. Zoelle // *Acta Astronautica*, 1995. – Vol. 36, No. 2. – P. 129–133.

*A.V. Viter, N.Э. Элланская, A.V. Закрасов, Г.И. Криворчук, Е.П. Юношева*

Национальный ботанический сад им. Н.Н.Гришко НАН Украины, Киев

**РАЗВИТИЕ КОРНЕЙ И КОРНЕВЫХ КЛУБЕНЬКОВ В СИМБИОТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ ЛЮЦЕРНА ПОСЕВНАЯ – SINORHIZOBIUM MELILOTI ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ КЛИНОСТАТИРОВАНИЯ**

Изучали закономерности влияния клиностатирования на морфометрические показатели корней растений люцерны посевной, выращенной из семян, инфицированных спонтанно малопродуктивными относительно азотфиксации формами ризобий и инокулированных *Sinorhizobium meliloti* высокоэффективного штамма 441, а также клубеньков на корнях. Установлено, что в условиях имитированной микрогравитации подавляется рост корня между 30-ми и 50-ми сутками с момента высева семян по сравнению со стационарным вариантом. Отмечено, что клиностатирование заметно не влияет на корневые клубеньки как специализированный орган азотфиксации. Условия надлежащего азотного обеспечения как результат взаимодействия люцерны посевной с ризобиями указанного штамма способствуют проявлению эффектов клиностатирования.

*Ключевые слова: Medicago sativa L., Sinorhizobium meliloti, клиностатирование, корневые клубеньки, морфометрические показатели*

*A.V. Viter, N.E. Ellan'ska, O.V. Zakrasov, H.I. Kryvorchuk, O.P. Yunosheva*

M.M.Gryshko National Botanical Garden, NAS of Ukraine, Kyiv

**DEVELOPMENT OF ROOTS AND NODULES IN MEDICAGO SATIVA – SINORHIZOBIUM MELILOTI SYMBIOTIC SYSTEM, INFLUENCED WITH CLINOROTATION**

Regularities for clinorotation effects on morphometric parameters of roots of alfalfa cv. Yaroslavna, grown from spontaneously infected by wild non-effective in nitrogen-fixation rhizobia forms and from *Sinorhizobium meliloti* str. 441 inoculated seeds, as well as nodules were studied. Root growth from 30<sup>th</sup> to 50<sup>th</sup> day since time of sowing was established to be depressed by simulated microgravity conditions. Noticeable impacts of clinorotation on nodules as specialized nitrogen-fixing organs were no observed. We conclude that proper nitrogen nutrition (resulted by alfalfa – *S. meliloti* str. 441 interaction) facilitates manifestations effects of clinorotation.

*Key words: Medicago sativa L., Sinorhizobium meliloti, clinorotation, nodules, morphometric parameters*

Рекомендує до друку

Надійшла 22.09.2010

М.М. Барна

УДК 581.32:581.35:582.772.3

Н. В. ГЕРЦ, М. М. БАРНА

Тернопільський національний педагогічний університет ім. Володимира Гнатюка  
вул. М. Кривоноса, 2, Тернопіль, 46027

## **ОСОБЛИВОСТІ РЕПРОДУКТИВНОЇ БІОЛОГІЇ ВИДІВ РОДУ *ACER* L. ЗА ЗМІНИ СТАТІ**

Досліджено зміну статі у деяких видів роду *Acer* L., яка суттєво впливає на формування різних статевих типів квіток, порушення розвитку чоловічої та жіночої генеративної сфери, утворення плодів нетипової будови.

*Ключові слова:* *Acer*, зміна статі, однодомні рослини, дводомні рослини, полігамія, статеві типи квіток, цвітіння, макроспорогенез, мікроспорогенез, аномальні плоди.

Проблема статі у рослин є актуальною з наукової та практичної точок зору, оскільки тісно пов'язана з переходом рослин з одного біологічного стану в інший. Характер і час цього процесу обумовлені походженням, біологічними особливостями виду та впливом факторів навколишнього середовища. Дослідження проблеми статі у рослин знайшло своє відображення в багатьох фундаментальних працях, в яких розкриті еколого-географічні закономірності розповсюдження статевих форм, фізіологічні та біохімічні особливості їх формування, генетичні і селекційні проблеми статі, зміну статі під впливом умов зовнішнього середовища та ін. [3, 4, 6, 9, 12]. Водночас, значно менше уваги в літературі приділено дослідженню статевих форм та зміни статі у лісових деревних полікарпічних рослин. Майже не дослідженим вважається це питання для видів роду *Acer* у зв'язку з їх однодомністю та дводомністю, диморфізмом, гінандроморфізмом та інтерсексуальністю. Доцільно зазначити, що в літературі є лише поодинокі праці, присвячені зміні статі у видів роду *Acer*. Враховуючи вищенаведене, вважаємо за необхідне коротко зупинитися на особливостях репродуктивної біології видів роду *Acer* у зв'язку із зміною статі.

### **Матеріал і методи досліджень**

Об'єктами досліджень взяті 7 видів роду *Acer* родини *Aceraceae*: *A. campestre* L., *A. Platanoides* L., *A. negundo* L., *A. pseudoplatanus* L., *A. sacharinum* L., *A. rubrum* L., *A. tataricum* L. Дослідження для вирішення поставленої мети проводили у природних та лабораторних умовах. Матеріал був зібраний протягом 2002-2009 рр. під час польових досліджень у ряді місцезростань видів роду *Acer* на території Тернопільської області. Здійснено морфометричне вивчення квіток, суцвіть і плодів, обробку зібраного матеріалу за загальноприйнятими в цитоембріології методиками [5, 10]. Зібраний матеріал фіксували у сумішах Карнуа (6:3:1), (3:1) і Навашина (10:4:1). Зрізи фарбували залізним гематоксиліном за Гайденгайном та різними барвниками (ліхтгрюн, еозин). Морфологію квіток вивчали візуально та з допомогою стереоскопічного мікроскопа МБС-9. У морфометричних дослідженнях лінійні розміри бруньок, квіток і плодів вимірювали за допомогою штангенциркуля за загальновідомими методами [5, 10]. Дослідження на постійних мікропрепаратах проводили візуально за допомогою мікроскопів МБИ-3, МБИ -6. Найтиповіші ознаки або аномалії в розвитку тих чи інших органів, що були виявлені в процесі візуального спостереження, замальовували за допомогою рисувального апарата РА-4. Зображення мікроструктур отримане за допомогою мікроскопа МБС-9 оцифровувалось за допомогою фотоапарату *Canon PowerShot S5* з насадкою - *Microscope Adapter for Canon PowerShot S2 IS, S3 IS, S5 IS Digital Cameras with 4X lens* та *Microscope video eyepiece camera usb* після чого аналізували ПЗ *UTHSCSA ImageTool for Windows Version 3.00*.

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

Згідно класифікації Є. Л. Кордюм і Г. І. Глущенко [6] щодо статевих форм рослин, у досліджених видів роду *Acer* нами виділені такі статеві форми особин: однодомні (*A. campestre*), дводомні (*A. negundo*, *A. rubrum*), полігамні (*A. platanoides*), однодомні з

тенденцією до дводомності (*A. tataricum*, *A. saccharinum*, *A. pseudoplatanus*) – рослини, у яких на різних особинах одного виду формуються не лише одностатеві чоловічі та жіночі квітки, а й двостатеві та псевдодвостатеві квітки. Ознаки зміни статі, що проявлялись у формуванні квіток та суцвіть різних статевих типів, у яких виявлені порушення органо- та ембріогенезу, були нами відмічені в особин, які є однодомними з тенденцією до дводомності та полігамними особинами. У виділенні типів квіток і суцвіть за зміни статі та етапів їх органогенезу ми виходили з того, що поступові зміни в біохімічних та фізіологічних процесах періодично призводять до морфологічних змін органів. Згідно літературних даних [1, 6, 7, 11] у всіх видів роду *Acer*, окрім *A. negundo* формуються три статеві типи квіток: функціонально чоловічі або чоловічі зі слабким рудиментом маточки; функціонально жіночі або жіночі з менш розвиненими тичинками, які взагалі не утворюють пилок або утворюють його після зав'язування плодів; проміжні або двостатеві, з рівноцінно розвинутими елементами тієї чи іншої статі. Окрім двостатевих, тичинкових і маточкових квіток, у *A. platanoides* нами виділені такі типи квіток: функціонально чоловічі з недорозвинутою маточкою (рис. 1 а); функціонально жіночі з недорозвинутими тичинками (рис. 1 б); потенційно двостатеві з домінуванням жіночої статі, які потенційно утворюють плоди (рис. 1 в); потенційно двостатеві з домінуванням чоловічої статі, які потенційно не утворюють плоди, а після цвітіння такі квітки опадають (рис. 1 г).

За результатами наших спостережень у видів роду *Acer* формуються два типи суцвіть: китиця і щиток. Розміщення квіток різних статевих типів у згаданих суцвіттях може бути різним. Зокрема, характер розташування двостатевих та роздільностатевих, як чоловічих, так і жіночих квіток у межах одного і того ж типу суцвіття може бути різним.



а



б



в



г

Рис. 1. Типи квіток за зміни статі у *A. platanoides*: а — функціонально чоловіча з недорозвинутою маточкою; б — функціонально жіноча з недорозвинутими тичинками; в — потенційно двостатєва з домінуванням жіночої статі; г — потенційно двостатєва з домінуванням чоловічої статі

Найчастіше трапляються суцвіття, коли на їх головній осі розташовуються двостатеві та роздільностатеві чоловічі або жіночі квітки з різним їх співвідношенням. Причому, у *A. pseudoplatanus* відмічено утворення наступних типів суцвіть: суцвіття, в якому жіночі квітки, здебільшого, розміщені у нижній його частині, а в середній та верхній — чоловічі (рис. 3 а); суцвіття з розташуванням в нижній частині жіночих (маточкових) і поодиноких чоловічих

(тичинкових) квіток (рис. 3 б); суцвіття з двостатевих квіток із домінуванням жіночої статі (рис. 3 в); суцвіття лише з тичинкових квіток (рис. 3 г). Окрім того, у *A.campestre* нами відмічені китиці, в яких, окрім потенційних двостатевих квіток, розміщалися також функціонально чоловічі квітки з недорозвинутою маточкою (рис. 2).



Рис.2. Суцвіття *A. campestre*, яке складається з потенційно двостатевих квіток та функціонально чоловічих з недорозвинутою маточкою



а



б



в



г

Рис. 3. Типи суцвіть за зміни статі у *A. pseudoplatanus*: а — жіночі квітки розміщені у нижній частині, а в середній та верхній — чоловічі; б — суцвіття з розташуванням в нижній частині жіночих (маточкових) і поодиноких чоловічих (тичинкових) квіток; в — суцвіття з двостатевих квіток із домінуванням жіночої статі; г — суцвіття лише з тичинкових квіток

У особин з ознаками зміни статі (*A. tataricum*, *A. platanoides* та *A. saccharinum*) нами виявлені певні відхилення від норми у процесі формування чоловічих та жіночих генеративних структур. Так, тичинки в квітках різних статевих типів за зміни статі були різні: так, у функціонально жіночих квітках *A. platanoides* вони були недорозвинутими, мали вигляд невеликих ледь помітних горбочків, у потенційно двостатевих жіночих квітках пиляки досить великих розмірів розташовувались на тичинкових нитках довжиною 5-6 мм. Необхідно зазначити, що порушення у розвитку тичинкових квіток були настільки значними, що більшість з них засихали задовго до початку цвітіння та швидко опадали. Аномальні тичинкові квітки становили від 18 до 26%. У розвитку пиляка були відмічені деякі порушення формування стінки мікроспорангія, зокрема середніх шарів і тапетуму, що призводило до зміни форми та розмірів мікроспорангіїв (рис. 4.)

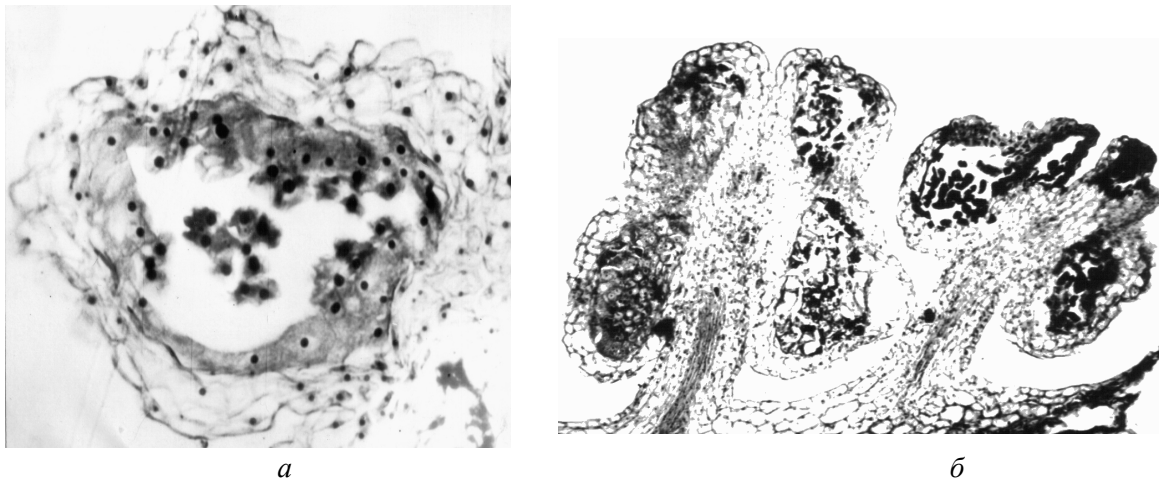


Рис. 4. Мікроспорангії в квітках за зміни статі: *A. platanoides* (а) (зб. ок. 10 х об. 8) та *A. tataricum* (б) (зб. ок. 10 х об. 40)

В таких мікроспорангіях спостерігалась часткова або повна дегенерація клітин тапетуму (рис. 5). Окрім того, нами виявлені випадки порушень в розвитку мікроспорангіїв, внаслідок чого не утворювалась одна з внутрішніх стінок мікроспорангіїв, що призводило до утворення трьох, а не типово чотирьох мікроспорангіїв (рис. 5). При проходженні мейозу в материнських клітинах мікроспор спостерігалось неодноразове розходження хромосом до полюсів. В анафазі-I відмічено відставання деяких хромосом на веретені поділу. Нами відмічено, що у деяких випадках утворення тетрад не відбувалось, оскільки одне з ядер діади не приступало до поділу, внаслідок чого утворювались триади. У випадку утворення тетрад виявлені різні за розмірами мікроспори.

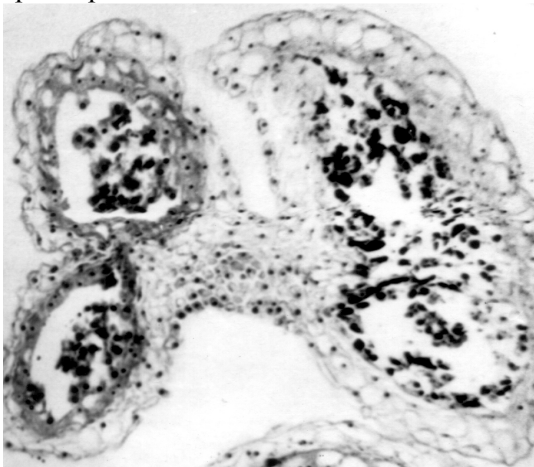


Рис. 5. Поперечний зріз пиляка *A. platanoides* з трьома мікроспорангіями (зб. ок. 10 х об. 20)

У пиляках деяких квіток з ознаками зміни статі поряд із нормально розвинутими двоклітинними пилковими зернами нами були виявлені одноядерні та без'ядерні мікроспори. У межах одного спорангія у деяких особин *A. platanoides* розвивався морфологічно неоднорідний пилкок. Тобто поруч із пилковими зернами нормального розміру траплялися як великі, які у два-три рази перевищували їх розміри, так і малі пилкові зерна різної форми, що в 1,5-2 рази були менші, ніж нормальні пилкові зерна.

У потенційно двостатевих жіночих квітках *A. platanoides*, *A. saccharinum* та *A. rubrum*, у яких домінувала жіноча генеративна сфера, порушення у розвитку мікроспорангіїв виявлені на стадії формування двоклітинних пилкових зерен. У *A. platanoides* та *A. rubrum* нами відмічено утворення триклітинного пилку.

У розвитку жіночої генеративної сфери також спостерігались певні відхилення від норми. Так, у деяких особин *A. saccharinum* та *A. platanoides* в потенційно чоловічих квітках спостерігався розвиток насінних зачатків з недорозвинутими інтегументами або «голих»

насінних зачатків без інтегументів. Такі насінні зачатки мали вигляд невеликих овальних меристематичних горбочків, часто без ознак диференціації на фунікулос та нуцелус (рис. 6). На стадії розвитку макроспороцита «голі» насінні зачатки займали атропне, а не анатропне положення, характерне для видів роду *Acer*.

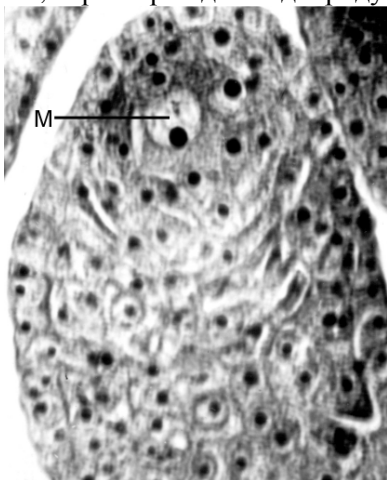


Рис. 6. Аномальний насінний зачаток *A. platanoides* без інтегументів, виділяється макроспороцит (м) в профазі мейозу (зб. ок. 10 x об. 20)

Вище описані насінні зачатки здебільшого розвивались до тих пір, поки макроспороцит не досягав стану ранньої профазі мейозу, а відтак дегенерували. Таке явище спостерігалось нами як в окремих квітках, так і в межах всього суцвіття, що призводило до передчасного їх засихання та опадання ще задовго до початку цвітіння. Окрім вищеописаних аномалій в розвитку насінних зачатків у *A. saccharinum* і *A. tataricum* спостерігались такі відхилення від норми: закладання декількох археспоріальних клітин, які не переходили до мейозу; формування кількох макроспороцитів, які вступали в мейоз, але повного протікання макроспорогенезу в таких випадках не відбувалось. Нами були відмічені випадки утворення тріади замість тетради макроспор у *A. tataricum*. У випадку розвитку зародкового мішка із халазальної макроспори часто спостерігались порушення в організації окремих його елементів, а саме в розвитку яйцевого апарату. В деяких випадках яйцеклітина розташовувалась збоку, а в напрямку до мікропіле містилися синергіди. Траплялись зародкові мішки, в апікальній частині яких розміщувались яйцеклітина з двома ядрами, а в окремих випадках вона не містила ядра. Поряд з аномальними яйцеклітинами спостерігались аномальні зігнуті та із завуженими апікальними кінцями синергіди.

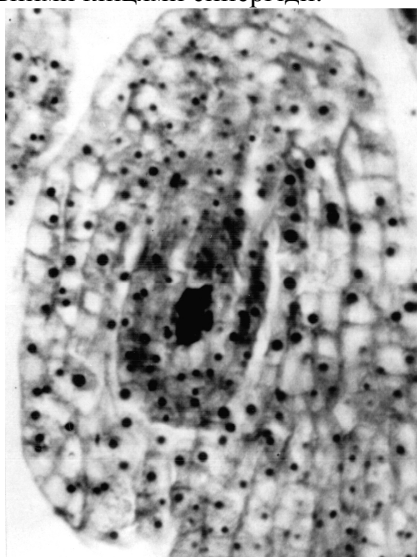


Рис. 7. Руйнування макроспор у насінному зачатку *A. tataricum* (зб. ок. 10 x об. 8)

Доцільно зауважити, що в деяких зародкових мішках ми спостерігали, що спочатку відбувалось запліднення яйцеклітини, згодом ядра центральної клітини, а в інших зародкових мішках – навпаки, запліднення ядра центральної клітини передувало заплідненню яйцеклітини.

У більшості потенційно двостатевих чоловічих квіток *A. platanoides* порушення в розвитку гiнецея виявлені на стадії формування двох- та чотирьохядерного зародкового мішка, що призводило до формування стерильних насінних зачатків без зародкових мішків, в яких виявлені згустки зруйнованих клітин. Можемо стверджувати, що внаслідок руйнування макроспор зародковий мішок в таких випадках не утворювався (рис. 7). У такого типу насінних зачатків центральна частина нуцелуса виповнена прозенхімними клітинами з дрібними ядрами. Згодом, на пізніших етапах розвитку ці клітини починають поступово руйнуватись, що призводить до повної дегенерації усього насінного зачатка. Гiнецей у таких квітках не розвивався, а мав вигляд деформованого горбочка.

Поряд із нормально сформованими плодами із двома крилоподібними виростами, нами виявлено утворення аномальних плодів із 3-ма та 4-ма крилами (рис. 8). Припускаємо, що такі аномальні плоди були утворені із таких же аномальних квіток, у яких формувались не два, а три- чи чотири плодолистки. Вважаємо, що умовами, які впливають на нормальний розвиток плодів є, мабуть, метеорологічні. На території Тернопільської області випадки аномального розвитку плодів нами виявлені лише у особин *A. saccharinum*, *A. tataricum* та *A. pseudoplatanus*. У інших досліджених видів (*A. rubrum*, *A. platanoides*, *A. campestre*, *A. negundo*) аномалій не спостерігалось. Кількість плодів з такими відхиленнями від норми (трикрилатки) у вищеназваних видів складала від 3 до 7% від загальної кількості. Окрім того, у особин *A. saccharinum* ми часто спостерігали формування двокрилаток із різною довжиною крил (рис. 9).



а



б

Рис. 8. Три- та чотирьокрилаті плоди у *A. saccharinum* та *A. tataricum*: а. трикрилатка у *A. saccharinum*; б. чотирьокрилатка у *A. tataricum*



Рис. 9. Етапи формування двокрилого схізокарпію з різною довжиною крил у *A. saccharinum*



Вважаємо, що недорозвиненість одного з крил може бути спричинена метеорологічними умовами або механічними пошкодженнями в процесі розвитку плодів. Кількість таких двокрилаток становила 10-12% від загальної кількості плодів.

### Висновки

Встановлено, що у видів роду *Acer* процес розподілу статі ще не завершений. Це має важливе як філогенетичне, так і систематичне значення, що може бути використане для з'ясування філогенетичних взаємозв'язків родини *Aceraceae* з іншими квітковими родинами, а також для встановлення систематичних зв'язків між родами, секціями та видами цієї родини. Формування різних статевих типів квіток найбільш характерно у *A. platanoides*.

Зміна статі особин у видів роду *Acer* впливає на порушення розвитку чоловічої та жіночої генеративної сфери і як наслідок цього веде до зменшення кількості квіток і суцвіть, які могли б бути запилені та в яких зміг би відбуватися процес запліднення, ембріо- та ендоспермогенез, і плодоношення

У деяких особин *A. saccharinum*, *A. tataricum* та *A. pseudoplatanus* були виявлені особини з плодами нетипової будови, що обумовлено як порушеннями в процесі закладання плодолистиків, так і механічними пошкодженнями в процесі утворення та розвитку плодів.

1. Аксенова Н. А. Клены / Н. А. Аксенова. — М.: Изд-во МГУ, 1975. — 96 с.
2. Белостоков Г. П. О строении семян некоторых древесных пород. / Г. П. Белостоков. / Г. П. Белостоков // Ботан. журн. — 1962. — Т. 47, № 11. — С. 1611—1629.
3. Бреславец Л. П. Определение пола у растений / Л. П. Бреславец // Днев. всес. съезда ботаников в Ленинграде. — Л.: Изд. Русс. Бот. Общ. — 1928. — С. 62—73.
4. Джапаридзе Л. И. Пол у растений / Л. И. Джапаридзе. - Тбилиси: Мицниереба, 1965. - Ч. 2. - 302 с.
5. Клейн Р. М. Методы исследования растений. / Р. М. Клейн., Д. Т. Клейн.— М.: Колос, 1974. — 245 с.
6. Кордюм Е. Л. Цитоэмбриологические аспекты проблемы пола покрытосеменных. / Е. Л. Кордюм., Г. И. Глушенко. — К.: Наук. думка, 1976. — 199 с.
7. Кохно Н. А. Клены Украины. /Н. А. Кохно. - К.: Наук. думка, 1982 — 184 с.
8. Львова И. Н. Пол у растений. /И.Н. Львова.—М.: Изд-во МГУ, 1963. — 55 с.
9. Минина Е. Г. Смещение пола у растений воздействием факторов внешней среды. / Е. Г. Минина. — М.: Изд-во АН СССР, 1952. — 198 с.
10. Паушева З. П. Практикум по цитологии растений. / З. П. Паушева. — М.: Колос, 1974. — 288 с.
11. Пятницкий С. С. Курс дендрологии. / С. С. Пятницкий. — Харьков: Изд-во Харьк. ун-та, 1966. — 423 с.
12. Чайлахян М. Х. Пол растений и его гормональная регуляция. / М. Х. Чайлахян, В. Н. Хрянин — М.: Наука, 1982. — 176 с.

*Н. В. Герц, Н. Н. Барна*

Тернопольский национальный педагогический университет им. Владимира Гнатюка, Украина

### ОСОБЕННОСТИ РЕПРОДУКТИВНОЙ БИОЛОГИИ ВИДОВ РОДА *ACER* L. ПРИ ИЗМЕНЕНИИ ПОЛА

Проведены исследования по изменению пола у некоторых видов рода *Acer* L., которое существенно влияет на формирование различных половых типов цветков, нарушение развития мужской и женской генеративной сфер, образование плодов нетипичного строения.

*Ключевые слова:* *Acer*, изменение пола, двудомные растения, однодомные растения, полигамия, половые типы цветков, макроспорогенез, микроспорогенез, аномальные плоды

*N.V. Herts, M.M. Barna*

Volodymyr Hnatiuk Ternopil National Pedagogical University, Ukraine

**FEARURES OF GENESIAL BIOLOGY OF TYPES OF FAMILY ACER L. OF SEX CHANGE**

Change of sex in kinds gender *Acer* takes place in morphological changes of flowers, conducting of processes of embriogenesis, organogenesis and creation of abnormal fruits.

*Key words: Acer, sex change, sex types of flowers, polygamy, macrosporogenesis, microsporogenesis, abnormal fruits*

Рекомендує до друку

Надійшла 16.09.2010

Н.М. Дробик

УДК 581. 522.4 : 633.367

І.А. ГУЦАЛО<sup>1</sup>, С.В. ПИДА<sup>2</sup>, О.А. МЕЛЬНИЧУК<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Кременецький ботанічний сад

вул. Ботанічна, 5, Кременець, 47003

<sup>2</sup>Тернопільський національний педагогічний університет ім. Володимира Гнатюка

вул. М. Кривоноса, 2, Тернопіль, 46027

## **ІНТРОДУКЦІЯ *LUPINUS ELEGANS* Н.В.К. У КРЕМЕНЕЦЬКОМУ БОТАНІЧНОМУ САДУ**

---

Досліджено особливості росту, розвитку, фенологічних фаз та насінневого розмноження *Lupinus elegans*. Встановлена перспективність цього виду щодо його інтродукції в умовах Кременецького горбогір'я.

*Ключові слова: інтродукція, Lupinus elegans Н.В.К, онтогенез, фенологічні фази, ріст, насіннева продуктивність*

За умов посилення антропогенного впливу на навколишнє середовище проблема збереження рослинного світу, зокрема, трав'янистих рослин, стає надзвичайно актуальною. У збереженні та збагаченні фіторізноманіття важливу роль відіграють ботанічні сади. Інтродукцію рослин у ботанічних садах розглядають як систему розумного використання планетарної різноманітності рослин через розширене відтворення видів за межами їх природних ареалів і як ефективний засіб збереження їх генетичного потенціалу. Тому наявність інформації про особливості індивідуального розвитку певного виду у зв'язку з новими умовами існування є необхідною умовою введення його в культуру [2].

*Lupinus elegans* Н.В.К. – високоросла однорічна рослина, що походить із Північної Америки. Характерним є симподіальне галузження, при якому звичайно розвиваються два, три або чотири верхні бічні пагони на головному стеблі. На них уже й утворюються боби. У пізньостиглих форм також розвиваються й моноподіальні пагони. Стебло потужне, грановане, зеленого, темно-зеленого або антоціанового забарвлення. Листки великі, на довгих (від 6,5 до 11,0 см) черешках, число листочків 7 – 10, за формою листочки оберненояцеподібні, дещо зігнуті по головній жилці. Довжина листочків 4,0 – 5,5 см, ширина 1,2 – 1,7 см. Прилистки великі, клиноподібні, до середини зрослі із черешком. Суцвіття невелике, рідкоцвіте, що зазвичай складається з 5 – 6 мутовок, по 5 – 6 квіток у кожній. Квітки на довгих квітконіжках. Парус у два рази ширший весел [6, 7].

Метою роботи було дослідження особливостей процесів росту, розвитку, проходження фенологічних фаз, насінневого розмноження та встановлення перспективності виду в умовах Кременецького горбогір'я.

**Матеріал і методи досліджень**

*Lupinus elegans* вирощували в польових умовах на колекційних ділянках Кременецького ботанічного саду, згідно із агротехнічними вимогами. Протягом вегетаційного періоду проводили фенологічні спостереження і встановлювали фази росту і розвитку рослин [8]. Облік інтенсивності лінійного приросту проводили шляхом виміру 25 одних і тих самих виділених рослин за фазами розвитку. Зокрема, визначили висоту рослин, кількість міжвузлів, листків, бокових пагонів, діаметр стебла в базальній частині, довжину і ширину листкової пластинки, довжину черешка. При цьому використовували методики А.І. Руденко, Г.Н. Зайцева, Б.О. Доспехова [3, 4, 10].

При вивченні біології цвітіння використовували методику А.Н. Пономарьова [9]. Тривалість цвітіння окремих квіток і суцвіть визначали шляхом щоденних візуальних спостережень, а насінневу продуктивність – за методикою В.І. Вайнагія [1]. Перспективність виду встановлювали за методикою П.І. Лапіна [5].

**Результати досліджень та їх обговорення**

Одним з головних показників, що характеризують успішність інтродукції, є здатність рослин проходити всі стадії онтогенезу. Згідно з даними фенологічних спостережень (табл. 1) *L. elegans* протягом одного вегетаційного періоду проходить усі стадії онтогенезу та формує цілком життєздатне насіння у відносно короткі строки. Цвітіння рослин розпочиналося у 2 – 3 декадах липня та тривало 25 – 30 днів. Відмічено, що за сприятливих погодніх умов *L. elegans* зацвітав повторно у середині вересня і цвітіння продовжувалось до приморозків. Отже, даний вид характеризується тривалою фазою цвітіння, що свідчить про його декоративну цінність.

Дозрівання насіння відбувалось почергово, починаючи із бобів, що формувались на суцвітті головного стебла. Це значно затруднює збирання насіння. Також було відмічено за роки досліджень коливання у термінах та строках вегетаційного періоду в межах 10 діб, що насамперед пов'язано із метеорологічними умовами.

Таблиця 1

Тривалість фенологічних фаз *L. elegans*

Рік досліджень	Посів - сходи	Дні від сходів					
		I спр. листок	Стеблуння	Бутонізація	Цвітіння	Плодоношення	Дозрівання
2007	10	6	30	43	50	61	71
2008	10	7	27	45	52	63	82
2009	8	4	29	49	57	69	82

В онтогенезі рослини формували потужну вегетативну масу, висота стебла у фазах цвітіння та досягання бобів коливалася протягом періоду досліджень в умовах Кременецького горбогір'я в межах 70 – 82 см. Вони утворювали 6 – 9 бокових пагонів, що забезпечувало високу облісненість рослин. За даними літератури [7], *L. elegans* формував до 4 бічних пагонів. Встановлено, що найбільш інтенсивний приріст надземної вегетативної маси припадав на фази стеблуння та бутонізації (табл. 2.). Зменшення кількості листків на головному стеблі у фази плодоношення та дозрівання компенсувалося фотосинтетичною поверхнею, що формувалася на бокових пагонах. Ростові процеси не припинялися до настання від'ємних температур. Завдяки формуванню потужної вегетативної маси *L. elegans* є перспективною сидеральною культурою. При використанні надземної маси у якості корму для тварин необхідне дослідження вмісту алкалоїдів.

*L. elegans* належить до дрібнонасіньних видів, маса 1000 насінин коливається в межах 22,2 – 24,2 г (таб. 3.), але загальна насіннева продуктивність кожної рослини є досить високою і становить 28,0 – 36,0 г. Кожна рослина формує в середньому 15 – 20 суцвіть за рахунок

великого ступеня галузистості і довгий час зберігає високі декоративні якості. За роки досліджень суттєвого ураження рослин хворобами та шкідниками не відмічено.

Таблиця 2

Ростові процеси *L. elegans*

Показник	Фаза					
	І спр. листок	Стеблування	Бутонізація	Цвітіння	Плодоношення	Дозрівання
Кількість листків	1	6	8	8	7	6
Ширина листової пластинки	0,4	0,9	1,5	1,5	1,9	1,9
Довжина листової пластинки	2,5	4,0	6,3	6,5	7,0	7,0
Довжина черешка	3,1	6,1	7,0	7,2	7,3	7,3
Діаметр стебла біля кореневої шийки	0,2	0,5	0,6	0,7	0,9	1,0
Кількість бокових пагонів	-	2	3	6	9	9

Досліджуваний вид у класифікації життєвих форм за Раункієром належить до терофітів. Насіннєве розмноження, стійкість до шкідників та загальний стан рослин були оцінені відповідно 8, 7, 9 балами, за методичними рекомендаціями Лапіна П.І.

Таблиця 3

Основні показники насіннєвої продуктивності *L. elegans*

Показник	2007	2008	2009
Кількість суцвіть на одну рослину, шт.	18	20	15
Довжина суцвіття, см	6 – 7	7 – 9	7 – 8
Кількість бобів у суцвітті, шт.	19 – 25	14 – 23	18 – 23
Довжина бобу, см	2,5 – 3,3	2,5 – 3,7	2,8 – 3,7
Кількість насінин у бобі, шт.	2 – 6	3 – 7	5 – 7
Кількість насінин у суцвітті, шт.	80 – 90	45 – 92	60 – 85
Маса насіння з 1 суцвіття, г	1,6	1,8	1,7
Маса 1000 насінин, г	24,2	22,2	23,8

**Висновки**

Встановлено, що *Lupinus elegans* належить до особливо перспективних видів для вирощування в ґрунтово-кліматичних умовах Кременецького горбогір'я. *L. elegans* характеризується інтенсивними ростовими процесами, тривалим періодом цвітіння, проходить упродовж вегетаційного періоду всі фази онтогенезу та формує життєздатне насіння.

1. Вайнагий І. В. О методике изучения семенной продуктивности растений /И. В. Вайнагий // Ботан. журн. – 1974. – Т. 59, №6. – С. 826 – 831.
2. Гапоненко М. Б. Інтродукція рослин як метод збереження та збагачення біологічного різноманіття в ботанічних садах та дендропарках / Гапоненко М. Б. // Інтродукція рослин, збереження та збагачення біорізноманіття в ботанічних садах та дендропарках : матеріали Міжнар. наук. конф. до 75-річчя Національного ботанічного саду ім. М. М. Гришка НАН України (Київ, 15-17 верес. 2010 р.). – К.: Фітосоціоцентр, 2010. – С. 34-36.
3. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. / Б. А. Доспехов Изд. 5-е., перероб. и доп. – М.: Агропромиздат., 1986. – 351 с.
4. Зайцев Г. Н. Обработка результатов фенологических наблюдений в ботанических садах / Г.Н. Зайцев // Бюл. Глав. ботан. сада. – 1974. – Вып.94. – С. 3 – 10.

5. *Лапин П. И.* Определение перспективных растений по данным фенологии / П. И. Лапин, С.В. Сиднева // Бюл. ГБС. – 1968. – Вып. – 69. С. 14 – 21.
6. *Люпин.* Сельскохозяйственная энциклопедия / Гл. ред. В. П. Милютин. – Т. 3, Узд. 2 –М. : Гос. изд-во «Советская энциклопедия», 1934. – С. 488.
7. *Люпин / С. В. Пида, С. П. Машковська, І. П. Григорюк, Б. Є. Якубенко – К. :* Логос, 2004. – 42 с.
8. *Методика фенологических наблюдений в ботанических садах СССР.* – М.: ГБС АН СССР, 1975. – 136 с.
9. *Пономарев А. Н.* Изучение цветения и опыления растений / А. Н. Пономарев // Полевая геоботаника. – М.; Л.: Наука, 1960. – Т. 2. – С. 41–133.
10. *Руденко А. И.* Определение фаз развития сельскохозяйственных растений / А. И. Руденко // Бюл. Глав. ботан. сада АН СССР. – 1974. – Вып. 94. – С. 47–50.

*И.А. Гуцало, С.В. Пыда, О.А Мельничук*

Кременецкий ботанический сад, Украина

Тернопольский национальный педагогический университет имени Владимира Гнатюка, Украина

#### ИНТРОДУКЦИЯ *LUPINUS ELEGANS* Н.В.К. У КРЕМЕНЕЦКОМ БОТАНИЧЕСКОМ САДУ

Представлено результаты изучения процессов роста и развития, прохождения фенологических фаз, семенного размножения *L. elegans*. Установлено, что вид проходит все фазы онтогенеза, формирует жизнеспособные семена и есть перспективным для выращивания в условиях Кременецкого горбогор'я.

*Ключевые слова:* интродукция, *Lupinus elegans* Н.В.К, онтогенез, фенологические фазы, рост ,семенная продуктивность

*I.A. Gutsalo, S. V. Pyda, O. A. Melnychuk*

The Botanical Gardens of Kremenets, Ukraine

Volodymyr Hnatiuk Ternopil National Pedagogical University, Ukraine

#### INTRODUCTION OF *LUPINUS ELEGANS* Н.В.К. IN KREMENETS BOTANICAL GARDEN

The results of the growth and development processes study have been represented, as well as those of going through phenological phases and seed reproduction of *L. elegans*. It has been defined that the pieces is characterized by the intensive growth processes, goes through all phases of ontogenesis, forms life sustainable seeds, and shows perspectives for being grown in conditions of Kremenets hilly mountainous region.

*Key words:* introduction, *Lupinus elegans* Н.В.К, antogenesis, phenological phases, growth, seed productivity

Рекомендує до друку

Надійшла 15.09.2010

М.М. Барна

УДК 581.9:477(84+43)

Н.В. РУБАНОВСЬКА

Кам'янець-Подільський національний університет ім. Івана Огієнка

вул. Огієнка, 61, Кам'янець-Подільський, 32300

### **ЦЕНОТИЧНІ ОСОБЛИВОСТІ *ALLIUM PODOLICUM* (ASCH. ET GRAEBN.) ВЛОСКИ EX RACІВ. НА ЗАХІДНОМУ ПОДІЛЛІ**

Встановлено синтаксономічну приналежність рослинних угруповань, в яких на Західному Поділлі трапляється *A. podolicum*. Даний вид відмічено в ценозах, які належать до 12 асоціацій, 4 союзів, 3 порядків, 3 класів природної рослинності.

Попередньо у складі союзу *Alyso-Sedion*, як нова для науки, наводиться асоціація *Allio podolici-Koelerietum cristati* ass. nova prov.

*Ключові слова:* *Allium podolicum*, Західне Поділля, ценологія, синтаксономія

*A. podolicum* (Asch. et Graebn.) Błocki ex Racib. – вид із групи *A. paniculatum* L., описаний з південного Поділля спочатку як *A. paniculatum* L. var. *podolicum* Asch. et Graebn. 1905, а дещо пізніше – у 1919 році – в якості самостійного виду [6]. Б.В. Заверуха вважає *A. podolicum* товтрово-середньопридністровсько-покутським плейстоценовим мезохроноендеміком [5].

Вивчення біологічних особливостей вузькоареальних та ендемічних видів являє значний інтерес не лише в соціологічному, а й в загальнонауковому аспектах. Актуальним є узагальнення даних про фітоценотичні особливості *A. podolicum* на Західному Поділлі. Тому метою роботи було встановити ценотичні особливості *A. podolicum* на Західному Поділлі.

### Матеріал і методи досліджень

Для встановлення ценотичних особливостей *A. podolicum* використано 55 власних повних геоботанічних описів, виконаних під час експедиційних досліджень у 2007-2009 роках на території Тернопільської і Хмельницької областей. Фітоценотичні дослідження проводилися загальноприйнятими польовими методами, серед яких основними були маршрутний і напівстаціонарний [7]. Геоботанічні описи виконувалися за стандартною методикою на описових ділянках розміром 10 на 10 м або в природних межах фітоценозу. Для оцінки участі видів в угрупованні використано проективне покриття, визначене у відсотках. Для подальшої обробки проективне покриття переведено в бали модифікованої шкали Браун-Бланке.

Класифікація рослинних угруповань виконувалася на принципах флористичної класифікації рослинності [4, 13]. Діагностичні види класів наводяться за [9, 11]. Введення і обробку геоботанічних матеріалів здійснено з застосуванням пакету програм JUICE 7.0 [12]. Результати обробки представлені у вигляді синоптичної таблиці, в якій наведена частота трапляння (константність) видів у відповідних синтаксонах, виражена в категоріях I (1-20 %), II (21-40 %), III (41-60 %), IV (61-80 %) та V (81-100 %) (див. табл.).

### Результати досліджень та їх обговорення

У літературі наводяться відомості про зростання *A. podolicum* у різноманітних рослинних угрупованнях. Найчастіше на території Західного Поділля (Товтровий кряж, каньон р. Смотрич в околі м.т. Кам'янець-Подільський, Заліщицьке Придністров'я тощо) *A. podolicum* формує специфічні наскельні угруповання на ерозійних верхівках товтр, складених валуноподібними тріщинуватими карбонатними останцями, які відносять до асоціації *Aurinio saxatili-Allietum podolici* союзу *Alyso-Sedion* порядку *Alyso-Sedetalia* класу *Koelerio-Corynephoretea* (тут і далі назви синтаксонів, наведені в синтаксономічній схемі, подано без авторів) [8, 10]. Проективне покриття виду в таких угрупованнях становить від 10 до 45 %. На товтрі поблизу с. Біла Чемеровецького р-ну Хмельницької обл. описано угруповання, які віднесли до асоціації *Sempervivo-Stipetum capillatae* Abduloeva 2001. Пізніше її звели до синонімів асоціації *Aurinio saxatili-Allietum podolici* [1, 2].

Крім асоціації *Aurinio saxatili-Allietum podolici*, для території Західного Лісостепу досліджений вид наводиться для угруповань асоціацій *Carici humilis-Festucetum sulcatae*, *Fragario-Festucetum rupicola*, *Campanulo sibirici-Euphorbietum stepposae*, *Thymo pannonicipoaetum angustifoliae*, *Botriochloetum ischaemi*, *Salvio nemorosae-Elytrigietum intermediae*, *Stipetum capillatae*, *Koelerio-Festucetum sulcatae* союзу *Festucion valesiaca* [2].

На території НПП «Подільські Товтри» наводиться місцезростання з поодиноким *A. podolicum* на південному схилі нахилом 15° в угрупованні асоціації *Thymo pannonicipoaetum angustifoliae* (домінує *Poa angustifolia*) [3]. У цій же роботі наведено описи карбонатнопетрофітної субасоціації *Carici humilis-Festucetum valesiaca minuartietosum setaceae* [3], діагностичним видом якої є *A. podolicum*. Такі угруповання описані в околицях с. Гораївка Кам'янець-Подільського р-ну Хмельницької обл. (Новоушицьке л-во, кв. 40) на відслоненнях вапняків на верхівці південного схилу. Проективне покриття розріджене (30 %), переважають в ньому *Festuca valesiaca*, *Koeleria cristata*, *Carex humilis*, субасоціація названа за

*Minuartia thyraica*. Одиначно *A. podolicum* відмічений також в угрупованні з переважанням *Stipa capillata*, *Poa angustifolia*, *Phleum phleoides* та *Chamaecytisus blockianus*, віднесеному до асоціації *Botriochloetum ischaemi* [3].

За матеріалами власних геоботанічних досліджень, у регіоні *A. podolicum* відмічено в 4 асоціаціях. Найчастіше даний вид трапляється в угрупованнях асоціації *Aurinio saxatili-Allietum podolici* (див. табл.), поширених переважно в Медоборах, дещо рідше – в Придністров'ї в околицях Кам'янця-Подільського та Заліщиків.

На території ПЗ «Медобори» досліджений вид також зареєстровано як асектатор в угрупованнях асоціації *Peucedanetum cervariae* союзу *Geranion sanguinei* порядку *Antherico ramosi-Geranietalia sanguinei* класу *Trifolio-Geranietea sanguinei* (див. табл.). Тут вид приурочений до невеликих вапнякових камінців, що спорадично трапляються на описових ділянках.

У Кам'янецькому Придністров'ї (на території НПП «Подільські Товтри») *A. podolicum* поодинокі відмічений в лучно-степових угрупованнях асоціації *Asteri-Linetum flavae* союзу *Cirsio-Brachypodium pinnati* порядку *Festucetalia valesiaca* класу *Festuco-Brometea* (див. табл.). У товтровій частині Західного Поділля (ПЗ «Медобори» та товтра в околицях м. Сатанів) описано ценози, які попередньо відносимо до нової асоціації *Allio podolici-Koelerietum cristati* ass. nova prov. (див. табл.). **Номенклатурний тип:** опис № 2, 21.07.2008; Тернопільська обл., Підволочиський р-н, ПЗ „Медобори”, Перша Городницька товтра між селами Остап'є і Городниця; Рубановська Н.В. Площа – 8 м<sup>2</sup>. Ділянка нахилом 10°, відслонення вапняків у вигляді пласких полицок з тонким шаром дрібнозему та продуктів руйнування породи у щілинах. Проективне покриття – 25 %: *Acinos arvensis* (+), *Allium podolicum* (1), *Arrhenatherum elatius* (+), *Artemisia absinthium* (+), *Asplenium ruta-muraria* (+), *Cardaminopsis arenosa* (+), *Clematis integrifolia* (+), *Elisanthe viscosa* (+), *Euphorbia cyparissias* (+), *Festuca valesiaca* (1), *Galium verum* (+), *Hypericum perforatum* (+), *Koeleria cristata* (1), *Medicago lupulina* (+), *Melica transsilvanica* (1), *Orites eugenia* (+), *Pimpinella saxifraga* (+), *Poa compressa* (1), *Potentilla arenaria* (1), *Rhamnus cathartica* (+), *Rosa* sp. (+), *Thymus marchallianus* (2), *Veronica incana* (+), *Viola rupestris* (+). Відносимо це угруповання до союзу *Alysso-Sedion* порядку *Alysso-Sedetalia* класу *Koelerio-Corynephoretea*.

Таблиця

Константність угруповань з *A. podolicum* на Західному Поділлі

Номер синтаксону	1	2	3	4
Кількість описів	35	7	8	5
<i>A. podolicum</i>	V	V	V	V
<b>D.s. Ass. Aurinio saxatili-Allietum podolici</b>				
<i>Aurinia saxatilis</i>	IV	.	.	.
<b>D.s. Ass. Allio podolici-Koelerietum cristati</b>				
<i>Koeleria cristata</i>	I	V	II	.
<i>Poa compressa</i>	I	IV	.	.
<i>Artemisia absinthium</i>	I	IV	.	.
<i>Clematis integrifolia</i>	I	III	.	.
<i>Asplenium ruta-muraria</i>	I	III	.	.
<i>Viola rupestris</i>	I	III	.	I
<b>D.s. Ass. Asteri-Linetum flavae</b>				
<i>Aster amellus</i>	.	.	IV	.
<i>Inula ensifolia</i>	I	.	III	I
<i>Linum flavum</i>	.	.	I	I
<b>D.s. O. Alysso-Sedetalia</b>				

Продовження таблиці				
<i>Allium montanum</i>	IV	II	III	.
<i>Acinos arvensis</i>	II	V	.	.
<i>Thymus dimorphus</i>	II	I	.	.
<i>Alyssum sp.</i>	I	I	.	.
<i>Gypsophila thyraica</i>	I	.	.	I
<i>Cephalaria uralensis</i>	I	.	I	I
<i>Sempervivum ruthenicum</i>	I	.	.	.
<i>Schivereckia podolica</i>	I	.	.	.
<i>Teucrium pannonicum</i>	I	.	.	.
<b>D.s. Cl. Koelerio-Coryneporetea</b>				
<i>Euphorbia cyparissias</i>	III	IV	III	V
<i>Verbascum lychnitis</i>	I	III	II	.
<i>Sedum acre</i>	III	III	.	I
<i>Melica transsilvanica</i>	II	III	.	.
<i>Centaurea rhenana</i>	II	I	I	.
<i>Cardaminopsis arenosa</i>	.	III	.	.
<b>D.s. Cl. Festuco-Brometea</b>				
<i>Festuca valesiaca</i>	IV	III	V	IV
<i>Medicago falcata</i>	II	III	IV	IV
<i>Teucrium chamaedrys</i>	II	III	V	II
<i>Bupleurum falcatum</i>	II	I	IV	II
<i>Veronica incana</i>	III	III	IV	I
<i>Scabiosa ochroleuca</i>	I	II	IV	II
<i>Thalictrum minus</i>	I	III	IV	I
<i>Carex humilis</i>	I	.	IV	I
<i>Seseli annum</i>	I	.	IV	II
<i>Centaurea scabiosa</i>	I	.	IV	I
<i>Salvia verticillata</i>	I	.	IV	I
<i>Adonis vernalis</i>	.	.	IV	I
<i>Thymus marchallianus</i>	III	III	I	II
<i>Potentilla arenaria</i>	III	III	II	I
<i>Galium album</i>	III	III	I	III
<i>Otites eugenia</i>	I	III	I	I
<i>Asperula cynanchica</i>	II	II	II	II
<i>Elytrigia intermedia</i>	II	II	II	II
<i>Achillea nobilis</i>	I	II	II	III
<i>Stipa capillata</i>	I	I	II	I
<i>Campanula sibirica</i>	I	II	II	I
<i>Melampyrum arvense</i>	II	.	II	II
<i>Salvia pratensis</i>	I	.	II	II
<i>Plantago media</i>	I	.	II	II
<i>Eryngium campestre</i>	I	.	II	I
<i>Galium verum</i>	I	III	II	.



Продовження таблиці				
<i>Fragaria viridis</i>	.	I	I	I
<i>Filipendula vulgaris</i>	.	.	II	III
<i>Asyneum canescens</i>	.	.	III	I
<i>Fragaria moschata</i>	.	.	II	.
<i>Dianthus carthusianorm</i>	I	.	I	.
<i>Astragalus onobrychis</i>	I	.	I	.
<i>Pulsatilla nigricans</i>	I	.	I	.
<i>Anthyllis vulneraria</i>	I	.	.	I
<b>D.s. Cl. Trifolio-Geranietea</b>				
<i>Stachys recta</i>	I	.	I	V
<i>Peucedanum cervaria</i>	.	.	.	III
<i>Dictamnus albus</i>	.	.	.	III
<i>Clinopodium vulgare</i>	.	.	.	III
<i>Euphorbia angulata</i>	.	.	.	III
<i>Brachypodium pinnatum</i>	.	.	.	III
<i>Chamaecytisus albus</i>	I	.	I	III
<i>Silene nutans</i>	I	.	I	II
<i>Knautia arvensis</i>	.	.	I	III
<i>Fragaria vesca</i>	.	.	I	II
<i>Lembotropis nigricans</i>	.	.	I	II
<i>Campanula persicifolia</i>	.	.	.	II
<i>Iris graminea</i>	.	.	.	II
<i>Origanum vulgare</i>	.	.	.	II
<i>Pyrethrum corymbosum</i>	.	.	.	II
<i>Astragalus glycyphyllos</i>	.	.	.	II
<i>Melica uniflora</i>	.	.	.	II
<i>Libanotis intermedia</i>	I	.	.	II
<i>Primula veris</i>	.	.	II	II
<i>Campanula glomerata</i>	.	.	II	II
<i>Campanula bononiensis</i>	.	.	II	II
<i>Viola hirta</i>	.	.	IV	I
<i>Poa angustifolia</i>	.	.	III	I
<i>Anemona sylvestris</i>	.	.	I	I
<i>Ranunculus polyanthemus</i>	.	.	I	I
<i>Agrimonia eupatoria</i>	.	I	II	II
<i>Anthericum ramosum</i>	I	.	III	II
<i>Coronilla varia</i>	I	.	II	III
<i>Chamaecytisus ruthenicus</i>	I	.	II	II
<i>Hypericum perforatum</i>	I	III	I	III
<i>Carex montana</i>	I	I	II	II
<i>Potentilla alba</i>	I	I	.	.
<i>Pimpinella saxifraga</i>	.	III	I	.
<i>Euphorbia volhynica</i>	.	I	I	.

БОТАНІКА

Продовження таблиці				
<b>D.s. Cl. Rhamno-Prunetea</b>				
<i>Rosa sp.</i>	I	III	II	III
<i>Crataegus praearmata</i>	.	I	II	II
<i>Rhamnus cathartica</i>	.	III	.	I
<i>Cotoneaster melanocarpus</i>	.	I	.	I
<i>Cornus mas</i>	.	.	I	II
<i>Juniperus communis</i>	I	.	.	I
<b>Other species</b>				
<i>Vincetoxicum hirundinaria</i>	II	III	III	IV
<i>Melilotus officinalis</i>	I	.	I	III
<i>Echium vulgare</i>	II	.	II	I
<i>Daucus carota</i>	I	.	II	I
<i>Berteroa incana</i>	I	.	I	I
<i>Euphrasia sp.</i>	I	.	I	I
<i>Poa versicolor</i>	I	.	.	I
<i>Gallium campanulatum</i>	I	.	.	I
<i>Polygonum convolvulus</i>	I	.	.	I
<i>Erysimum sp.</i>	I	.	.	I
<i>Sedum ruprechtii</i>	I	.	.	I
<i>Elisanthe villosa</i>	I	I	.	I
<i>Medicago lupulina</i>	I	II	I	.
<i>Convolvulus arvensis</i>	I	I	I	.
<i>Galium exoletum</i>	I	.	II	.
<i>Euphorbia stepposa</i>	I	.	I	.
<i>Teucrium praemontanum</i>	I	.	I	.
<i>Agrostis vinealis</i>	I	.	I	.
<i>Filago vulgaris</i>	.	I	II	.
<i>Salvia dumetorum</i>	.	I	II	.
<i>Arrhenatherum elatius</i>	.	III	.	I
<i>Ballota nigra</i>	.	I	.	I
<i>Stenactis annua</i>	.	I	.	I
<i>Pinus sylvestris</i>	.	I	I	I
<i>Thesium linophylon</i>	.	.	II	II
<i>Achillea submillefolium</i>	.	.	I	II
<i>Polygala comosa</i>	.	.	I	II
<i>Barkhausia rhoeadifolia</i>	.	.	I	II
<i>Dactylis glomerata</i>	.	.	I	II
<i>Pyrus communis</i>	.	.	II	I
<i>Lavatera thuringiaca</i>	.	.	I	I
<i>Plantago lanceolata</i>	.	.	I	I
<i>Potentilla recta</i>	.	.	.	II
<i>Iris hungarica</i>	.	.	.	II

Види, що трапляються лише в одному синтаксоні з константністю I:

**1** – *Anthemis tinctoria*, *Asparagus officinalis*, *Astragalus austriacus*, *Berberis vulgaris*, *Betonica officinalis*, *Clematis recta*, *Crinitaria linostris*, *Diantus membranaceus*, *Digitalis grandiflora*, *Elytrigia repens*, *Euonymus europaea*, *Falcaria vulgaris*, *Fraxinus excelsior*, *Glechoma hirsuta*, *Hieracium pilosella*, *Hypericum montanum*, *Ligustrum vulgare*, *Nepeta pannonica*, *Orobanche alsatica*, *Quercus petraea*, *Rubus caesius*, *Stellaria holostea*, *Stipa pennata*, *ifolium repens*, *Veronica chamaedrys*, *Veronica jacquinii*, *Viburnum lantana*, *Vicia tenuifolia*;

**2** – *Anthyllis chiwerekii*, *Asparagus polyphyllus*, *Astragalus albidus*, *Carex caryophyllea*, *Carpinus betulus*, *Echinops sphaerocephalus*, *Eremogone micradenia*, *Geum urbanum*, *Inula hirta*, *Malus sylvestris*, *Odontites vulgaris*, *Pedicularis kaufmannii*, *Phleum phleoides*, *Prunus spinosa*, *Pulsatilla patens*, *Quercus rubra*, *Salvia nemorosa*, *Senecio jacobaea*, *Sesleria heuflerana*, *Trifolium medium*, *Trifolium pratense*, *Valeriana collina*, *Viscaria viscosa*;

**3** – *Sambucus ebulus*, *Urtica dioica*, *Veronica austriaca*;

**4** – *Arenaria sp.*, *Artemisia marschalliana*, *Bothrichloa ischaemum*, *Campanula rapunculoides*, *Centaurea cyanus*, *Centaurea micranthos*, *Chaenorrhinum minus*, *Dracocephalum austriacum*, *Geranium robertianum*, *Hieracium villosum*, *Leontodon hispidus*, *Linaria genistifolia*, *Linum angustifolium*, *Potentilla argentea*, *Potentilla callieri*, *Sedum spurium*, *Stachys annua*, *Taraxacum officinale*, *Thymus podolicus*, *Trinia multicaulis*, *Ulmus carpiniifolia*, *Verbascum densiflorum*, *Verbascum phoeniceum*, *Veronica humifusa*.

У результаті синтаксономічної інтерпретації фітоценотичних матеріалів та аналізу літературних даних встановлено, що *A. podolicum* на Західному Поділлі зростає в угрупованнях, які належать до 12 асоціацій 4 союзів 3 порядків 3 класів природної рослинності.

**Синтаксономічна схема рослинних угруповань Західного Поділля, в яких відмічено *Allium podolicum*:**

**Koelerio-Corynephoretea Klika in Klika et Novák 1941** (incl. Sedo-Scleranthetea Br.-Bl. 1955)

*Alyso-Sedetalia* Moravec 1967

*Alyso-Sedion* Oberdorfer et Müller in Müller 1961

*Aurinio saxatili-Allietum podolici* Onyschenko 2001

*Allio podolici-Koelerietum cristati* ass. nova prov.

**Festuco-Brometea Br.-Bl. et R. Tüxen ex Br.-Bl. 1949**

*Festucetalia valesiaca* Br.-Bl. et R. Tüxen ex Br.-Bl. 1949

*Festucion valesiaca* Klika 1931

*Carici humilis-Festucetum valesiaca* Klika 1951 nom. invers. Abduloeva, Didukh 1999

*minuartietosum setaceae* Abduloeva, Didukh 1999

*Fragario-Festucetum rupicola* Bureo 1976

*Campanulo sibirici-Euphorbietum stepposae* Abduloeva 2002

*Thymo pannonici-Poaetum angustifoliae* Toman 1976

*Botriochloetum ischaemi* Kukovitsa et al. 1994

*Salvio nemorosae-Elytrigietum intermediae* Abduloeva 2002

*Stipetum capillatae* Dziubaltowski 1925

*Koelerio-Festucetum sulcatae* Kornaś 1952

*Cirsio-Brachypodion pinnati* Hadač et Klika 1994 em. Krausch 1961

*Asteri-Linetum flavae* Glaczek 1968

**Trifolio-Geranietea sanguinei Th. Müller 1962**

*Antherico ramosi-Geranietalia sanguinei* Julve ex Dengler in Dengler et al. 2003

*Geranion sanguinei* Tx. in Th. Müller 1962

*Peucedanetum cervariae* Kaiser 1926

Отже, на Західному Поділлі *A. podolicum* зростає переважно у складі кальцепетрофітних угруповань на несформованих ґрунтах, продуктах руйнування карбонатних порід. Дещо рідше

даний вид трапляється в ксеротермних трав'янистих угрупованнях з переважанням злаків, ще рідше – у складі багатовидових трав'янистих угруповань з переважанням дводольних рослин.

### Висновки

1. Встановлено синтаксономічну приналежність рослинних угруповань, в яких на Західному Поділлі трапляється *A. podolicum*. Даний вид відмічено в ценозах, які належать до 12 асоціацій 4 союзів 3 порядків 3 класів природної рослинності.
2. Попередньо у складі союзу *Alyso-Sedion* як нова для науки наводиться асоціація *Allio podolici-Koelerietum cristati* ass. nova prov.
3. Ценотичний оптимум *A. podolicum* міститься в розріджених кальцепетрофітних угрупованнях із слабкою ценотичною взаємодією, що формуються на поличках та в щілинах на малопотужному шарі продуктів руйнування корінних ванповмісних порід. Ймовірно, даний вид слід вважати діагностичним не лише для асоціації *Aurinio saxatili-Allietum podolici*, а для всього порядку *Alyso-Sedetalia* класу *Koelerio-Corynephoretea*.

1. *Абдулоєва О.С.* Новий синтаксон *Sempervivo-Stipetum capillatae* лучних степів Товтрового кряжу / *О.С. Абдулоєва* // *Наук. зап. Терноп. держ. пед. ун-ту. – Сер. Біол.* – 2001. – № 2. – С. 3–7.
2. *Абдулоєва О.С.* До синтаксономії ксерофітної трав'янистої рослинності Західного Лісостепу (Придністровське Поділля, Товтровий кряж, Кременецькі гори) / *О.С. Абдулоєва* // *Укр. фітоцен. зб.* – Київ, 2002. – Сер. А, вип. 1 (18). – С. 124–144.
3. *Абдулоєва О.С.* Лучно-степова рослинність еродованих схилів Придністров'я (національний природний парк «Подільські товтри») в аспекті її охорони / *О.С. Абдулоєва, Я.П. Дідух* // *Укр. фітоцен. зб.* – 1999. – Сер. А, вип. 3 (14). – С. 10–36.
4. *Александрова В.Д.* Классификация растительности: обзор принципов классификации и классификационных систем в разных геоботанических школах / *В.Д. Александрова.* – Л.: Наука, 1969. – 275 с.
5. *Заверуха Б.В.* Флора Вольно-Подолли и ее генезис / *Б.В. Заверуха.* – К.: Наук. думка, 1985. – 192 с.
6. *Крицька Л.І.* Типіфікація видів судинних рослин, описаних з України: родини *Liliaceae* Juss., *Alliaceae* J. Agardh (I) / *Крицька Л.І., Федорончук М.М., Царенко О.М.* // *Укр. ботан. журн.* – 2000. – 57, № 6. – С. 689–696.
7. *Лавренко Е.М.* Основные закономерности растительных сообществ и пути их изучения / *Е.М. Лавренко* // *Полевая геоботаника.* – т. I. – М.–Л.: Изд-во АН СССР, 1959. – С. 13–75.
8. *Онищенко В.А.* Рослинність карбонатних відслонень природного заповідника «Медобори» / *В.А. Онищенко* // *Укр. фітоцен. зб.* – Київ, 2001. – Сер. А, вип. 1 (17). – С. 86–104.
9. *Соломаха В.А.* Синтаксономія рослинності України. Третє наближення / *В.А. Соломаха.* – Київ: Фітосоціоцентр, 2008. – 296 с.
10. *Kuzemko A.* Dry grasslands on sandy soils in the forest and forest-steppe zones of the plains region of Ukraine: present state of syntaxonomy / *A. Kuzemko* // *Tuexenia.* – 2009. – 29: 369–390.
11. *Mucina L.* Conspectus of Classes of European Vegetation / *L. Mucina* // *Folia Geobot. Phytotax.* – 1997. – Vol. 32. – P. 117–172.
12. *Tichy L.* JUICE, software for vegetation classification / *L. Tichy* // *J. Veg. Sci.* – 2002. – 13. – P. 451–453.
13. *Westhoff V., Maarel E. van der.* The Braun-Blanquet approach // *Handbook of Vegetation Science. Part V: Ordination and Classification of Vegetation* / Ed. By *R.H. Whittaker.* – The Hague, 1973. – P. 619–726.

*Н.В. Рубановская*

Каменец-Подольский национальный университет им. Ивана Огиенка, Украина

### ЦЕНОТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ *ALLIUM PODOLICUM* (ASCH. ET GRAEBN.) VJocki EX RASIB. НА ЗАПАДНОМ ПОДОЛЬЕ

Установлена синтаксономическая принадлежность растительных сообществ, в которых на Западном Подолье встречается *A. podolicum*. Данный вид отмечен в ценозах, которые принадлежат к 12 ассоциациям, 4 союзам, 3 порядкам, 3 классам естественной растительности.

Предварительно в составе союза *Alyso-sedion*, как новая для науки, приводится ассоциация *Allio podolici-koelerietum cristati* ass. nova prov.

*Ключевые слова:* *Allium podolicum*, Западное Подолье, ценология, синтаксономия

*N.V. Rubanovska*

Ivan Ogienko Kamyanets-Podilsky state University, Ukraine

CENOTIC PECULIARITIES OF *ALLIUM PODOLICUM* (ASCH. ET GRAEBN.) BŁOCKI EX RACIB. ON THE WESTERN PODILLIA.

This paper deals with syntaxonomical peculiarities of *Allium podolicum*, a Middle-Dnister – Pokuttia subendemic species. It is shown, that *A. podolicum* in Western Podillia grow in communities belong to 12 associations of 4 alliances, 3 orders, and 3 classes. New association *Allio podolici-Koelerietum cristati* (alliance *Alysso-Sedion*) described previously.

*Key words*: *Allium podolicum*, Western Podillya, cenology, syntaxonomical

Рекомендує до друку

Надійшла 15.09.2010

М.М. Барна

УДК: 577:122:58.036.2

О. С. ТАЛАЛАЄВ

Інститут ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України  
вул. Терещенківська, 2, Київ, 01601

## **ЕКСПРЕСІЯ ГЕНІВ НИЗЬКОМОЛЕКУЛЯРНИХ БІЛКІВ ТЕПЛОВОГО ШОКУ В ЕТІОЛЬОВАНИХ ПРОРОСТКАХ ГОРОХУ**

Досліджували експресію генів п'яти представників різних класів низькомолекулярних білків теплового шоку в етіюльованих проростках гороху з використанням кількісної ПЛР. Результати дослідження показали, що експресія цих генів є частиною внутрішньої програми розвитку за нормальних умов.

*Ключові слова*: *Pisum sativum*, генна експресія, тепловий шок, низькомолекулярні білки теплового шоку, ПЛР в реальному часі

Низькомолекулярні білки теплового шоку (small heat shock proteins, sHSP) широко розповсюджені в природі. Ці білки здатні виконувати шаперонову функцію - асоціювати з частково денатурованими білками та формувати стабільний комплекс для запобігання незворотній агрегації білків-субстратів [17]. Вони індуються у відповідь на тривалий температурний та інші типи стресів у різних органах та тканинах. Мономери sHSP характеризуються молекулярною вагою в межах від 12 до 42 кДа (рослинні в межах від 14 до 27 кДа) та наявністю послідовності довжиною у 100 амінокислотних залишків, названою  $\alpha$ -кристаліновим доменом. Проте задля виконання їх шаперонової функції необхідна асоціація мономерів у олігомерні структури. Ці структури демонструють здатність зв'язувати велику кількість субстратів, та, на відміну від інших білків теплового шоку, не потребують наявності АТФ [12, 22].

Рослинні sHSP - надзвичайно широкий клас білків. Відомо, що геном *Arabidopsis thaliana* містить 37 генів які кодують низькомолекулярні білки теплового шоку, геноми *Oryza sativa* та *Vitis vinifera* 47 та 65 генів відповідно [23]. Спираючись на субклітинну локалізацію, амінокислотну гомологію та сучасні біоінформатичні дослідження, рослинні  $\alpha$ -кристалінові білки на сьогодні виділяють у сім субродин: цитозольно-нуклеарні класи СІ, СІІ та СІІІ, клас пластидних (Р), клас низькомолекулярних білків теплового шоку ендоплазматичного ретикулума (ER), мітохондріальних (М) та клас пероксисомних sHSP (Po) [16, 19]. Білки цих класів були ідентифіковані у багатьох видів.

Що найменше декілька різних типів  $\alpha$ -кристалінових білків рослин експресуються під дією осмотичного стресу [4, 20]. Експресія підкласів цитозольно-ядерних СІ та СІІ [18],

мітохондріальних [2] та хлоропластних sHSP [9, 14] також індукується окисним стресом. Деякі гени низькомолекулярних білків теплового шоку ініціюються холодним стресом, впливом важких металів [7], озону [6], ультрафіолетовим [18] та  $\gamma$ -випромінюванням [14]. Дані цих спостережень дозволяють стверджувати, що низькомолекулярні білки теплового шоку пов'язані із загальною відповіддю на стрес та мають суттєве значення в адаптації до різних факторів несприятливих впливів. Точний механізм, за яким температура чи інший стрес активує синтез sHSP не визначений, але деякі дані вказують на те, що експресія цих білків має запускатися з появою (чи бути направленою на попередження вірогідної появи) частково денатурованих або невірно складених білкових субстратів.

На сьогодні залишається не до кінця з'ясованим питання щодо експресії генів  $\alpha$ -кристалінових шаперонів рослин під час проростання насіння. Або наявність різних sHSP в насінні на різних стадіях проростання [24, 5, 1] пов'язана лише із залишковими кількостями відповідних мРНК в сухому насінні, або має місце експресія sHSP генів проростків. Відповідь на ці питання має суттєве значення для розуміння механізмів забезпечення толерантності рослин у варіабельному середовищі.

Для відповіді на ці запитання ми провели дослідження експресії генів sHSP гороху при проростанні та протягом перших діб росту проростків. Як позитивний контроль використовували температурний стрес. Досліджували експресію наступних генів: *PsHSP 18.1* – клас цитозольно-ядерних CI, *PsHSP 17.7* - клас цитозольно-ядерних CII, *PsHSP 22.7* – клас ER, *PsHSP26.2* – клас P та *PsHSP22.9* - клас M.

### Матеріал і методи досліджень

Перед посівом насіння *Pisum sativum* L. (сорт Інтенсивний) стерилізували протягом 15 хвилин у 5%-му розчині гіпохлориту натрію та тричі промивали стерильною дистильованою водою, після чого насіння залишали у воді при кімнатній температурі на 3 години для набухання. Відбірні насінини поміщали у трубочки із зволоженого фільтрувального паперу та витримували протягом 2-х діб при 4° С для більш рівномірної схожості. Подальший ріст проростків відбувався при 24° С та відносній вологості повітря 60 - 64% у темряві. Проростки вирощували до 5-ти діб, зволожуючи фільтрувальний папір та фіксуючи експериментальний матеріал кожні 24 години. Для імітації умов температурного стресу п'ятидобові проростки поміщали в термостат. Температуру підвищували протягом чотирьох годин на 4°С щогодини до досягнення необхідної стресової – 40° С, потім знижували на 4°С щогодини до рівня 24° С за методикою описаною раніше [11].

Виділення РНК проводили за допомогою Spectrum™ Plant Total RNA Kit (Sigma, Німеччина) згідно протоколу виробника. Для дослідів рослинний матеріал фіксували у рідкому азоті безпосередньо перед виділенням кожні 24 години. Розмір проби складав 100 мг сумарної тканини не менше ніж 3-х проростків, отриманої шляхом розтирання в рідкому азоті. Суміш виділеної тотальної РНК обробляли ДНКазою (Fermentas) відповідно до протоколу від виробника. Для контролю якості та цілісності виділеної РНК безпосередньо після виділення проводили формальдегідний денатуруючий гель-електрофорез. кДНК отримували з 1 мкг тотальної РНК за допомогою реакції зворотної транскрипції з використанням M-MLV зворотної транскриптази (Fermentas). Отриману кДНК перед використанням в ПЛР розбавляли водою у співвідношенні 1:10.

Полімеразну ланцюгову реакцію в реальному часі проводили на Real-Time PCR IQ-Cycler (BioRad). Використовували готову суміш для ПЛР реального часу Maxima SYBR Green Real Time PCR 2x Master Mix (Fermentas). Отримані значення порогових циклів для кожного з варіантів ( $C_t$ ) використовували для аналізу за методом  $2^{-\Delta\Delta C_t}$  [15].

ПЛР проводили з використанням специфічних праймерів (таблиця) довжиною 20-24 нуклеотидів, сконструйованих з використанням бази даних NCBI. Для нормалізації використовували експресію гену актину (*PsActin3*), відносний рівень експресії якого залишався незмінним в усіх експериментах. Всі експерименти виконувалися щонайменше у трьох біологічних та трьох технічних повтореннях. Для дослідження експресії низькомолекулярних білків теплового шоку в насінні та етіологованих проростках гороху обрали 5 генів *P. sativum*.

Кожен ген кодує білок-представник окремої субродини низькомолекулярних білків теплового шоку.

Гени *PsHSP 18.1* та *PsHSP17.7* гороху кодують однойменні протеїни, що відносяться до цитозольно-ядерних класів CI та CII відповідно. *PsHSP 22.7* кодує відповідний білок, представник sHSP з класу ендоплазматичного ретикулума (ER). Ген *PsHSP26.2* відноситься до пластидних sHSP (P). *PsHSP22.9* – відноситься до кодує sHSP, що функціонує в мітохондріях (M).

Таблиця

Список аналізованих генів та послідовності використаних праймерів

Назва гену	GenBank	Сенс праймер	Анти-сенс праймер
<i>PsHSP18.1</i>	M33899.1	5'tcaccttcgcttcattccct3'	5'ttctcaacgcttctctccgct3'
<i>PsHSP17.7</i>	M33901.1	5'ataatggacctcaccgacgacaca3'	5'tcttctctctctctctcggcacct3'
<i>PsHSP22.7</i>	M33898.1	5'gattctcccaactctcttattcgg3'	5'ttctctcaccactcactcttagcac3'
<i>PsHSP26.2</i>	X07187.1	5'gtagaagaagaagcctcgagaag3'	5'cacgaatctcacctctccaatgt3'
<i>PsHSP22.9</i>	X86222	5'atgtttatggtcactcctcc3'	5'attgctcgtcagtaaatcca-3'
<i>PsActin3</i>	U81046.1	5'tggctacacttcaccactctgc3'	5'ttcaggctcgggaatcttccagc3'

### Результати досліджень та їх обговорення

На рисунку представлені результати дослідження експресії генів sHSP різних класів за допомогою ПЛР в реальному часі в діапазоні від 1-ї до 5-ї доби з моменту проростання. Дані аналізу відносної експресії цитозольного *PsHSP17.7* вказують на те, що експресія гену має місце в проростках від першої до п'ятої доби. Максимальний рівень експресії - 6,75 одиниць – спостерігали після перших 24 годин. Надалі, від другої до п'ятої доби відбувається зниження експресії цього гену до рівня близько 1,02 одиниць, включно з підвищенням рівня до 2 одиниць на третю добу. Рівень експресії *PsHSP18.1* знижується на другу добу з 4,87 до 2,02 одиниць та різко підвищується до рівнів 10,82 та 7,8 на третю та четверту добу відповідно, що є найбільшим показником серед усіх досліджуваних генів.

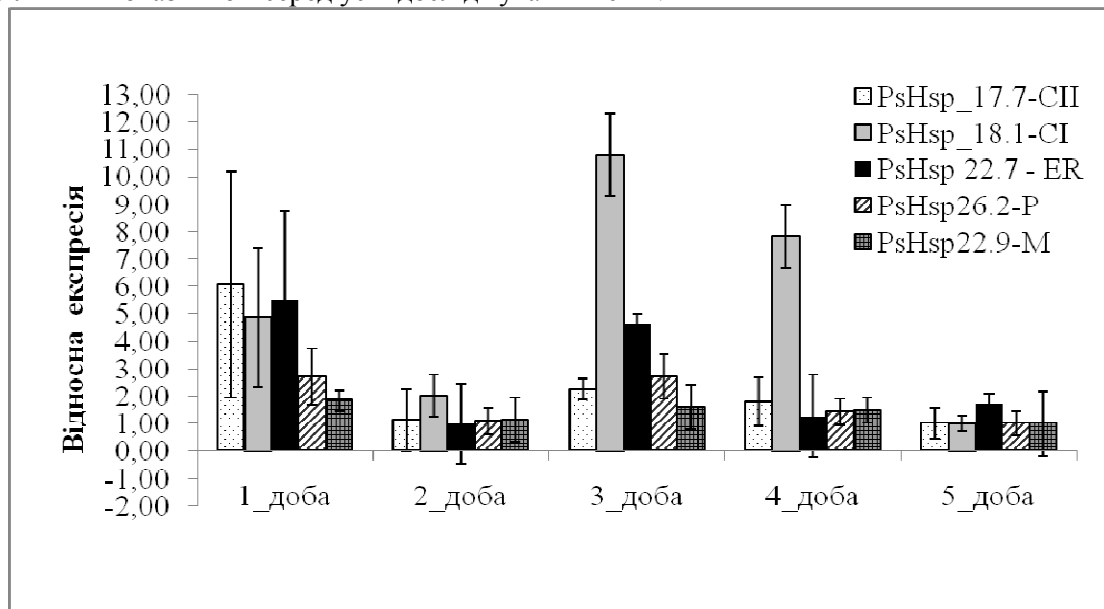


Рис. Відносна експресія генів низькомолекулярних білків теплового шоку в етіологованих проростках гороху протягом перших 5 днів з початку проростання. Планки похибки відображають стандартне відхилення

Ці результати в повній мірі підтверджують літературні дані щодо накопичення цитозольно-ядерних sHSP у великій кількості в процесі ембріогенезу, дозрівання та проростання насіння *Helianthus annuus*, *Arabidopsis thaliana* та *P. sativum* [18, 5, 13].

sHSP ER-класу еволюційно, структурно та функціонально найбільш близькі до класів цитозольно-ядерних низькомолекулярних білків теплового шоку [10, 23]. За результатами наших досліджень *PsHSP 22.7* експресується в етіюльованих проростках за схемою, подібною до цитозольно-ядерних, - з максимальним рівнем 5,5 в перші 24 години, зниженням до показників в межах 1 на другу добу та підвищенням експресії на третю добу до рівня 4,65.

Експресія пластидного *PsHSP26.2* має схожий «хвильоподібний» характер, проте з меншою амплітудою підвищення рівня експресії на третю та четверту добу. Цей клас білків також має  $\alpha$ -кристалінові консервативні ділянки, знайдені у всіх низькомолекулярних білків теплового шоку, та відрізняється наявністю унікального насиченого метіоніном домену на N-кінці, що є високо консервативним для всіх пластидних sHSP та відсутній у представників інших класів sHSP [3]. Дослідження хлоропластів *in vitro* показало, що пластидні sHSP захищають термолабільні компоненти фотосистеми II та важливі не лише у процесах адаптації до високих температур [8], а й також експресуються за умов оксидативного, холодного стресу, під впливом важких металів [9] а також за нормальних умов в тканинах етіюльованих проростків та тканинах плодів під час їх дозрівання [21].

Експресія *PsHSP22.9*, що належить до класу мітохондріальних, визначається протягом перших діб проростання етіюльованих проростків лише у незначній кількості та коливається від першої до п'ятої доби в межах похибки. Відповідно до літературних відомостей крім температурного стресу різке підвищення транскрипції мітохондріальних sHSP також відмічається за умов впливу оксидативного стресу та під дією гамма радіації [2]. Конститутивної експресії генів sHSP класу мітохондріальних білків в літературних джерелах не відмічається.

Отже, з 5-ти досліджуваних генів, що кодують представників різних класів низькомолекулярних білків теплового шоку гороху лише представники класу мітохондріальних HSP не характеризувалися змінами рівня експресії генів в етіюльованих проростках гороху протягом п'яти діб проростання. Експресія всіх досліджуваних генів різко підвищувалася за умов теплового шоку до показників у декілька тисяч разів.

## Висновки

Показано, що експресія низькомолекулярних білків теплового шоку в етіюльованих проростках гороху за відсутності зовнішніх впливів є частиною внутрішньої програми розвитку. Особлива роль належить представникам цитозольно-ядерних класів та класу ER, які експресуються від першої до п'ятої доби більш інтенсивно порівняно представників класів пластидних та мітохондріальних sHSP.

Рівень експресії всіх досліджуваних генів за нормальних умов є значно нижчим за рівень, що відмічається за умов температурного стресу. Цей факт підтверджує роль низькомолекулярних білків теплового шоку одного з основних механізмів захисту від шкідливих впливів екстремальних стресових умов.

1. *Almoguera C.* Developmental and environmental concurrent expression of sunflower dry-seed-stored low-molecular heat-shock protein and *Lea* mRNAs / C. Almoguera, J. Jordano // *Plant Mol. Biol.* – 1992. – №19. – P. 781–792.
2. *Accumulation of small heat shock proteins, including mitochondrial HSP22, induced by oxidative stress and adaptive response in tomato cells* / Banzet N., Richaud C., Deveaux Y. [et al.] // *Plant J.* – 1998. – №13. – P. 519– 527.
3. *Chen Q.* Analysis of conserved domains identifies a unique structural feature of a chloroplast heat shock protein / Q. Chen, E. Vierling // *Mol. Gen Genet.* – 1991. – №226, N.3. – P 425–431.
4. *Coca M.A.* Expression of sunflower low- molecular-weight heat-shock proteins during embryogenesis and persistence after germination: localization and possible function implications / M.A. Coca, C. Almoguera, J. Jordano // *Plant Mol. Biol.* – 1994. – №25. – P. 479–492.



5. *DeRocher A.E.* Developmental control of small heat shock protein expression during pea seed maturation/ A.E. DeRocher, E. Vierling // *Plant J.* – 1994. - №5. – P. 93–102.
6. *Differential* transcript induction of parsley pathogenesis-related proteins and of a small heat shock protein by ozone and heat shock / H. Eckey-Kaltenbach, E. Kiefer, E. Grosskopf [et al.] // *Plant Mol. Biol.* – 1997. – №33. – P. 343–350.
7. *Alfalfa* heat shock genes are differentially expressed during somatic embryogenesis / J. Gyorgyey, A. Gartner, K. Nemeth [et al.] // *Plant Mol. Biol.* – 1991. – №16. – P. 999–1007.
8. *The small*, methionine-rich chloroplast heat-shock protein protects photosystem II electron transport during heat stress / S. A. Heckathorn, C. A. Downs, T. D. Sharkey, J. S. Coleman // *Plant Physiol.* – 1998. – №116, N.1. – P. 439 – 444.
9. *Chloroplast* small heat-shock proteins protect photosynthesis during heavy metal stress / S. A. Heckathorn, J. K. Mueller, S. La Guidice [et al.] // *Am J. Botany.* – 2004. – №91. – P. 1312–1318.
10. *Localization* of small heat shock proteins to the higher plant endomembrane system / K.W. Helm, P.R. LaFayette, R.T. Nagao [et al.] // *Mol. Cell Biol.* – 1993. – №13, N1. – P. 238–247.
11. *Hernandez L.D.* Expression of low molecular weight heat shock proteins under field conditions / L.D. Hernandez, E. Vierling // *Plant Physiol.* – 1993. – №101. – P. 1209–1216.
12. *On the mechanism* of chaperone activity of the small heat-shock protein of *Methanococcus jannaschii* / R. Kim, L. Lai, H.-H. Lee [et al.] // *PNAS.* – 2003. - №100, N.14. – P. 8151–8155.
13. *Lee G. J.* Structure and *in vitro* molecular chaperone activity of cytosolic small heat shock proteins from pea / G. J. Lee, N. Pokala, E. Vierling // *J. Biol. Chem.* – 1995. – №270, N.18. – P. 10432–10438.
14. *Lee G. J.* A small heat shock protein cooperates with heat shock protein 70 systems to reactivate a heat-denatured protein / G. J. Lee, E. Vierling // *Plant Physiol.* – 2000. – №1. - P. 189–198.
15. *Livak K. J.* Analysis of relative gene expression data using real-time quantitative PCR and the  $2^{-\Delta\Delta C_t}$  method / K. J. Livak, T. D. Schmittgen // *Methods.* – 2001. – №25. – P. 402–408.
16. *Identification* and characterization of a stress-inducible and a constitutive small heat-shock protein targeted to the matrix of plant peroxisomes / C. Ma, M. Haslbeck, L. Babujee [et al.] // *Plant Physiol.* – 2006. – №141. – P. 47–60.
17. *Narberhaus F.*  $\alpha$ -Crystallin-type heat shock proteins: socializing minichaperones in the context of a multichaperone network / F. Narberhaus // *Microbiol. Mol. Biol. Rev.* – 2002. - №66, N.1. - P. 64–93.
18. *Pla M.* Stress proteins co-expressed in suberized and lignified cells and in apical meristems / M. Pla, G. Huguet, D. Verdager [et al.] // *Plant Sci.* – 1998. – №139. – P. 49–57.
19. *Scharf K. D.* The expanding family of *Arabidopsis thaliana* small heat stress proteins (sHSPs) and a new family of proteins containing  $\alpha$ -crystallin domains (Acid proteins) / K. D. Scharf, M. Siddique, E. Vierling // *Cell Stress Chaperones.* – 2001. – №6. – P. 225-237.
20. *At-HSP17.6A*, encoding a small heat-shock protein in *Arabidopsis*, can enhance osmotolerance upon overexpression/ W. Sun, C. Bernard, B. Van de Cotte [et al.] // *Plant J.* – 2001. – №27. – P. 407-415.
21. *Specific* heat shock proteins are transported into chloroplasts / E. Vierling, M. L. Mishkind, G. W. Schmidt, J. Key // *Proc. Nati. Acad. Sci. USA.* – 1986. – №83 – P. 361–365.
22. *Wang K.* ATP causes small heat shock proteins to release denatured protein / K. Wang, A. Spector // *Eur. J. Biochem.* – 2001. №268. – P. 6335–6345.
23. *Waters E. R.* Comparative analysis of the small heat shock proteins in three angiosperm genomes identifies new subfamilies and reveals diverse evolutionary patterns / E. R. Waters, B. D. Aevermann, Z. Sanders-Reed // *Cell Stress and Chaperones.* – 2008. – №13. – P. 127–142
24. *Synthesis* of small heat-shock proteins is a part of the developmental program of a late seed maturation / N. Wehmeyer, L. D. Hernandez, R. R. Finkelstein, E. Vierling // *Plant Physiol.* – 1996. – №112. – P. 747–757.

*O.S. Talalaiev*

Институт ботаники им. Н.Г. Холодного НАН Украины, Киев

ЭКСПРЕССИЯ НИЗКОМОЛЕКУЛЯРНЫХ БЕЛКОВ ТЕПЛОВОГО ШОКА В  
ЭТИОЛИРОВАННЫХ ПРОРОСТКАХ ГОРОХА

Исследовали экспрессию генов представителей пяти разных классов низкомолекулярных белков теплового шока в этиолированных проростках гороха. Результаты исследований показали, что экспрессия этих генов является частью внутренней программы развития в нормальных условиях.

*Ключевые слова: Pisum sativum, экспрессия генов, низкомолекулярные белки теплового шока, ПЦР в реальном времени*

*O.S. Talalaiev*

M.G. Kholodny Institute of Botany of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv

EXPRESSION OF THE SMALL HEAT SHOCK PROTEINS IN ETIOLATED PEA SEEDLINGS

Gene expression of small heat shock from five different classes was investigated. Results shown that expression of these genes is the part of the internal developmental program under normal conditions.

*Key words: Pisum sativum, gene expression, heat shock, small heat shock proteins, sHSP, real-time PCR*

Рекомендує до друку

Надійшла 8.09.2010

М.М. Барна

# БІОТЕХНОЛОГІЯ

УДК 577.127: 582.923.1 + 58.085

Н. М. ДРОБИК<sup>1</sup>, О. М. ЛЕСЬКОВА<sup>1</sup>, В. М. МЕЛЬНИК<sup>2</sup>, І. І. КОНВАЛЮК<sup>2</sup>

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

<sup>2</sup>Інститут молекулярної біології і генетики НАН України  
вул. Академіка Заболотного, 150, Київ, 03680

## **БІОЛОГІЧНО АКТИВНІ РЕЧОВИНИ ВИДІВ РОДУ *GENTIANA L.* ВМІСТ КСАНТОНІВ У КУЛЬТУРІ ТКАНИН**

Досліджено вміст ксантонів у культурі *in vitro* рослин видів роду *Gentiana L.* з різних місць зростання. Встановлено, що кількість ксантонів у калюсах була значно нижчою, ніж у пагонах інтактних рослин, але вищою або близькою до такої в коренях. Показано відмінності ростових та біосинтетичних характеристик різних культур тканин.

*Ключові слова:* культура тканин, види роду *Gentiana L.*, ксантони, приріст біомаси

Лікувальні властивості видів роду Тирлич (*Gentiana L.*) обумовлені синтезом у цих рослинах численних біологічно активних речовин: іридоїдів, алкалоїдів, ксантонів, флавоноїдів, фенолкарбонових кислот, антоціанів, вуглеводів (глюкози, фруктози, сахарози, генціобіоза, генціаноза) тощо [1, 7, 8, 10]. Відомо, що вміст ксантонів є важливою хемотаксономічною ознакою видів роду *Gentiana* [5, 15]. Ксантони рослин роду *Gentiana* є антидепресантами та інгібіторами моноаміноксидази, проявляють стимулюючу дію на ЦНС, кардіотонічний та туберкулостатичний ефекти [5, 11].

У літературі також є відомості про здатність культури тканин і органів тирличів до синтезу ксантонів. Наприклад, встановлено, що у пагонах рослин *G. lutea*, культивованих в умовах *in vitro* на живильному середовищі без фітогормонів, вміст мангіферину був близьким до такого в листках інтактних рослин і перевищував цей показник при доповненні живильного середовища фітогормонами БАП (0,25 мг/л) та ІОК (0,2 мг/л) [15].

Для низки цінних з фармакологічної точки зору видів *Gentiana* нами підібрано умови для індукції калюсоутворення та проліферації отриманих культур [3, 12]. Завданням даної роботи було дослідження в калюсних культурах тирличів сумарного вмісту однієї з основних груп біологічно активних речовин (БАР) рослин – ксантонів.

### **Матеріал і методи досліджень**

Матеріалом для дослідження слугували культури тканин кореневого походження тирличів, отримані від рослин з різних популяцій, на 11-15-му пасажах вирощування (табл. 1). Тривалість пасажу усіх калюсів становила 4 тижні. Детально умови отримання та вирощування калюсів досліджуваних видів тирличів описано в роботах [3, 12].

Місця зростання досліджених зразків тирличів

Вид	Місце зростання	Висота над рівнем моря (м)	Умовні позначення
<i>G. lutea</i>	полонина Рогнеска (хребет Черногора, Рахівський р-н, Закарпатська обл.)	1650	G.l.R
	г. Трояска (хребет Свидовець, Рахівський р-н, Закарпатська обл.)	1695	G.l.Tr
	г. Пожижевська (хребет Черногора, Надвірнянський р-н, Івано-Франківська обл.)	1420	G.l.P
<i>G. punctata</i>	г. Пожижевська, (хребет Черногора, Надвірнянський р-н, Івано-Франківська обл.)	1480	G.p.P
	г. Брескул (хребет Черногора, Надвірнянський р-н, Івано-Франківська обл.)	1790	G.p.Br
	г. Трояска (хребет Свидовець, Рахівський р-н, Закарпатська обл.)	1704	G.p.Tr
<i>G. acaulis</i>	г. Туркул (хребет Черногора, Рахівський р-н, Закарпатська обл.)	1750	G.ac.T
	г. Ребра (хребет Черногора, Рахівський р-н, Закарпатська обл.)	2001	G.ac.Reb
<i>G. asclepiadea</i>	г. Пожижевська (хребет Черногора, Надвірнянський р-н, Івано-Франківська обл.)	1424	G.asc.P
	г. Велика Мигла (Долинський р-н, Івано-Франківська обл.)	950	G.asc.M
<i>G. cruciata</i>	с. Креничі (Обухівський р-н, Київська обл.)	—	G.cr.Kr
	природний заповідник «Медобори» (Гусятинський р-н, Тернопільська обл.)	—	G.cr.Med
<i>G. pneumonanthe</i>	Корюківське лісництво (Корюківський р-н, Чернігівська обл.)	—	G.pn.K
	с. Вигода (Долинський р-н, Івано-Франківська обл.)	450–500	G.pn.V

Сумарний вміст ксантонів визначали за допомогою модифікованого нами хроматоспектрофотометричного методу [4, 8, 11]. Повітряно-суху сировину гідролізували у суміші ацетону і води 1:1 (суміш А), що містила 5% HCl, на водяній бані протягом 1 години. На пластинку із целюлозою наносили три смуги досліджуваного екстракту та одну – розчину стандартного зразка мангіферину. Ще одну смугу залишали для приготування контрольного розчину. Після хроматографування у насиченій 15%-ним розчином оцтової кислоти камері пластинку аналізували в УФ-світлі (360 нм). Відмічені на рівні плями стандартного зразка мангіферину зони, що містять ксантони, та рівню за площею ділянку целюлози на чистій смугі пластинки десорбували у суміші А. Оптичну густину профільтованих розчинів визначали спектрофотометрично при 369 нм на фоні контрольного розчину.

Сумарний вміст ксантонів у досліджуваних зразках ( $X$ , % від маси абсолютно-сухої сировини) у перерахунку на мангіферин-стандарт вираховували за формулою:

$$X = \frac{P_1 \times V_3 \times V_4 \times D_2 \times 100 \times 100}{V_1 \times D_1 \times P \times V_2 \times (100 - a)},$$

де  $V_1$  – об’єм розчину мангіферину-стандарту, мл;  $V_2$  – об’єм екстракту, нанесеного на хроматограму, мл;  $V_3$  – об’єм розчину мангіферину-стандарту, нанесеного на хроматограму, мл;  $V_4$  – об’єм екстракту, мл;  $D_1$  – оптична густина розчину мангіферину-стандарту;  $D_2$  – оптична густина досліджуваного розчину;  $P$  – наважка сировини, г;  $P_1$  – наважка мангіферину-стандарту, г;  $a$  – втрата в масі при висушуванні сировини, % від маси повітряно-сухої сировини.

Отримані результати кількісного визначення суми ксантонів опрацьовували статистично [6].

### Результати досліджень та їх обговорення

Результати проведеного аналізу показали, що з-поміж чотирнадцяти досліджених калюсів кореневого походження найвище значення суми ксантонів (1,31 %) характерне для культури тканин G.l.R – 0,98 % (табл. 2).

Порівняння корневих калюсів *G. cruciata*, *G. acaulis* та *G. lutea*, отриманих від рослин з різних місць зростання, дозволило встановити суттєві відмінності за кількісним вмістом ксантонів (табл. 2). Зокрема, у калюсній тканині G.cr.Med вміст сполук цього класу у 5,2 раза перевищував аналогічний показник у культурі G.cr.Kr, а в G.ac.T – у 4,3 порівняно з G.ac.Reb. У калюсах G.l.R і G.l.Tr синтезувалося в 2,6 та 2,5 раза відповідно більше ксантонів порівняно із культурою G.l.P.

За літературними даними відомо, що вміст ксантонів у рослинах представників роду *Gentiana* залежить типу тканини, фази розвитку рослини, умов зростання [5, 14].

Таблиця 2

Вміст ксантонів у різних органах інтактних рослин та в культурі тканин деяких тирличів

Зразки	Вміст ксантонів у сухій масі, %		
	Пагони	Корені	Калюсна тканина кореневого походження
G.l.P	2,84±0,15	0,47±0,04	0,38±0,01
G.l.Tr	1,99±0,12	0,43±0,02	0,95±0,06
G.l.R	3,92±0,21	0,55±0,04	0,98±0,08
G.p.Tr	2,73±0,17	2,61±0,19	0,32±0,02
G.p.Br	3,42±0,23	3,29±0,28	0,50±0,04
G.p.P	1,97±0,13*	не визначали	0,28±0,01
G.ac.T	2,11±0,11	0,74±0,04	0,92±0,07
G.ac.Reb	2,78±0,24	0,29±0,02	0,21±0,02
G.asc.P	0,42±0,03	0,08±0,005	0,44±0,03
G.asc.M	0,53±0,04	0,09±0,007	0,64±0,05
G.pn.K	0,28±0,02*	не визначали	-
G.pn.V	0,10±0,006*	не визначали	-
G.cr.Kr	0,40±0,03	0,06±0,003	0,03±0,001
G.cr.Med	0,24±0,02	0,05±0,005	0,18±0,01

Примітки: \* – вміст ксантонів ви значали у рослинах, вирощених з насіння у стерильних умовах *in vitro*; розшифрування умовних позначень зразків *див.* у табл. 1.

Проведені нами дослідження інтактних рослин деяких видів тирличів показали, що вміст ксантонів у їхніх пагонах лежав у межах від 0,097 % до 3,92 %. Зокрема, найбільша кількість цих речовин виявлена у рослинах G.l.R (3,92 %) та G.p.Br (3,42 %) [2]; найменша – у пагонах *G. pneumonanthe* з обох популяцій (0,097 % – G.pn.V і 0,283 % – G.pn.K) та G.cr.Med (0,24 %). У пагонах рослин *G. lutea* із п. Рогнеска синтезується майже вдвічі більше ксантонів порівняно із такими рослин з г. Трояска. Ще більшу відмінність вмісту сполук цього класу встановлено для

*G. cruciata*: у пагонах рослин з медоборської популяції ксантонів виявлено у 2,9 раза більше порівняно з креницькою.

Отже, отримані нами результати свідчать про значний вплив еколого-географічних умов на синтез ксантонів і узгоджуються з літературними даними. Зокрема, при дослідженні зразків надземної частини *G. lutea* з різних місць зростання встановлено коливання сумарного вміст цих БАР від 0,32 до 0,90 % (від маси сухої речовини) [13].

Встановлено також, що в пагонах інтактних рослин досліджених видів показники вмісту ксантонів перевищували такі в коренях: G.I.R – у 7,2, G.I.Tr – у 4,6, G.I.P – у 6, G.ac.Reb – у 9,6, G.ac.T – у 2,9, G.asc.P – у 5,1, G.asc.M – у 5,8, G.cr.Kr – у 6, G.cr.Med – у 5 раз [2]. Необхідно відзначити, що така особливість накопичення ксантонів характерна для більшості рослин. У той же час, нами виявлено достовірної різниці вмісту ксантонових сполук у коренях і надземній частині рослин *G. punctata* з обох досліджених популяцій (табл. 2).

Наразі у фармацевтиці використовують в основному корені та кореневища *Gentiana* [4, 8]. Однак, отримані нами дані та результати фітохімічних і фармакологічних досліджень, проведених іншими авторами [9, 13, 15], вказують на те, що вміст ксантонів у надземних частинах тирличів є вищим, ніж у коренях цих же рослин. Зокрема, при дослідженні екстрактів з інтактних рослин *G. lutea* встановлено, що у листках основну частку усіх ідентифікованих ксантонів складав мангіферин (3,98 % від сухої маси), тоді як у коренях він не виявлений. Інші ксантони – генцизин та його похідні – присутні у листках (ізогенцизин та ізогенцизин-примверозид) і в коренях (генцизин та генцизин-примверозид), однак їх концентрації є низькими (0,03–0,31 % від сухої маси) [15].

Вміст ксантонів в отриманих нами калюсних культурах кореневого походження, за винятком *G. asclepiadea*, був нижчим (у 1,3–13 раз), ніж у пагонах інтактних рослин, проте перевищував такий у коренях: G.asc.M – у 6,9, G.asc.P – у 5,3, G.cr.Med – у 3,8, G.I.Tr – у 2,2 та G.I.R – у 1,8 раза. У той же час, за вмістом ксантонів калюс G.ac.T несуттєво перевищував корені, а в культурах G.I.P та G.ac.Reb сумарний вміст ксантонів був нижчим, але близьким до такого у коренях інтактних рослин цих видів. У культурі тканин G.p.Tr, G.p.Vr та G.cr.Kr вміст досліджених БАР був нижчим, ніж в коренях (табл. 2).

Для оцінки ростових та біосинтетичних характеристик калюсів кореневого походження нами досліджено вихід сухої біомаси та ксантонів у розрахунку на 1 л живильного середовища. Через чотири тижні вирощування калюсних культур тирличів, отриманих від рослин з різних місць зростання, вихід їх сухої маси варіював у межах від 11,6 до 31,5 г/л (рис.). Цей показник був найвищим для калюсів *G. cruciata* від рослин з обох досліджених популяцій (29,7 г/л – G.cr.Med та 31,5 г/л – G.cr.Kr). Найменша інтенсивність росту характерна для калюсів G.asc.P та G.asc.M – вихід їхньої сухої біомаси на 1 л живильного середовища складав 11,6 та 18 г.

Оцінка біосинтетичних характеристик культури тканин тирличів показала їхню здатність накопичувати від 11 до 249 мг ксантонів у розрахунку на 1 л живильного середовища. Цей показник був найвищим (249, 235 та 196 мг) у калюсах G.I.R, G.I.Tr та G.ac.T відповідно, а найнижчим – у культурі G.cr.Kr, G.asc.P та G.cr.Med (рис.).

Як видно з наведених даних, умови вирощування для більшості калюсних культур кореневого походження сприяли як приросту біомаси, так і синтезу ксантонів. Проте у деяких випадках, наприклад, для калюсу G.asc.P характерними були низькі значення показників як виходу сухої біомаси, так і ксантонів. В інших – при високій інтенсивності росту, ксантонів у культурі тканин не виявлено (G.pn.V та G.pn.K), або ж їх вміст був невисоким (G.cr.Kr, G.cr.Med, G.ac.Reb).

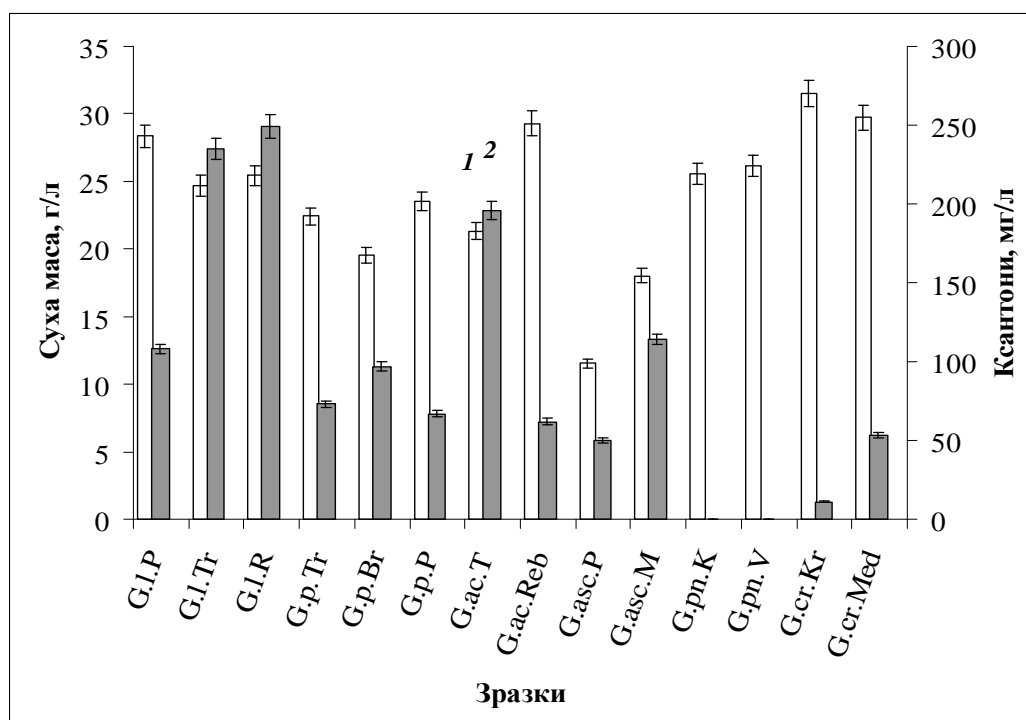


Рис. Продуктивність культури тканин тирличів:

1 – суха маса (г/л) і 2 – ксантони (мг/л).

Примітка. Розшифрування умовних позначень зразків див. у табл. 1.

### Висновки

Встановлено, що досліджені культури тканин тирличів, за винятком *G. pneumonanthe* (від рослин з вигодської та корюківської популяції), здатні до синтезу ксантонів.

Вміст цих вторинних метаболітів варіював як у калюсах від рослин різних видів тирличів, так і в культурах тканин одного виду, отриманих від рослин з різних місць зростання. Кількість ксантонів у калюсах була більшою або близькою до такої в коренях, але меншою, ніж у пагонах рослин природних популяцій. Підібрані умови вирощування для більшості культур тканин сприяли як приросту біомаси, так і синтезу ксантонів. Поряд із цим, для деяких калюсів (*G. asclepiadea*, пожижевська популяція) характерна низька біосинтетична активність на фоні низького приросту біомаси, для інших – відсутність ксантонів (*G. pneumonanthe* від рослин з обох популяцій) або ж їх незначна кількість (*G. cruciata* від рослин з обох популяцій та *G. acaulis* від рослини з реберської популяції) при інтенсивному рості культури.

1. Біологічно активні речовини видів роду *Gentiana* L. 1. Біосинтез та фізіологічна дія / Н. М. Страшнюк, О. М. Леськова, Г. Я. Загричук [та ін.] // Фітотерапія. Часопис. – 2006. – №1. – С. 31–41.
2. Біологічно активні речовини видів роду *Gentiana* L. 2. Вміст ксантонів у рослинах Українських Карпат / О. М. Леськова, Н. М. Страшнюк, Г. Я. Загричук [та ін.] // Фітотерапія. Часопис. – 2006. – №3. – С. 53–55.
3. Введення в культуру *in vitro* деяких видів роду *Gentiana* L. / Н. М. Страшнюк, Л. Р. Грицак, О. М. Леськова [та ін.] // Физиология и биохимия культ. растений. – 2004. – Т.36, №4. – С. 327–334.
4. Государственная фармакопея СССР. XI изд. Вып. 2: Общие методы анализа. Лекарственное растительное сырье. – М.: Медицина, 1990. – С. 312–314.
5. Денисова-Дятлова О. А. Природные ксантоны / Ольга Александровна Денисова-Дятлова, Владимир Иванович Глызин // Успехи химии. – 1982. – Вып. 10. – С. 1753–1773.
6. Лакин Г. Ф. Биометрия: Учебное пособие для биологических специальностей вузов / Георгий Филиппович Лакин. – М.: Высш. школа, 1980. – 293 с.
7. Лікарські рослини: енциклопедичний довідник / [Лебеда А. П., Джуренко Н. І., Ісайкіна О. П. та ін.]; відп. ред. А. М. Гродзінський – К.: В-во «Українська Радянська Енциклопедія» ім. М. П. Бажана, Український виробничо-комерційний центр «Олімп», 1992. – С. 430–432.

8. Николаева Г. Г. Фитохимическое исследование растений семейства горечавковых флоры Сибири: дис. ... доктора фармацевт. наук: 15.00.02 / Галина Григорьевна Николаева. – М., 2000. – С. 34–50.
9. О перспективах использования надземной части горечавки желтой в качестве лекарственного сырья / С. М. Николаев, А. Д. Бакуридзе, Т. Д. Даргаева [и др.] // Изв. СО АН СССР. Сер. биол. наук. – 1987. – Вып. 3. – С. 67–70.
10. Растительные ресурсы СССР: Цветковые растения, их химический состав, использование; Семейства *Caprifoliaceae* – *Plantaginaceae*. – Л.: Наука, 1990. – 328 с.
11. Содержание мангиферина у видов сем. *Gentianaceae* / П. Б. Лубсандоржиева, Г. Г. Николаева, В. И. Глызин [и др.] // Растит. ресурсы – 1986. – Т.21, вып. 2. – С. 233–236.
12. Введення в культуру *in vitro* видів тирличу хрещатого (*Gentiana cruciata* L.) та тирличу звичайного (*Gentiana pneumonanthe* L.) / Н. М. Страшнюк, М. О. Твардовська, В. М. Мельник // «Наукові записки» Тернопільського національного педагогічного університету ім. Володимира Гнатюка. Серія: біологія. – 2006. – №2 (29). – С. 100–107.
13. Хроматоспектрофотометрическое определение содержания  $\gamma$ -пироновых соединений в надземной части *Gentiana lutea* L. / А. Д. Бакуридзе, Н. Г. Цагареишвили, Т. Д. Даргаева [и др.] // Раст. ресурсы. – 1991. – Т.27, вып. 4. – С. 115–119.
14. Menković N. Chemical composition and seasonal variations in the amount of secondary compounds in leaves and flowers / N. Menković, K. Šavikin-Fodulović, K. Savin // *Planta Med.* – 2000 – Vol.66, №2. – P. 178–180.
15. Quantitative determination of secoiridoid and gamma-pyrone compounds in *Gentiana lutea* cultured *in vitro* / N. Menković, K. Šavikin-Fodulović, I. Momcilovic [et al.] // *Planta Med.* – 2000. – Vol.66, №1 – P. 96–98.

Н. М. Дробык, Е. Н. Леськова, В. Н. Мельник, И.И. Конвалюк

Тернопольский национальный педагогический университет им. Владимира Гнатюка, Украина

Институт молекулярной биологии и генетики НАН Украины, Киев

#### БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫЕ ВЕЩЕСТВА ВИДОВ РОДА *GENTIANA* L. СОДЕРЖАНИЕ КСАНТОНОВ В КУЛЬТУРЕ ТКАНЕЙ

Исследовано содержание ксантонов в культуре *in vitro* растений видов рода *Gentiana* L. из различных мест произрастания. Установлено, что количество ксантонов в каллусах было значительно ниже, чем в побегах интактных растений, но выше или близким к таковому в корнях. Показаны отличия ростовых и биосинтетических характеристик разных культур тканей.

Ключевые слова: культура тканей, виды рода *Gentiana* L., ксантоны, прирост биомассы

N. M. Drobyk, O. M. Les'kova, V. M. Mel'nyk, I. I. Konvalyuk

#### BIOLOGICALLY ACTIVE SUBSTANCES OF *GENTIANA* L. SPECIES. XANTHONE CONTENTS IN TISSUE CULTURE

Volodymyr Hnatiuk Ternopil National Pedagogical University, Ukraine

Institute of Molecular Biology and Genetics, NAS of Ukraine, Kyiv

Xanthone contents have been studied in tissue culture derived from gentians grown in different habitats. Calluses were found to show much lesser xanthone abundance than that of intact plant shoots but higher or close to that of roots. Differences in growth and biosynthetic characteristics for various tissue culture were demonstrated.

Key words: tissue culture, *Gentiana* L. species, xanthone, biomass growth increment

Рекомендує до друку

Надійшла 3.09.2010

В.В. Грєбїнко



# ГІДРОБІОЛОГІЯ

УДК 556.541.3/4: 627.152

С.В. БІЛЕЦЬКА

Український науково-дослідний гідрометеорологічний інститут МНС України та НАН України  
пр-т Науки, 37, Київ, 03028

## **ЧИННИКИ НАДХОДЖЕННЯ ГУМУСОВИХ РЕЧОВИН З ТЕРИТОРІЇ ВОДОЗБОРУ (НА ПРИКЛАДІ БАСЕЙНУ РІЧКИ РОСЬ)**

Показано, що ґрунтові генотипи території водозбору басейну мають безпосередній вплив на специфіку надходження ГР у поверхневі води як прямі його чинники.

*Ключові слова: гумусові речовини, фульвокислоти, гумінові кислоти, ґрунти, водозбір, винос речовин*

Серед широкого діапазону великих та малих річок України поверхневі води басейну Дніпра відзначаються підвищеним вмістом органічних речовин гумусової природи [1, 11, 13–15]. Наявність у воді гумусових речовин (ГР) впливає на її якість, підвищує міграційну здатність багатьох полутантів, призводить до ускладнення процесу водопідготовки, а також до утворення при знезараженні води канцерогенних галоїдметанів (хлороформ, дихлорбромметан та ін.).

Згідно з прийнятим фракційно-груповим аналізом у складі ГР виділяють фульвокислоти (ФК) та гумінові кислоти (ГК). Відомо, що основні фракції ГР близькі за будовою, проте значно відрізняються за своєю розчинністю, властивостями, хімічною поведінкою в екосистемі [2–4, 9, 11].

Територія басейну р. Рось характеризується різноманітним ґрунтовим покривом, типи якого характерні для зони мішаних лісів України [7, 10, 12]. Для ґрунтового покриву цієї території характерний розвиток на міжрічкових долинах потужних малогумусних чорноземів на легкосуглинкових лесових породах. Проте, переважаючий тип ґрунтів у басейні Росі – сірі опідзолені ґрунти.

Завданням цієї роботи було визначення специфіки та особливостей виносу основних фракцій ГР з території водозбору.

### **Матеріал і методи досліджень**

З метою виявлення особливостей формування прихідної складової ГР (ГК та ФК) у поверхневих водах басейну р. Рось досліджено вміст ГР в атмосферних опадах, поверхневих і ґрунтових водах, у водах поверхнево-схилового та підґрунтового стоку, у ґрунтовому покриві. Крім того, вивчено вертикальний розподіл ГР у ґрунтах, визначено кількісну закономірність надходження ГР у поверхневі води залежно від їхнього вмісту у відповідних ґрунтах водозбірної території басейну р. Рось.

Дослідження вмісту ГР у атмосферних опадах та водних об'єктах виконували шляхом фотометричного визначення їхньої концентрації після попереднього виділення методом іонообмінної хроматографії та наступного розділення на ГК і ФК [1]. Визначення ГР у ґрунтах здійснювали згідно загальноприйнятих методик [1, 2, 5, 8].

### Результати досліджень та їх обговорення

Аналіз даних щодо вмісту ГР в атмосферних опадах (дощ, сніг) свідчить про їхні незначні концентрації, які в середньому склали: для снігу – ГК не виявлені, ФК – 0,005 мг/дм<sup>3</sup>; для дощу – ГК – 0,01 мг/дм<sup>3</sup>; ФК – 0,77 мг/дм<sup>3</sup>. Оскільки основним джерелом надходження ГР до атмосферних опадів є еолове підняття з поверхні ґрунту, то стає зрозумілим значно більший вміст ГР в опадах теплого періоду року порівняно з холодним. В цілому, отримані дані свідчать про те, що атмосферні опади не можуть істотно впливати на надходження ГР до поверхневих вод.

Щодо концентрацій ГК та ФК у поверхневих водах, то встановлено значну перевагу величин їх вмісту порівняно з атмосферними опадами. Граничні значення концентрацій становили: для ГК – 0,1–0,5 мг/дм<sup>3</sup>; для ФК – 1,25–24,6 мг/дм<sup>3</sup>. Отже, в цьому суббасейні водозбору Дніпра можна відзначити істотні відмінності між вмістом ГР у поверхневих водах та досліджуваних зразках атмосферних опадів.

Результати виконаних нами досліджень щодо вмісту основних фракцій ГР у досліджуваних різновидах сірих та чорноземних ґрунтів, відібраних з території водозбору басейну р. Рось, свідчать, що середній вміст ГР тут становив: для ГК – 72,8 мг/г, для ФК – 3,2 мг/г (рис. 1). Переважання вмісту ГК над ФК у 8–10 разів можна пояснити особливостями формування ГР ґрунтів. Як показано у роботах [2–6], спочатку здійснюється формування ФК з подальшим зростанням ступеня ароматизації внаслідок часткової деструкції алифатичних ланцюгів та утворенням ГК, що пов'язано з окисненням.

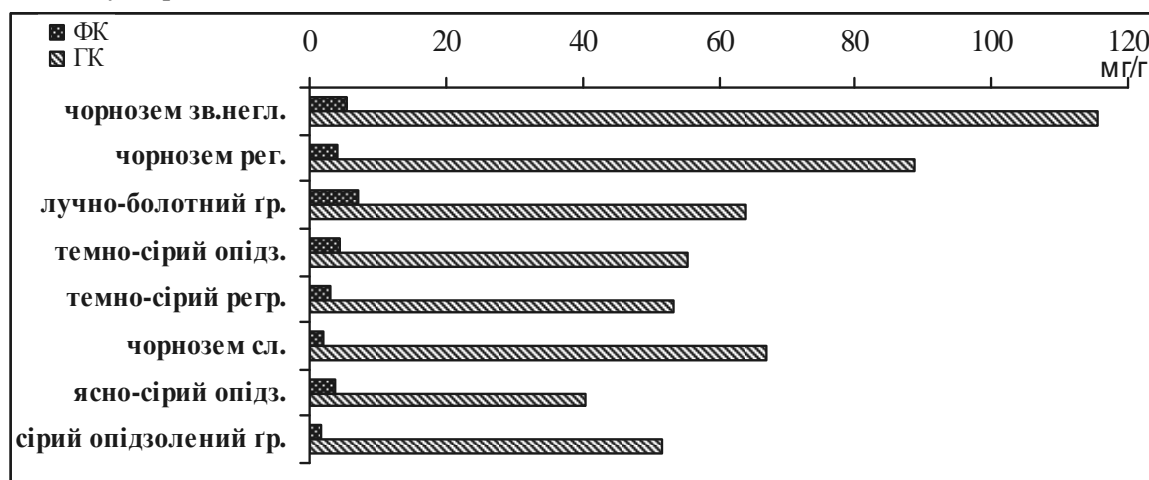


Рис. 1. Вміст гумусових речовин у ґрунтах водозбору басейну р. Рось

Гумус – головний і найбільш реакційно-активний компонент ґрунтового профілю, що впливає на багато процесів у зоні гіпергенезу. Аналізуючи розподіл ГР вниз по вертикальному профілю ґрунту, виявляється тенденція до зменшення їхнього вмісту практично у всіх досліджених нами ґрунтах (орний шар ґрунту – 0–20 см). Так, вміст ГК при дослідженні чорнозему звичайного неглибокого середньосуглинкового на лесовидних суглинках в шарі ґрунту 0–2 см складав 107,0 мг/г, ФК 7,3 мг/г. В шарі ґрунту 18–20 см того ж чорнозему вміст ГК і ФК зменшився відповідно до 85,9 мг/г та 4,3 мг/г. Зменшення вмісту обох фракцій ГР із глибиною ґрунтового профілю та переважання ГК над ФК спостерігалось і у пробах ясно-сірого опідзоленого легкосуглинкового ґрунту на лесовидних суглинках, де у верхньому шарі ґрунту (0–2 см) вміст ГК складав 73,8 мг/г, а вміст ФК – 2,9 мг/г. В шарі 18–20 см цього ж ґрунту, вміст ГК знизився більше, ніж удвічі – до 32,6 мг/г, а фульвокислот у 3,5 рази – до 0,8 мг/г. Аналогічна закономірність відзначалася нами при дослідженні всіх інших ґрунтів басейну р. Рось. Вертикальний розподіл ГР у різних типах ґрунтів басейну р. Рось показано на рис. 2.

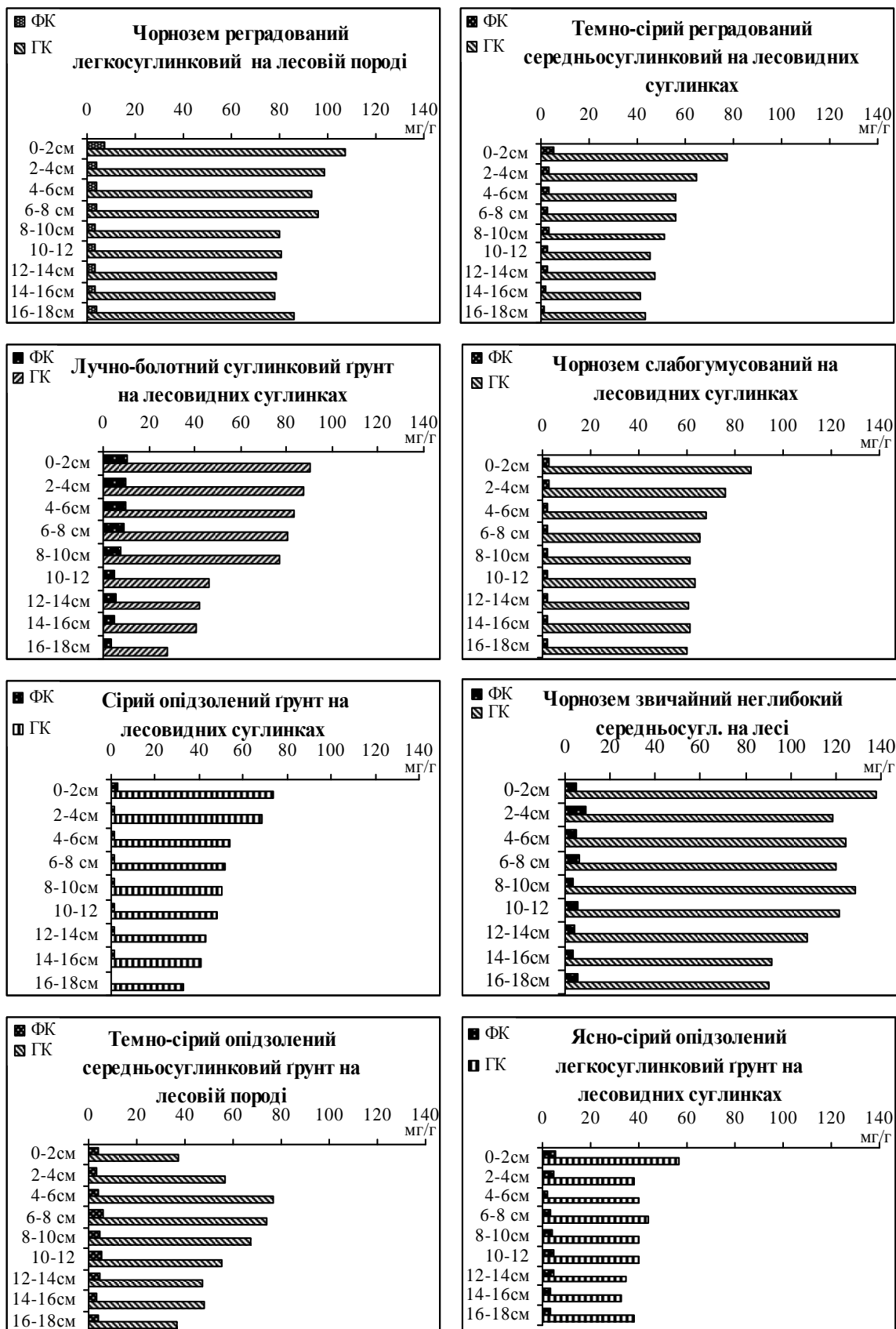


Рис. 2. Вертикальний розподіл вмісту гумусових речовин в основних типах ґрунтів басейну р. Рось

Отримані результати свідчать про різноманіття як середнього вмісту ГР у основних типах ґрунтів досліджуваного басейну, так і розподілу концентрацій ГК і ФК за глибиною.

Внаслідок контакту атмосферних опадів з ґрунтами ГР розподіляються не лише вертикально, а й з ґрунтовими водами, що знаходяться вище місцевого базису ерозії.

У поверхнево-схилкових водах вміст ГР істотно не перевищував показників, які спостерігалися в атмосферних опадах (ГК – 0,4 мг/дм<sup>3</sup>, ФК – 4,3 мг/дм<sup>3</sup>) (рис. 3).

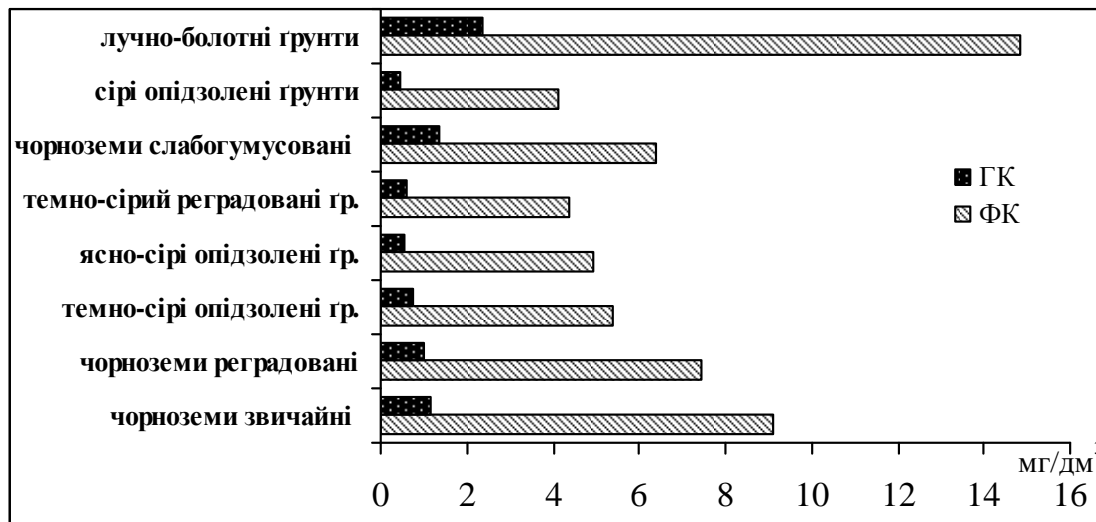


Рис. 3 Вміст гумусових речовин в зразках підґрунтового стоку (басейн р. Рось)

При формуванні підґрунтового стоку концентрації ГР різко зростали, що свідчить про визначальний вплив цього чинника на транспортування ГР. Так, вміст ГР у підґрунтовому стоці, що утворився в результаті дощування експериментальних стокових ділянок, становив 3,0 мг/дм<sup>3</sup> для ГК та 85,0 мг/дм<sup>3</sup> для ФК.

Нами встановлено зменшення вмісту ГР у підґрунтових водах залежно від типу та гумусності ґрунтів – від чорноземних (ГК – 2,3 мг/дм<sup>3</sup>, ФК – 14,8 мг/дм<sup>3</sup>) до світло-сірих ґрунтів (ГК – 0,4 мг/дм<sup>3</sup>, ФК – 1,9 мг/дм<sup>3</sup>).

Виконані натурні та експериментальні дослідження свідчать про те, що ГК та ФК істотно різняться за своєю розчинністю. Кінетика надходження ГР у розчин характеризується швидким зростанням концентрацій ФК (протягом 1–2 год. після контакту з ґрунтами) і уповільненим ГК (4-та доба), що відіграє переважачу роль при формуванні стоку ГР до поверхневих вод із території басейну.

Виконані натурні та експериментальні дослідження свідчать, що ГК та ФК істотно різняться за розчинністю. Для кінетики надходження ГР у розчин характерне швидке зростання концентрацій ФК (протягом 1–2 год. після контакту з ґрунтами) і уповільнене ГК (4-та доба), що відіграє переважачу роль при формуванні стоку ГР у поверхні води із території басейну.

Разом з тим, виконаними дослідженнями встановлено пряму залежність вносу обох фракцій ГР із усіх досліджуваних ґрунтів від тривалості періоду контакту їх з водою. Цей факт можна пояснити різною розчинністю ГР. Тому, зазначена умова відіграє важливу роль при формуванні стоку та вносу ГР у поверхні води басейну з прилеглих територій водозбору.

### Висновки

Результати досліджень свідчать про те, що за певних обставин ґрунти водозбірного басейну є основним джерелом надходження ГР до поверхневих вод річок басейну Дніпра. На підставі результатів виконаних досліджень зроблено висновок про те, що прямим чинником впливу на формування приходної складової ГР у поверхневих водах є ґрунтовий генотип водозбірної території басейну.

При дослідженні масопереносу в системі: “ґрунт – вода” необхідним завданням є встановлення умов та чинників, що спричиняють емісію ГР із водозбірної території та їхнє надходження до поверхневих вод.

1. Аналітична хімія поверхневих вод // [Б.Й. Набиванець, В. І. Осадчий, Н. М. Осадча, Ю. Б. Набиванець]. – К.: Наук. думка, 2007. – 455 с.
2. Бирюкова О.Н. Содержание и состав гумуса в основных типах почв России / О. Н. Бирюкова, Д. С. Орлов // Почвоведение. – 2004. – № 2. – С. 171–188.
3. Гуминовые вещества в биосфере / Под ред. Д.С. Орлова. – М.: Наука. – 1993. – 238 с.
4. Гришина Л. А. Гумусообразование и гумусное состояние почв / Л. А. Гришина. – М.: Изд-во МГУ. – 1986. – 242 с.
5. Пономарёва В. В. Гумус и почвообразование (методы и результаты изучения) / В. В. Пономарёва, Т. А. Плотникова. – Л.: Наука. – 1980. – 221 с.
6. Зенин А. А. Гидрохимический словарь / А. А. Зенин, Н. В. Белоусова. – Л.: Гидрометеиздат, 1988. – 239 с.
- 6-7. Ковда В. А. Основы учения о почвах: Общая теория почвообразовательного процесса / В. А. Ковда. – М.: Наука, 1973. – Т. 2. – 468 с.
- 7-8. Кононова М. М. Органическое вещество почвы / М. М. Кононова. – М.: Изд-во АН СССР. – 1963. – 266 с.
- 8-9. Перминова И. В. Анализ, классификация и прогноз свойств гумусовых кислот: автореф. дис. на соиск. уч. степени доктора хим. наук, спец. 02.00.02 “Аналитическая химия” / И. В. Перминова. – М., 2000. – 50 с.
- 9-10. Лісовал А. П. Лабораторний практикум / А. П. Лісовал, У. М. Давиденко, Б. М. Мойсеєнко. – К., 1994. – 355 с.
- 10-11. Линник П. Н. Гумусовые вещества природных вод и их значение для водных экосистем (обзор) / П. Н. Линник, Т. А. Васильчук, Р. П. Линник // Гидробиол. журн. – 2004. – Т. 40, № 1. – С. 81–107.
- 11-12. Національний Атлас України. – Картографія, 2007.
- 12-13. Осадчая Н. Н. Гумусовые вещества в воде днепровских водохранилищ / Н. Н. Осадчая, В. И. Осадчий // Наук. праці УкрНДГМІ. – 1999. – Вип. 247. – С. 189–201.
- 13-14. Осадчая Н. Н. Оценка выноса растворенных органических веществ гумусовой природы со стоком р. Припять / Н. Н. Осадчая, В. И. Осадчий // Наук. УкрНДГМІ. – 2001. – Вип. 249. – С. 161–177.
- 14-15. Осадча Н. В. Стік розчинених гумусових речовин з басейну Прип'яті: розрахунок, чинники, річний розподіл / Н. М. Осадча, В. І. Осадчий // Укр. геогр. журн. – 2002. – № 1. – С. 51–57.

*С.В. Билецкая*

Украинский научно-исследовательский гидрометеорологический институт МЧС Украины и НАН Украины

#### ФАКТОРЫ ПОСТУПЛЕНИЯ ГУМУСОВЫХ ВЕЩЕСТВ ИЗ ТЕРРИТОРИИ ВОДОСБОРА (НА ПРИМЕРЕ БАССЕЙНА РЕКИ РОСЬ)

Показано, что грунтовые генотипы территории водосбора оказывают непосредственное влияние на специфику поступления гумусовых веществ как прямые его факторы.

*Ключевые слова:* гумусовые вещества, фульвокислоты, гуминовые кислоты, почвы, водосбор, вынос веществ

*S.V. Byletska*

Ukrainian research Hydrometeorological Institute of Ministry of Emergency Situations of Ukraine and NAS of Ukraine

#### INFLUX FACTORS OF HUMUS MATTERS FROM CATCHMENT AREA (FOR EXAMPLE THE BASIN OF RIVER ROS)

It is shown, that soil genotypes of catchment area were make the direct impact on specificity of humus matters receipts as its direct factors.

*Key words:* humus matters, fulvic acids, humic acid, soils, catchment, bearing-out of substance

Рекомендує до друку

Надійшла 16.09.2010

В.В. Грубінко

УДК 594.38:595.122.2

Г.Є. КИРИЧУК

Житомирський державний університет ім. Івана Франка  
вул. В. Бердичівська, 40, Житомир, 10008

## **НАКОПИЧЕННЯ КАДМІЮ ТА ЦИНКУ В ОРГАНІЗМІ *PLANORBARIUS PURPURA* НА ФОНІ ТРЕМАТОДНОЇ ІНВАЗІЇ**

Досліджено накопичення кадмію та цинку у прісноводного молюска *Planorbarius purpura* в експериментальних умовах за гостротоксичного впливу іонів металів у водному середовищі ( $\text{Lc}_{25}^{48}$ ,  $\text{Lc}_{50}^{48}$ ,  $\text{Lc}_{75}^{48}$ ) та їх хронічної дії (0,5 ГДК<sub>риб.-госп.</sub>; 2; 5 та 10 ГДК<sub>риб.-госп.</sub>) в нормі та за зараження молюсків трематодами. Накопичення металів є тканинспецифічним, а його рівень пов'язаний з спорідненістю до металів неспецифічних та специфічних метаболітів клітин тканин і органів, їх метаболічною активністю та фізіологічною потребою в цих металах організму молюсків.

*Ключові слова:* іони кадмію і цинку, прісноводні молюски, накопичення, інвазія, трематоди

Нині у зв'язку з антропогенними та екотрансформаційними процесами токсиканти вже є визначальними екологічними чинниками [14]. Відомо, що більше 2000 хімічних речовин використовуються систематично та діють на організми постійно, а найбільш небезпечними хронічними токсикантами пролонгованої дії поряд з відомими органічними розчинниками, пестицидами та оксидами азоту і сірки чільне місце займають солі важких металів, насамперед сполуки мангану, купруму, плюмбуму, кадмію, ртуті та хрому [6].

Одним з основних факторів, що визначає екологічну небезпечність сполук металів, є рівень їх накопичення в тканинах організмів, що визначається співвідношенням швидкості надходження, здатністю до акумулювання та інтенсивністю виведення [11, 15, 16]. Компенсаторно-адаптивна відповідь організму при цьому залежить, насамперед, від рівня акумулювання металу [2, 5, 16, 18]. Разом з тим, іони ряду металів (мангану, купруму, ферруму, цинку тощо) в організмі гідробіонтів, включно молюсків, відіграють значну фізіологічну роль, що позначається на їх накопиченні в окремих органах та тканинах. Тому досить важливо з'ясувати, які органи і в якій кількості можуть накопичувати певний метал, та формують систему адаптацій при інтоксикаціях іонами металів, зберігаючи при цьому на оптимальному рівні метаболічну активність. Разом з тим, остання у молюсків, як відомо, значною мірою залежить і від зараження їх організму паразитами, насамперед, трематодами, які здатні впливати не тільки на рівень обмінних процесів, а й змінювати спрямованість окремих його шляхів [17].

Метою цієї роботи було вивчення накопичення Cd (ксенобіотик) та Zn (біогенний метал) в органах і тканинах прісноводного червоного молюска *Planorbarius purpura* за гостротоксичної і хронічної дії іонів кадмію та цинку на фоні інвазії молюсків трематодами.

### **Матеріал і методи досліджень**

В експерименті використовували *Planorbarius purpura*, зібраних вручну в вересні 2004 р. в басейні р. Тетерів (м. Житомир). Вміст кисню у воді, де мешкали молюски, становив 8,2–8,5 мг/дм<sup>3</sup>, рН 7,4–7,8, температура води – 18–20°C. рН визначали за допомогою іономіра рН-1500М, вміст кисню – методом Вінклера.

Зараженість молюсків партенітами і личинками трематод виявляли мікроскопіюванням (7х8) тимчасових гістологічних препаратів, виготовлених з тканин гепатопанкреасу. Видову приналежність трематод встановлювали тільки на живому матеріалі згідно [4]. Молюски були інвазовані редіями та церкаріями *Echinoparyphium aconiatum* Dietz .

**Хронічна дія.** Як токсиканти використано розчини солей  $\text{ZnCl}_2$  та  $\text{CdCl}_2 \cdot 2,5\text{H}_2\text{O}$  марки ч.д.а. в концентраціях, що відповідають 0,5; 2; 5 та 10 ГДК<sub>риб.-госп.</sub> ( $[\text{Cd}^{2+}]$  – 0,00025 мг/дм<sup>3</sup>, 0,001, 0,0025 та 0,005 мг/дм<sup>3</sup> відповідно, ГДК<sub>риб.-госп.</sub> – 0,0005 мг/дм<sup>3</sup> [3];  $[\text{Zn}^{2+}]$  – 0,005 мг/дм<sup>3</sup>, 0,02, 0,05 та 0,1 мг/дм<sup>3</sup> відповідно, ГДК<sub>риб.-госп.</sub> – 0,01 мг/дм<sup>3</sup> [3]). Розрахунок концентрацій здійснено на

катіон. Експозиція тварин в токсичному середовищі становила 14 діб. Середовище змінювали щодобово.

**Гостротоксична дія.** Як токсиканти використано розчини солей  $ZnCl_2$  та  $CdCl_2 \cdot 2,5H_2O$  марки ч.д.а. Токсикологічний дослід поставлено за методикою А.В. Алексєєва [1]. Використані концентрації відповідали  $Lc_{25}^{48}$ ,  $Lc_{50}^{48}$ ,  $Lc_{75}^{48}$  ( $[Cd^{2+}] - 1 \text{ мг/дм}^3$ , 5 та 25  $\text{мг/дм}^3$  відповідно;  $[Zn^{2+}] - 25 \text{ мг/дм}^3$ , 50 та 75  $\text{мг/дм}^3$  відповідно). Розрахунок концентрацій здійснено на катіон. Експозиція тварин з токсикантами становила 48 год. Токсичне середовище змінювали щодобово.

Вміст металів визначали в гемолімфі, гепатопанкреасі, мантиї, нозі та черепашці. Орган або тканину витягували повністю, зважували і фіксували 96%-ним етанолом, який через 6-12 год. випаровували при  $105^\circ\text{C}$  [12]. Сухий залишок спалювали в нітратній кислоті (ОСЧ) протягом 12-24 год. до повного знебарвлення за Кьельдалем. Вміст металів визначали за допомогою атомно-адсорбційного спектрофотометра С-115М з полум'яним аналізатором (стандарт СЗВ 5346). Всього виконано 1906 аналізів. Концентрацію металів виражали в мг/кг сирі маси за природної вологості повітря.

Статистична обробка матеріалів виконана згідно [8].

### Результати досліджень та їх обговорення

**Кадмій.** У особин контрольної групи (14 діб) вміст кадмію найвищий у гепатопанкреасі і в порядку зменшення тканини можна розмістити в ряд: мантия>нога>черепашка>гемолімфа (рис. 1). При цьому суттєвих відмінностей його вмісту в інвазованих та інтактних особин не виявлено. Виявлений розподіл кадмію в тканинах свідчить про його активне зв'язування структурними та функціональними, переважно ферментами, білками [19–21]. Крім того, для металів є характерним як вияв прямої токсичності (дія на молекули-мішені), так і утворення вторинних токсикантів, насамперед неспецифічних інтермедіатів метаболізму, що в свою чергу за принципом каскадно-ланцюгового механізму призводить до порушення низки обмінних процесів та метаболізму в цілому, а отже викликає порушення гомеостазу [7].

Підвищення вмісту іонів кадмію у воді в **хронічному експерименті** (14 діб дії) призводить до його накопиченням в тканинах, яке збільшується з зростанням ГДК, однак у кожній тканині по-різному (рис.1). Найвищий показник накопичення цього металу відмічено у мантиї молюсків за 0,5 ГДК (у 4,9 рази), дещо менше, але також значне (у 2,2 рази проти контролю) при 5 ГДК, зростання на 21,2% за рівня іонів кадмію у воді 10 ГДК та зменшення на 45,86% – за 2 ГДК. При цьому спостерігається загальна тенденція до зменшення кумуляції іонів кадмію при 0,5 ГДК (практично у 2,2 рази) у неінвазованих тварин порівняно з інвазованими, що свідчить про їх більшу опірність до іонів кадмію.

У гепатопанкреасі неінвазованих тварин спостерігали аналогічну закономірність з максимумами накопиченнями при 2 та 10 ГДК у 4,9 та 3,3 рази відповідно. Менше накопичення (в 2,6 рази) мало місце за 5 ГДК досліджуваних іонів в середовищі. При 0,5 ГДК вміст металу в інвазованих тварин знижувався на 33,4% щодо контролю. На відміну від мантиї у гепатопанкреасі, особливо за 2 та 5 ГДК, його накопичення було більшим у неінвазованих тварин. Третім органом молюсків за акумуляційною здатністю іонів кадмію є нога. Максимум накопичення металу в ній виявлено при 5 ГДК (у 3,6 рази порівняно з особинами контрольної групи). При інших концентраціях накопичення кадмію було близьким до показників у особин контрольної групи, або навіть меншим (на 34,5% та 59,3%) при 0,5 та 2 ГДК у інвазованих молюсків. Як і в гепатопанкреасі, в нозі неінвазованих молюски накопичували кадмій більшою мірою. В черепашці в цілому накопичення кадмію практично в 1,7–2,4 рази вище, ніж в контролі, спостерігається при всіх досліджених концентраціях, крім 5 ГДК. Як і в двох попередніх випадках, виявляється тенденція до його акумулювання в черепашці у неінвазованих молюсків.

Щодо гемолімфи, то вміст кадмію в ній найменший порівняно з іншими тканинами і органами. Вірогідне збільшення вмісту кадмію у 2,8 рази проти контролю виявлено тільки у інвазованих молюсків за вмісту іонів кадмію у середовищі на рівні 2 ГДК.

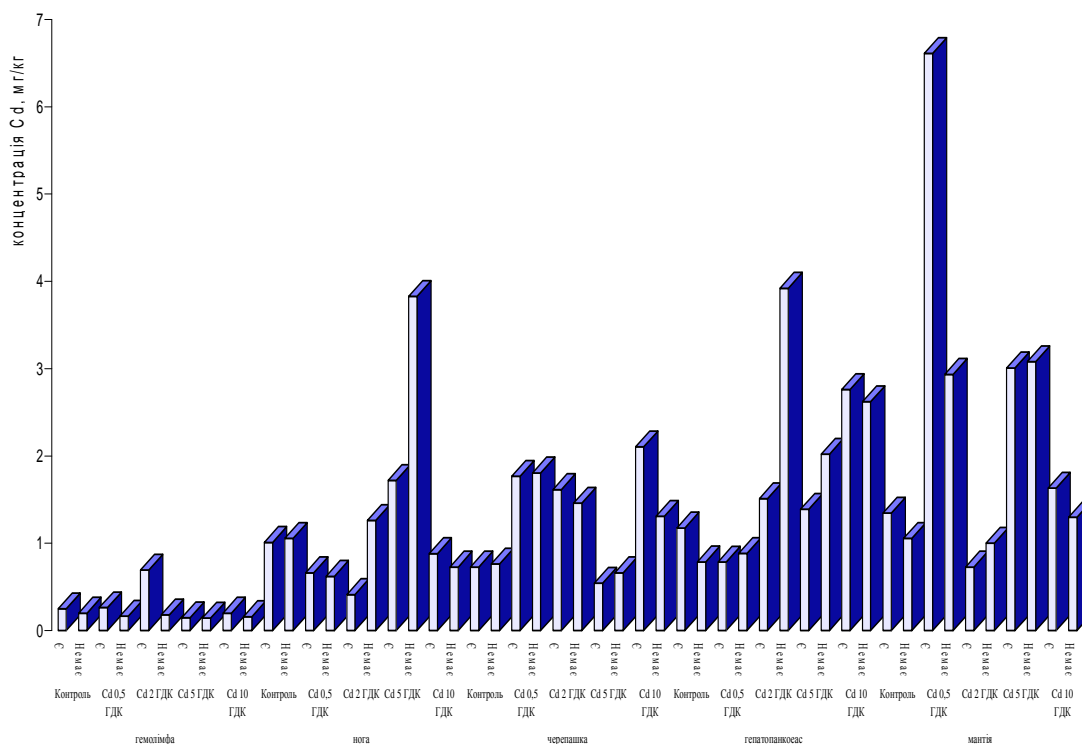


Рис. 1. Вміст кадмію в організмі *Planorbarius purpura* за хронічної дії іонів кадмію на фоні трематодної інвазії (n=5)

Отже, можна відмітити такі загальні закономірності накопичення кадмію у молюсків залежно від вмісту іонів кадмію у середовищі:

- накопичення металу є тканинспецифічним і, ймовірно, пов'язано з функціями та фізіологічною активністю органів і тканин та вмістом в них кадмійзв'язуючих сполук, насамперед білків [10]. Гемолімфа, виконуючи транспортну функцію, швидко доставляє іони металу в депонуючі його органи – гепатопанкреас та мантию, де вони ефективно акумулюються. Тому, в нозі та черепашці, що є функціонально і метаболічно менш активними органами, накопичення кадмію є меншим;
- загальною закономірністю в трьох органах (нога, черепашка, гепатопанкреас) є тенденція до більшого накопичення кадмію неінвазованими тваринами, а протилежно характерно для мантиї. Це може бути пов'язано з тим, що основним енергетичним субстратом для личинок трематод є білки, включно металзв'язуючі [17], що фіксують кадмій у цьому органі. Гепатопанкреас є основним органом локалізації личинок трематод, що призводить до більшої акумуляції металу неінвазованими особинами;
- з зростанням концентрації іонів кадмію в середовищі накопичення металу збільшується за відносно низьких концентрацій (0,5–2 ГДК) та високих її значень (10 ГДК). В межах концентрацій іонів кадмію від 2 до 5 ГДК виявлено незначне зниження накопичення металу тканинами, що співвідноситься з каскадним механізмом реакції і формуванні адаптації у гідробіонтів до токсикантів водного середовища і пов'язано з зміною механізмів проникнення, транспортування та зв'язування важких металів в організмі водних тварин в концентраційно-часовому градієнті [2, 9].

За **гостротоксичного впливу** (48 год) максимальне накопичення кадмію виявлено у гепатопанкреасі, однаково як інвазованих, так і інтактних особин, при ЛК<sub>25-50</sub> (у 26,4–36,1 рази щодо контролю) (рис. 2). Дещо менше накопичення досліджуваного металу спостерігали при ЛК<sub>75</sub> (у 5–17 разів щодо показників особин контрольної групи). При цьому у гемолімфі



відносно незначне (у 2–14 раз щодо контролю) зростання вмісту кадмію виявлено лише при ЛК<sub>25-50</sub>, що свідчить про ефективне вилучення токсичних іонів з гемолімфи гепатопанкреасом. Тому, вміст кадмію у інших тканинах і органах значно менший, ніж у гепатопанкреасі. Так, у мантиї його накопичення за всіх досліджених ЛК переважає значення у особин контрольної групи у 7,8–8,5 разів за ЛК<sub>25</sub> і 11,5–25,3 разів за ЛК<sub>50-75</sub>. У нозі значне накопичення (у 28,5–29,8 разів щодо контролю) виявлено лише за ЛК<sub>75</sub>. У черепашці накопичення кадмію було максимальним при ЛК<sub>50</sub> (10,2–11,9 разів щодо контролю).

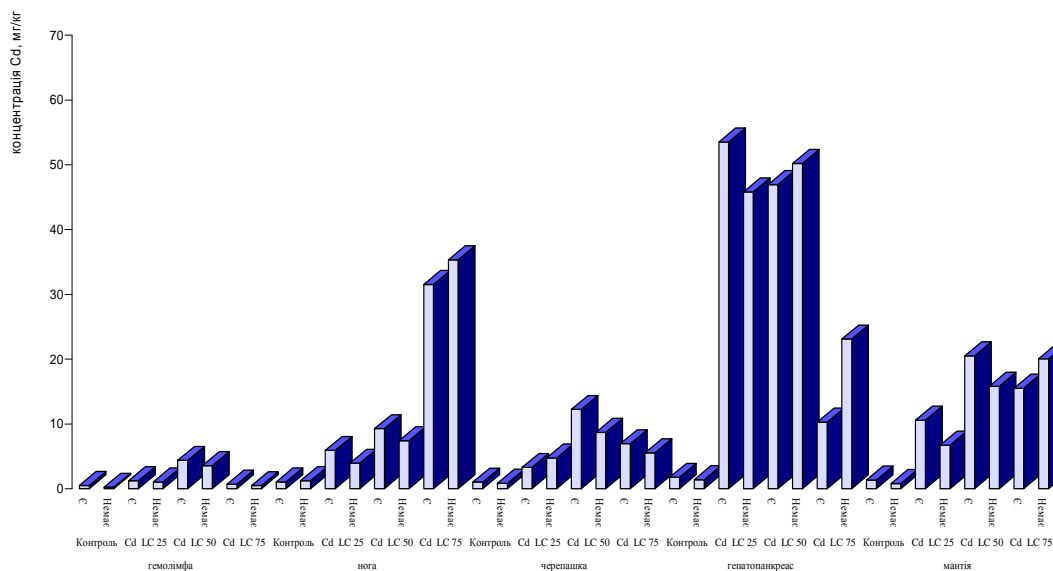


Рис. 2. Вміст кадмію в організмі *Planorbarius purpura* за гостротоксичної дії іонів кадмію на фоні трематодної інвазії (n=5)

Отже, за гострої токсичної дії основним депонуючим органом є гепатопанкреас. В інші органи і тканини потрапляє до 40% накопиченого в організмі металу, надто при ЛК<sub>50-75</sub>. Гемолімфа виконує транспортуючу щодо іонів кадмію функцію. Щодо розподілу кадмію між тканинами і органами залежно від інвазії, то у більшості випадків, крім мантиї, у неінвазованих тварин кадмію накопичується більше, надто при високому його вмісті у водному середовищі.

В цілому за гостротоксичного впливу у молюсків активуються первинні ланки захисту від токсиканту, що формуються в гепатопанкреасі. За хронічної дії іонів кадмію, основну депонуючу і детоксикаційну функції виконує мантия. Певною мірою цей ефект виявляється і в інших органах і тканинах (нога, черепашка). Гемолімфа в обох випадках інтоксикації виконує лише транспортну функцію. Загальною закономірністю реакції молюсків на дію іонів кадмію є його перерозподіл між тканинами та депонування, що властиве для небіогенних важких металів [11].

**Цинк.** *Хронічний вплив* іонів цинку характеризується його найбільшим накопиченням у гепатопанкреасі та мантиї (рис. 3). Так, за 0,5 та 5 ГДК вміст цинку в мантиї молюсків в 3,2 та 3,5 разів відповідно вищий порівняно з контролем у неінвазованих особин. Концентрація токсиканту 2 та 10 ГДК призводить до збільшення його вмісту порівняно з контрольними особинами в 2,5 та 2,0 рази відповідно у неінвазованих тварин та в 2,0 і 1,7 рази відповідно у інвазованих особин. Тобто, як і у випадку з іонами кадмію, спостерігаємо тканинспецифічне та концентраційнозалежне накопичення з зміною механізмів перерозподілу і зв'язування при 2 та 10 ГДК. Третім за важливістю органом щодо акумулювання цинку є нога, в якій накопичення цинку щодо контролю на 15,8–64,4% вище за 0,5 та 5 ГДК, і близьке до контрольних значень за рівня іонів цинку у середовищі 2 ГДК. При концентрації іонів цинку, що відповідає 10 ГДК, спостерігається тенденція до пригнічення акумуляції металу у тварин обох досліджених груп, що виражається в зниженні вмісту цинку в нозі на 21,2–27,6%. Відмітимо, що вміст цинку в нозі в контрольних тварин порівняно з іншими органами і

тканинами у 2,3 рази вищий, ніж в мантиї та у 4,6–10,1 рази вищий, ніж у черепашці та гемолімфі. Значний вміст цинку в нозі, гепатопанкреасі та мантиї контрольних тварин пов'язаний з вищою метаболічною та функціональною активністю цих тканин, які містять цинкзалежні білки, наприклад, фермент енергетичного обміну – цитохромоксидазу. Це підтверджується відносно низьким вмістом в контрольних тварин цинку в черепашці і гемолімфі та незначним його накопиченням в них за зростання ГДК. Наприклад, в черепашці накопичення цинку в 1,4 рази щодо контролю відмічено лише за 2 ГДК іонів металу в середовищі у інвазованих тварин. В гемолімфі особин, що знаходилися в затруєному іонами цинку середовищі, статистично вірогідних відмінностей проти особин контрольної групи щодо накопичення цинку не виявлено. Отже, накопичення цинку як біогенного металу узгоджується з його фізіологічними потребами в організмі водних тварин, високою метаболічною рухливістю, швидким виведенням надлишків з організму [13], у зв'язку з чим депонування цинку в цілому в організмі молюсків не спостерігається.

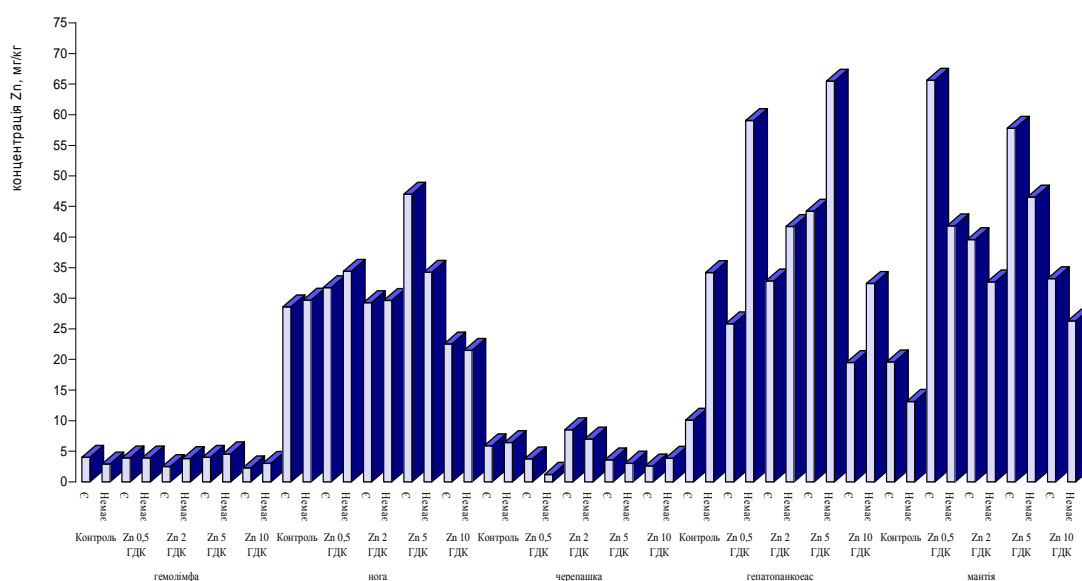


Рис. 3. Вміст цинку в організмі *Planorbis purpurus* за хронічної дії іонів цинку на фоні трематодної інвазії (n=5)

Щодо відмінностей в накопиченні цинку інвазованими і неінвазованими молюсками, то в мантиї, як і у випадку дії іонів кадмію, менше накопичують (на 21–57%) його неінвазовані тварини, а у гепатопанкреасі та, певною мірою, у нозі, навпаки – інвазовані молюски (на 30–70% залежно від концентрації токсиканту в середовищі). У всіх досліджених органах і тканинах максимум накопичення цинку спостерігався при близьких до ГДК концентраціях іонів металу у середовищі, а мінімуми – при переважанні ГДК у 2 та 10 разів, що співвідноситься з аналогічною закономірністю, виявленою для кадмію, і може бути пояснено концентраційночасовими градієнтами формування адаптацій водних тварин до важких металів [2, 9].

В **гострому досліді** максимальна кількість цинку виявлена при ЛК<sub>50</sub> (рис. 4), що можна пояснити зв'язуванням іонів металу цинкзалежними білками, більшість з яких локалізована саме у мантиї [18]. При цьому в гепатопанкреасі та нозі накопичення цинку від ЛК<sub>25</sub> до ЛК<sub>75</sub> зменшується. Та сама тенденція яскраво виражена в черепашці і гемолімфі, хоча валовий вміст цинку в них в 4,5–7,0 разів менший, ніж в нозі та гепатопанкреасі.

Гостротоксичний вплив іонів цинку призводить до його накопичення переважно в мантиї (в 2,4–3,2 рази щодо контролю), що відрізняється від накопичення кадмію, максимальний вміст якого виявлений в гепатопанкреасі.

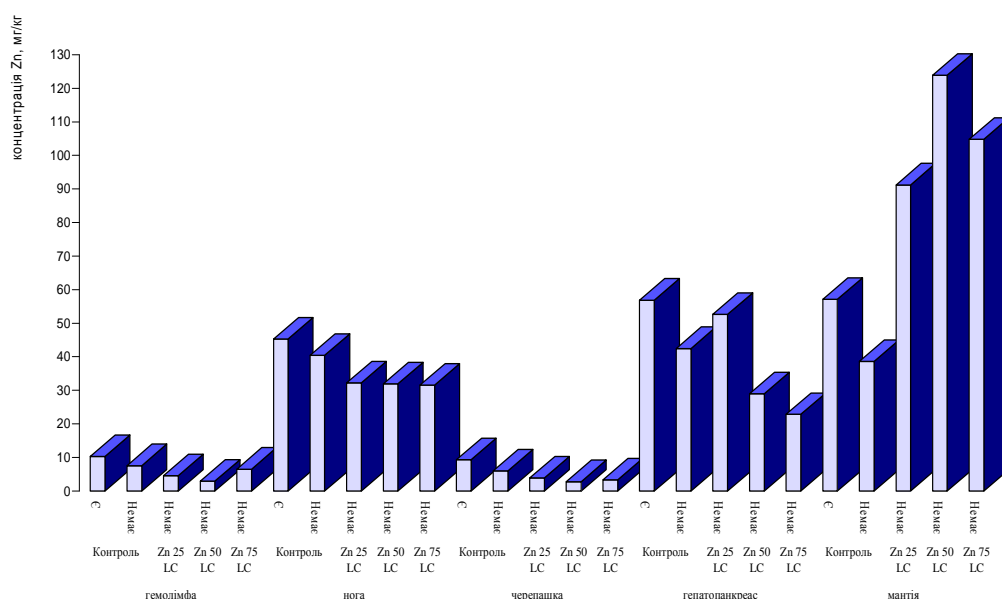


Рис. 4. Вміст цинку в організмі *Planorbis purpura* за гостротоксичної дії іонів цинку на фоні трематодної інвазії (n=7)

Отже, з ростанням значення ЛК мантия є основним акумулюючим цинк органом, що може бути пов'язано з наявністю в ній переважної більшості цинкзв'язуючих металотіонеїнових білків [18]. За гостротоксичного впливу іонів цинку тільки у мантиї спостерігається його концентраційнозалежне накопичення, що також свідчить про особливу функціональну роль цього органу у їх детоксикації. Щодо впливу на зазначенні процеси трематодної інвазії, то в усіх органах і тканинах контрольних тварин вміст цинку менший у неінвазованих особин, що можна пояснити вищим метаболічним статусом їх організму за інвазії [17]. За впливу іонів цинку водного середовища така сама тенденція виявлена у гемолімфі, гепатопанкреасі, нозі та черепащі. Тільки у мантиї, як і у випадку з іонами кадмію, вміст цинку вищий у неінвазованих тварин.

### Висновки

У накопиченні та перерозподілі іонів металів в організмі молюсків провідну роль відіграють окремі органи: для кадмію та цинку за хронічного впливу відзначаємо високу спорідненість до них мантиї; роль гепатопанкреасу за дії обох досліджених металів, ймовірно, пов'язана з первинним їх зв'язуванням специфічними і неспецифічними білками з наступним їх перерозподілом в інші депонуючі органи і тканини; роль гемолімфи полягає у перенесенні та участі в перерозподілі іонів металів між органами і тканинами, у зв'язку з чим в ній відносний вміст металів порівняно з іншими досліджуваними органами і тканинами є найменшим (як правило на порядок і більше).

Трематодна інвазія в усіх органах і тканинах в цілому зменшує накопичення металів, особливо біогенного цинку, що може бути пов'язано з вищою метаболічною активністю організму інвазованих тварин, завдяки чому тканини мають вищу опірність до металів або швидше виводять їх з організму.

1. Алексеев В. А. Основные принципы сравнительно-токсикологического эксперимента / В. А. Алексеев // Гидробиол. журн. –1981. – Т. 17, № 3. – С. 92 – 100.
2. Гандзюра В. П. Концепція шкодочинності в екології / В. П. Гандзюра, В. В. Грубінко. – Київ-Тернопіль : Вид-во ТНПУ ім. В. Гнатюка, 2008. – 144 с.
3. Гусева Т. В. Гидрохимические показатели состояния окружающей среды / Т. В. Гусева, Я. П. Молчанова, Э. А. Заша [и др.]. – М. : Эколайн, 2000. – 127 с.
4. Здун В. І. Личинки трематод в прісноводних молюсках України / В. І. Здун. – Київ: Вид-во АН УРСР, 1961. – 141 с.

5. Курант В. З. Роль білкового обміну в адаптації риб до дії іонів важких металів : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра біол. наук : спец. 03.00.10 "Іхтіологія" / В. З. Курант. – Київ, 2003. – 38 с.
6. Курляндский В. А. Стратегические подходы к обеспечению безопасности производства и использования химических веществ для здоровья человека / В. А. Курляндский // Рос. хим. журн. (Журн. Рос. хим. об-ва им. Д.И. Менделеева). – 2004. – Т. 48, № 2. – С. 8 – 15.
7. Куценко С. А. Основы токсикологии / С. А. Куценко. – С.-Пб., 2002. – 818 с.
8. Лакин Г. Ф. Биометрия / Г. Ф. Лакин. – М.: Высшая школа, 1990. – 351 с.
9. Луцак В. І. Біохімічні механізми адаптації риб до умов водного середовища: аноксія, гіпоксія та фізичне навантаження : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра біол. наук : спец. 03.00.04 "Біохімія" / В. І. Луцак. – Чернівці, 2002. – 37 с.
10. Мецлер Д. Биохимия / Д. Мецлер. – М. : Мир, 1980. – Т. 1. – С. 266 – 267.
11. Мур Дж. Тяжелые металлы в природных водах / Дж. Мур, С. Рамамурти. – М. : Мир, 1987. – 288 с.
12. Никаноров А. М. Биомониторинг тяжелых металлов в пресноводных экосистемах / А. М. Никаноров, А. В. Жулидов, А. Д. Покаржевский. – Л. : Гидрометеоздат, 1985. – 144 с.
13. Ноздрюхина Л. Р. Биологическая роль микроэлементов в организме животных и человека / Л. Р. Ноздрюхина. – М. : Наука, 1977. – 184 с.
14. Оксенгендлер Г. И. Яды и противоядия / Г. И. Оксенгендлер. – Л. : Наука, 1982. – 191 с.
15. Патин С. А. Микроэлементы в морских организмах и экосистемах / С. А. Патин, Н. П. Морозов. – М. : Легкая и пищевая промышленность, 1981. – 152 с.
16. Хоменчук В. О. Біохімічні особливості проникнення і розподілу деяких важких металів в організмі коропа лускатого : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. біол. наук : спец. 03.00.04 "Біохімія" / В. О. Хоменчук. – Львів, 2003. – 19 с.
17. Стадниченко А. П. Lymnaeidae и Acroloxidae Украины: Методы сбора и изучения, биология, экология, полезное и вредное значение : Моногр. / А. П. Стадниченко. – Житомир : Рута, 2006. – 168 с.
18. Столяр О. Б. Роль металогіонеїнів в детоксикації іонів міді, цинку, марганцю та свинцю в організмі прісноводних риб і моллюсків : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра біол. наук : спец. 03.00.04 "Біохімія" / О. Б. Столяр. – Львів, 2004. – 30 с.
19. Durr G. The medial-Golgi Ion Pump Pmr1 Supplies the Yeast Secretory Pathway with  $Ca^{2+}$  and  $Mn^{2+}$  Required for Glycosylation, Sorting, and Endoplasmic Reticulum-Associated Protein Degradation / G. Durr, J. Strayle // Mol. Biol. Cell. – 1998. – Vol. 9. – P. 1149 – 1162.
20. Okorokov L.A.  $H^+$ /ion antiport as the principal mechanism of transport systems in the vacuolar membrane of the yeast *Saccharomyces carlsbergensis* / L. A. Okorokov, T. V. Kulakovskaya, L. P. Lichko, E.V. Polorotova // FEBS Lett. – 1985. – Vol. 192, № 2. – P. 303 – 306.
21. Paidhungat M. Cdc1 and the vacuole coordinately regulate  $Mn^{2+}$  homeostasis in the yeast *Saccharomyces cerevisiae* / M. Paidhungat, S. Garrett // Genetics. – 1998. – Vol. 148. – P. 1787 – 1798.

Г.С. Киричук

Житомирский государственный университет им. Ивана Франко, Украина

#### НАКОПЛЕНИЕ КАДМИЯ И ЦИНКА В ОРГАНИЗМЕ *PLANORBARIUS PURPURA* НА ФОНЕ ТРЕМАТОДНОЙ ИНВАЗИИ

Исследовали накопление кадмия и цинка у пресноводного моллюска *Planorbarius purpura* в экспериментальных условиях при остротоксичном влиянии ионов металлов в водной среде ( $Lc_{25}^{48}$ ,  $Lc_{50}^{48}$ ,  $Lc_{75}^{48}$ ) и их хроническом воздействии (0,5 ПДК<sub>рыб.-хоз.</sub>; 2; 5 и 10 ПДК<sub>рыб.-хоз.</sub>) в норме и при заражении моллюсков трематодами. Накопление металлов тканеспецифично, а его уровень объясняется сродством к металлам неспецифических и специфических метаболитов клеток тканей и органов, их метаболической активностью и физиологической потребностью в этих металлах организма моллюсков.

Ключевые слова: ионы кадмия и цинка, пресноводные моллюски, накопление, инвазия трематодами

G.E. Kirichuk

Zhitomir state university the name of Ivan Franco, Ukraine

#### ACCUMULATION OF CADMIUM AND ZINC IN ORGANISM OF *PLANORBARIUS PURPURA* ON BACKGROUND OF TREMATODS INVASION

Investigated the accumulation of cadmium and zinc for freshwater mollusc *Planorbarius purpura* in experimental terms at influence of ions of metals  $Lc_{25}^{48}$ ,  $Lc_{50}^{48}$ ,  $Lc_{75}^{48}$  and their chronic influence

MPC(maximum-possible concentration) 0,5; 2; 5 and 10 in a norm and at the infection of mollusc of trematods. Accumulation of metals tissue-specific and his level is explained by affinity to the metals of nonspecific and specific metabolites cages of fabrics and organs, their metabolic activity and physiology requirement in these metals of organism of mollusc.

*Key words: ions of cadmium and zinc, freshwater mollusc, accumulation, trematods*

Рекомендує до друку  
В.З. Курант

Надійшла 16.09.2010

УДК 57.081:591.524.12

В.В. КОМАРОВА<sup>1</sup>, Б.Г. АЛЕКСАНДРОВ<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Одесский национальный университет им. И.И. Мечникова  
Шампанский пер., 2, Одесса, 65058

<sup>2</sup>Одесский филиал Института биологии южных морей им. А.О. Ковалевского НАН Украины  
ул. Пушкинская, 37, Одесса, 65125

## **ИДЕНТИФИКАЦИЯ ЖИВЫХ И МЕРТВЫХ ГИДРОБИОНТОВ ЗООНЕЙСТОНА**

Подтверждено целесообразность использования метода окрашивания анилиновым голубым для дифференциации живых и мертвых организмов в воде разной солености. Представлены результаты диагностики умерщвленных особей зоопланктона от времени наступления их смерти.

*Ключевые слова: зоопланктон, пресные воды, море, окрашивание, диагностика, мертвые особи*

При изучении зоонейстона, образующего скопления в приповерхностном слое водоемов, подчеркивается необходимость идентификации живых и мертвых особей. В начальный период разложения умерших животных их удельный вес, как правило, уменьшается и они всплывают к поверхностной пленке воды, что может исказить реальную картину распределения живых организмов в ее толще[4]. По доле мёртвых особей можно судить о динамике смертности и определяющих её факторах [5]. Известно несколько способов диагностики живого и мертвого зоопланктона методом окрашивания в пресных [2] и морских водах [1]. При изучении зоонейстона лиманов северо-западного Причерноморья, характеризующихся широким диапазоном минерализации воды [6], возникла необходимость определить метод, позволяющий одинаково успешно, дифференцировать живых и мёртвых особей планктонных беспозвоночных независимо от солёности. Для решения данного вопроса был использован метод окрашивания зоопланктона анилиновым голубым [2, 7].

Цель работы – определить эффективность окрашивания мертвых особей зоопланктона с разным сроком экспозиции после наступления смерти, по сравнению с живыми особями, в воде разной солености.

### **Материал и методы исследований**

Материалом для эксперимента послужили организмы зоопланктона, собранные в пресных прудах Одесской области при солёности 0,5 ‰, а также в прибрежной зоне Одесского залива (S=10,6‰). Собранных животных делили на две равновеликие подпробы. Одну из них оставляли для контроля численности живых особей, в другой животных умерщвляли 4% формалином, после чего промывали той же водой, в которой собирали зоопланктон. Общая продолжительность фиксации формалином – 1 час. Экспозицию всех проб (с живыми и умерщвленными особями) проводили в холодильнике при T=+2°C. Окрашивание зоопланктона осуществляли анилиновым голубым [3] по усовершенствованной методике в специальном

приспособлении – стейнере [2]. При этом окрашивание умерщвленных особей осуществляли для трех вариантов их хранения в нативной воде: 1 час, 1-и сутки, 3-е суток. В качестве контроля производилась окраска не фиксированных формалином живых организмов. Все варианты окрашивания живых и мертвых особей зоопланктона осуществляли в трех повторах.

В качестве красителя применялся свежеразведённый анилиновый голубой в концентрации 7.5 г/100 мл дистиллированной воды; время окрашивания – 15 мин. Все окрашенные и просмотренные пробы фиксировались 10% формалином и хранились в холодильнике для анализа последующих изменений.

**Результаты исследований и их обсуждение**

Анализ окрашивания зоопланктона был проведен на 10 представителях трех классов водных беспозвоночных (табл. 1): Rotatoria, Polychaeta (larvae) и Crustacea (Cladocera, Copepoda, Cirripedia). При окрашивании разных групп организмов обнаружено, что независимо от того к какой из них они относятся, процесс окрашивания протекает одинаково. Окрашивание особей имеющих разную продолжительность постмортального периода (продолжительности хранения в нативной воде после умерщвления) показало, что независимо от солености воды максимально интенсивно окрашивались особи, смерть которых наступила сутки назад, более слабо – трое суток. Различий между живыми особями и умерщвленными за час до этого практически не установлено.

У мертвых особей происходит практически полное окрашивание внутренних органов и тканей в ярко синий цвет, экзоскелет при этом окрашивается очень слабо. При окрашивании беспозвоночных, погибших трое суток назад, экзоскелет приобретал слабо голубое свечение. При рассмотрении трупов дафний их глаз на протяжении всего эксперимента оставался целым. Яйца в выводковой сумке дафний при экспозиции в одни сутки оказывались неокрашенными, через трое суток – приобретали голубоватую окраску. Интенсивность окрашивания морских организмов проявлялась несколько слабее, чем пресноводных. По всей видимости, солёность воды влияет на проникновение красителя в тело погибших особей и процесс окрашивания организмов. Зарегистрированное близкое количество (10%) ярко окрашенных особей ветвистоусых раков Cladocera (табл.) – наиболее массовых представителей исследованных пресноводных водоемов, в пробах с часовой экспозицией после умерщвления животных – свидетельствует о присутствии в пробах мертвых особей, погибших до фиксации проб формалином.

Таблица

Относительное количество мёртвых (окрашенных) особей зоопланктона в фиксированных (Ф) и нефиксированных (Н) формалином пробах при разном сроке их экспозиции\*

Таксон	1 час		1 сутки		3 суток	
	Ф	Н	Ф	Н	Ф	Н
Пресноводные водоемы (S=0,5 ‰)						
Cladocera ( <i>Daphnia</i> sp.)	10	11	94	24	97	88
Copepoda ( <i>Cyclops</i> sp.)	37	25	75	67	64	57
Прибрежная зона моря (S= 10,6 ‰)						
Cladocera ( <i>Pleopsis polyphemoides</i> )	33	40	83	75	65	57
Copepoda ( <i>Acartia</i> sp., <i>Eurytemora</i> sp.)	25	20	75	50	75	75
Copepoda (Cyclopoida)	35	50	100	50	67	50
Copepoda (Harpacticoida)	35	20	100	67	80	75
Rotatoria ( <i>Synchaeta baltica</i> )	33	50	100	75	50	50
Polychaeta (larvae)	25	33	100	60	67	67
<i>Balanus improvisus</i> (nauplii)	29	33	100	75	87	50
<b>Среднее содержание мертвых (окрашенных) особей</b>	<b>25</b>	<b>25</b>	<b>91</b>	<b>54</b>	<b>70</b>	<b>61</b>
	± 3	± 5	± 4	± 6	± 5	± 5

Примечание. \*Варианты экспозиции проб нефиксированных и зафиксированных 4% раствором формалина до их обработки: 1 час, 1 сутки, 3 суток. Цифрами обозначена процентная доля окрашенных (мёртвых) особей во всех анализируемых пробах.

В дальньому, при суточній і трьохсуточній експозиції, доля умерших (окрашених) *Cladocera* складала 94 % і 97% відповідно.

### Висновки

Мертві особини всіх виявлених таксономічних груп беспозвоночних прісних і морських вод добре фарбувалися, т.е. диференціація живих особин успішно проведена при різній солоності і метод, апробований для прісноводних організмів, може бути застосований і при вивченні морського зоопланктону.

Застосовуючи даний метод, особе уваження слід звертати на фарбування внутрішніх органів беспозвоночних, так як во всіх випадках вони фарбувалися інтенсивніше, ніж екзоскелет. Степень фарбування прісноводних і морських видів однакова, т.е. солоність води надає слабе вплив на даний процес.

Метод дозволяє достатньо точно діагностувати мертві особини в пробах зоопланктону і дає можливість вказати момент загибелі досліджуваних організмів. При довготривалості постмортального періоду в один годину – особини не фарбувалися. О данному факті свідчать близькі результати реєстрації окрашених (мертвих) особин різних таксонів в фіксованих і нефіксованих пробах з годинною експозицією, відповідно 10-37% і 11-50%. По всій видимості в пробах спостерігалося фарбування раніше умерших беспозвоночних. Максимально інтенсивно фарбувалися особини, умерщвлені формаліном за добу до додавання анілінового голубого. Тоді ж виявлялася максимальна частка мертвих особин (91±4%). Відсоток вмісту мертвих (окрашених) особин після трьохсуточної експозиції кілька зменшилося (70±5 %), а інтенсивність їх фарбування ослабла. Характерною особливістю при проведенні експерименту було збільшення смертності тварин за час їх зберігання в контролі (нефіксовані проби). Так, частка окрашених (мертвих) особин при трьохсуточній експозиції збільшилася порівняно з суточною, досягнувши величин 61±5 % і 54±6 % відповідно (табл. 1).

В процесі часу фарбування мертвих особин, зафіксованих формаліном, кілька зменшується, що, однак, не заважає їх легко відрізняти від живих.

Для діагностики хронології ранньої загибелі зоопланктону перспективним вважається встановлення більш чітких часових меж фарбування особин, загиблих в процесі доби.

1. *Александров Б. Г.* Методика диференційованого обліку живих і мертвих організмів морського зоопланктону при допомозі флуоресцентної мікроскопії / Б. Г. Александров, О. А. Аблов // *Екологія моря.* – 1991. – № 37. – С. 89 – 94.
2. *Гладышев М. И.* Устрій для фарбування організмів зоопланктону з метою диференціації живих і мертвих особин в фіксованих пробах / М. И. Гладышев // *Гидробиол. журн.* – 1993. – Т. 29, №2. – С. 94 – 97.
3. *Дубовская О. П.* Оцінка кількості мертвих особин рачкового зоопланктону в водоемі з допомогою фарбування проб аніліновим голубим: методическі аспекти застосування / О. П. Дубовская // *Journal of Siberian Federal University. Biology.* – 2008. – С. 145 – 161.
4. *Зайцев Ю. П.* Морська нейстонологія / Ю. П. Зайцев. – Київ: Наукова думка, 1970. – 264 с.
5. *Коваль Л. Г.* Зоо- і некрозоопланктон Чорного моря / Л. Г. Коваль. – Київ: Наукова думка. – 1984. – 127с.
6. *Северо-западная часть Чёрного моря: биология и экология* // [под ред. Ю. П. Зайцева, Б. Г. Александрова, Г. Г. Миничевой]. – Київ: Наукова думка. – 2006. – 703 с.
7. *Seepersad B.* Use of aniline blue for distinguishing between live and dead freshwater zooplankton / B. Seepersad, R. W. Grippen // *J. Fish. Res. Board Canada.* – 1978. – Vol. 35, № 10. – P. 1363 – 1366.

*В.В. Комарова, Б.Г. Александров*

Одеський національний університет ім. І.І. Мечникова, Україна

Одеська філія Інституту біології південних морів ім. А.О. Ковалевського НАН України

### ІДЕНТИФІКАЦІЯ ЖИВИХ І МЕРТВИХ ГІДРОБІОНТІВ ЗООНЕЙСТОНА

Підтверджено доцільність використання методу фарбування аніліновим для диференціації живих і мертвих організмів у воді різної солоності. Представлені результати діагностики загиблих особин зоопланктону, залежно від часу настання їх смерті.

*Ключові слова:* зоопланктон, прісні води, море, фарбування, діагностика, мертві особини

*V.V.Komarov, B.G. Alexandrov*

Odessa National University named after I. I. Mechnikov, Ukraine

Odessa Branch of O.O. Kovalevsky Institute of Biology of Southern Seas, National Academy of Sciences of Ukraine

#### IDENTIFICATION OF LIVE AND DEAD AQUATIC ORGANISMS OF ZOONEUSTON

The staining method with the aniline blue can be used for differentiation of live and dead organisms in water of different salinity was confirmed. It is presented results of diagnostics of the dead individuals of zooplankton depending on time of approach of their death.

*Key words: a zooplankton, freshwaters, the sea, staining, diagnostics, dead individuals*

Рекомендує до друку

Надійшла 16.09.2010

В.В. Грубінко

УДК 593.175:627.88(477.42)

Л.А. КОНСТАНТИНЕНКО

Житомирський державний університет ім. Івана Франка

вул. В. Бердичівська, 42, Житомир, 10002

### **ЗАЛЕЖНІСТЬ ІНТЕНСИВНОСТІ ЖИВЛЕННЯ ПЕРІТРИХ (ЦИЛІОФНОРА, PERITRICHIA) ВІД ГІДРОХІМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ АКТИВНОГО МУЛУ**

---

Досліджено залежність інтенсивності живлення перітрих від значень гідрохімічних показників активного мулу. При порушенні технологічного режиму очистки стічних вод відмічено зниження інтенсивності живлення перітрих.

*Ключові слова: перітрихи, інтенсивність живлення, квадрат числа травних вакуоль, активний мул*

Перітрихи є одними з компонентів біоценозу активного мулу (АМ), які живляться бактеріями мулу, особливо вільними, не об'єднаними в платівки дрібними джгутиковими, таким чином регулюючи їх чисельність [4] та освітлюючи очищену воду [8]. Для живлення інфузорій властива певна ритмічність: у сприятливих умовах середовища існування інтенсивність живлення є максимальною, а при несприятливих – протисти перестають жити [1, 5]. Дослідження залежності інтенсивності живлення циліат від певних факторів в основному здійснювали в лабораторних умовах [1, 5, 7]. В літературі відсутні дані про те, як змінюється інтенсивність живлення перітрих при зміні режиму роботи очисних споруд та гідрохімічних показників.

Метою роботи було визначення залежності інтенсивності живлення перітрих від значень гідрохімічних показників АМ.

#### **Матеріал і методи досліджень**

Проби відбирали в аеротенках очисних споруд м. Житомира, на яких проходить очищення переважно побутових стічних вод. АМ зачерпували ковшом з глибини 0,5–1 м і відразу доставляли до лабораторії у відкритій скляній посудині. Перітрих вивчали в живому стані за допомогою мікроскопа МБР-3 при збільшенні 150–600 разів. В лабораторії АМ постійно аерували, розливали в чашки Петрі (діаметр 3,5 см) по 2,5 мл. По черзі в чашки з мулом додавали по 0,01 мл рідкої чорної туші «Гамма» (Москва, Росія) і через 10 хв експозиції підраховували кількість травних вакуоль, що містять часточки туші.



Дослідження інтенсивності живлення перітрих здійснювали, використовуючи значення квадрату числа травних вакуоль (КЧВ), запропонованим О. І. Раїлкіним [6]. Цей показник може використовуватись і для перітрих [3, 9].

Залежність інтенсивності живлення від режиму роботи та значень гідрохімічних показників АМ очисних споруд досліджували у п'яти видів: *Vorticella convallaria*, *V. microstoma*, *V. striata*, *Epistylis plicatilis* та *Opercularia articulata*.

Статистичну обробку даних здійснювали в базовій статистиці комп'ютерної програми STATISTICA 6.0.

### Результати дослідження і їх обговорення

На відміну від розмірних характеристик, оцінка значення показника КЧВ показала дуже суттєве (в кілька разів) зменшення інтенсивності живлення перітрих при переході з нормального режиму роботи очисних споруд до порушення технологічного режиму очистки, яке було зумовлене недостатнім відкачуванням сирого осаду з первинних відстійників. Так, для *V. striata* (рис. 1a) відмічене суттєве зменшення інтенсивності живлення: КЧВ при нормальному режимі роботи становив  $38,47 \pm 13,03$  і  $7,00 \pm 5,26$  при порушенні режиму.

У *V. microstoma* (рис. 1b) цей показник був  $27,65 \pm 33,63$  при роботі очисних споруд без порушень і  $4,94 \pm 5,37$  при інтоксикації із первинних відстійників.

При нормальній роботі очисних споруд КЧВ у *V. convallaria* (рис. 1c) становив  $20,30 \pm 13,99$ , у *O. articulata* –  $115,05 \pm 104,83$  (рис. 1d), а у *E. plicatilis* –  $213,71 \pm 105,62$  (рис. 1e), тоді як при порушенні цей показник зменшився до  $5,00 \pm 5,55$  (рис. 1c),  $6,06 \pm 10,73$  (рис. 1d) та  $21,89 \pm 14,80$  (рис. 1e) відповідно.

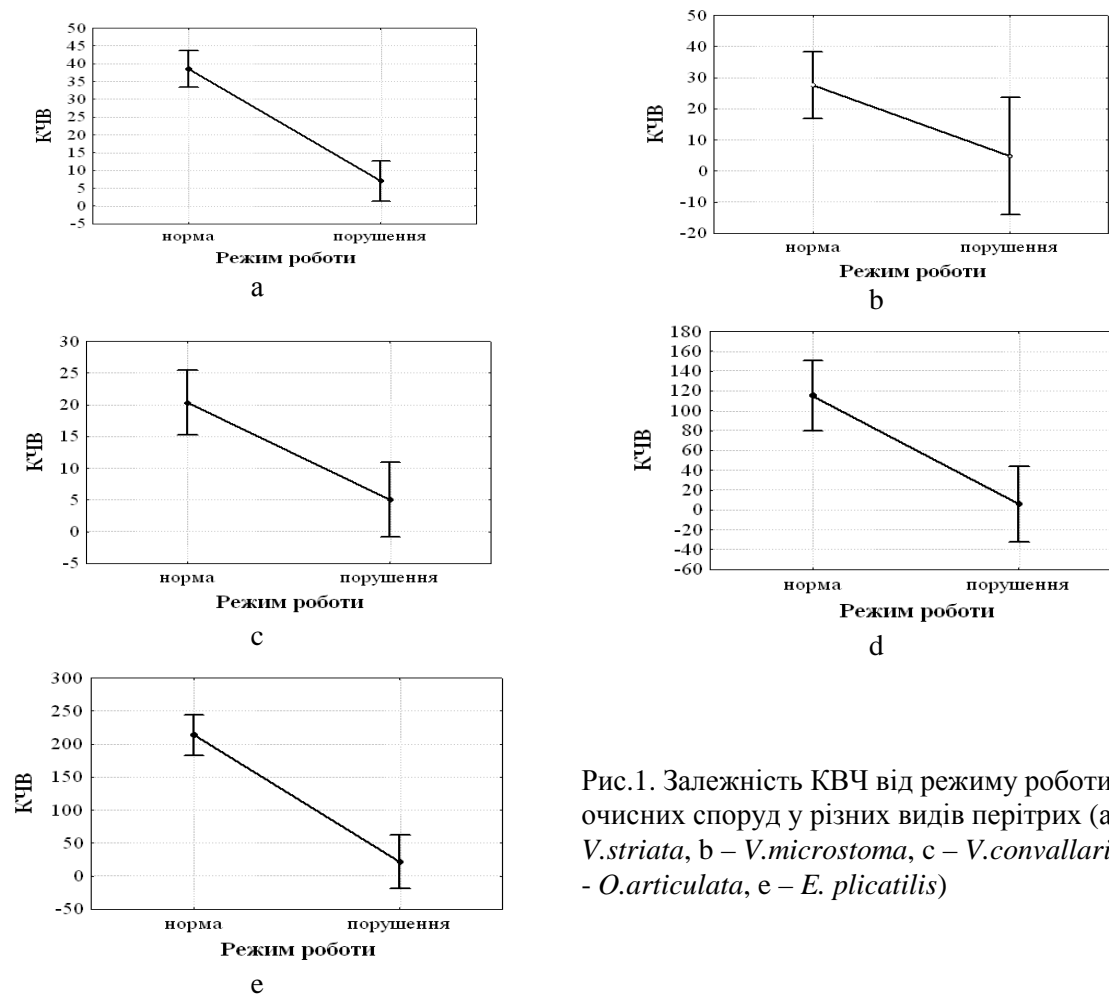


Рис.1. Залежність КВЧ від режиму роботи очисних споруд у різних видів перітрих (а – *V.striata*, б – *V.microstoma*, в – *V.convallaria*, д – *O.articulata*, е – *E. plicatilis*)

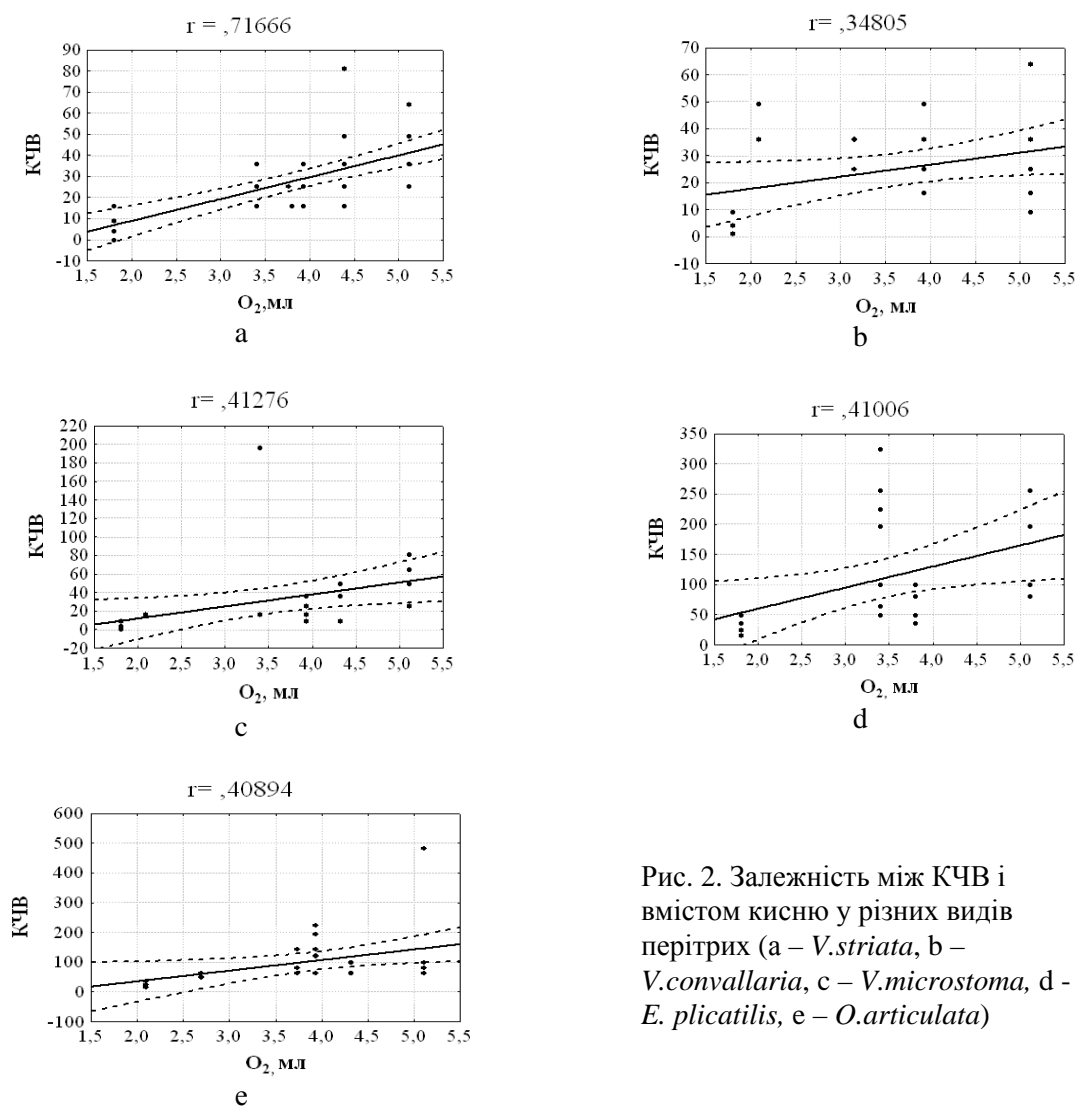


Рис. 2. Залежність між КЧВ і вмістом кисню у різних видів перітрих (а – *V.striata*, б – *V.convallaria*, с – *V.microstoma*, д – *E.plicatilis*, е – *O.articulata*)

Виявлена тенденція може бути викликана порушенням технологічного режиму очистки, у результаті чого відбувається інтоксикація гідробіонтів, включно перітрих, речовинами, що утворюються в первинних відстійниках внаслідок загнивання сирого осаду [2]. В таких умовах активність перітрих знижена, війки працюють слабо, перистими часто втягуються і, як наслідок, відбувається зниження інтенсивності живлення, що відображається на кількості травних вакуоль і відповідно на КЧВ.

Також при зміні режиму очистки суттєво змінюються значення основних гідрохімічних показників, як от: вміст розчиненого кисню, активна реакція середовища і навантаження, які впливають і на харчову активність інфузорій [1, 2].

Отримані нами оцінки кореляції між КЧВ і вмістом кисню у всіх досліджених видів наведені на рис. 2. Найбільш висока тіснота зв'язку між КЧВ і вмістом кисню відмічена для *V. striata* ( $r=0,72$ ). На рис. 3 наведені результати кореляційного аналізу зв'язку між КЧВ і значенням мулового індексу, а між КЧВ і рН – на рис.4. Кореляція найбільшого значення ( $r=-0,73$ ) була відмічена між інтенсивністю живлення *E. plicatilis* та муловим індексом.

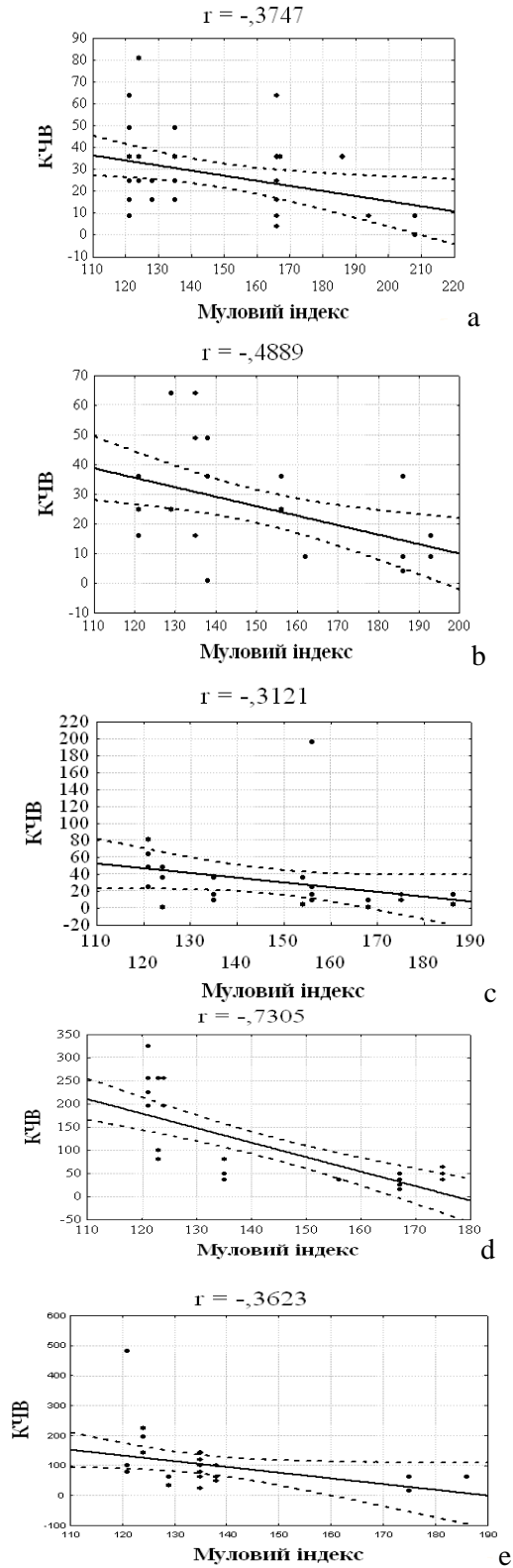


Рис. 3. Залежність між КЧВ і муловим індексом у різних видів перітрих (а-*V. striata*, б – *V. convallaria*, с – *V. microstoma*, d - *E. plicatilis*, е – *O. articulata*)

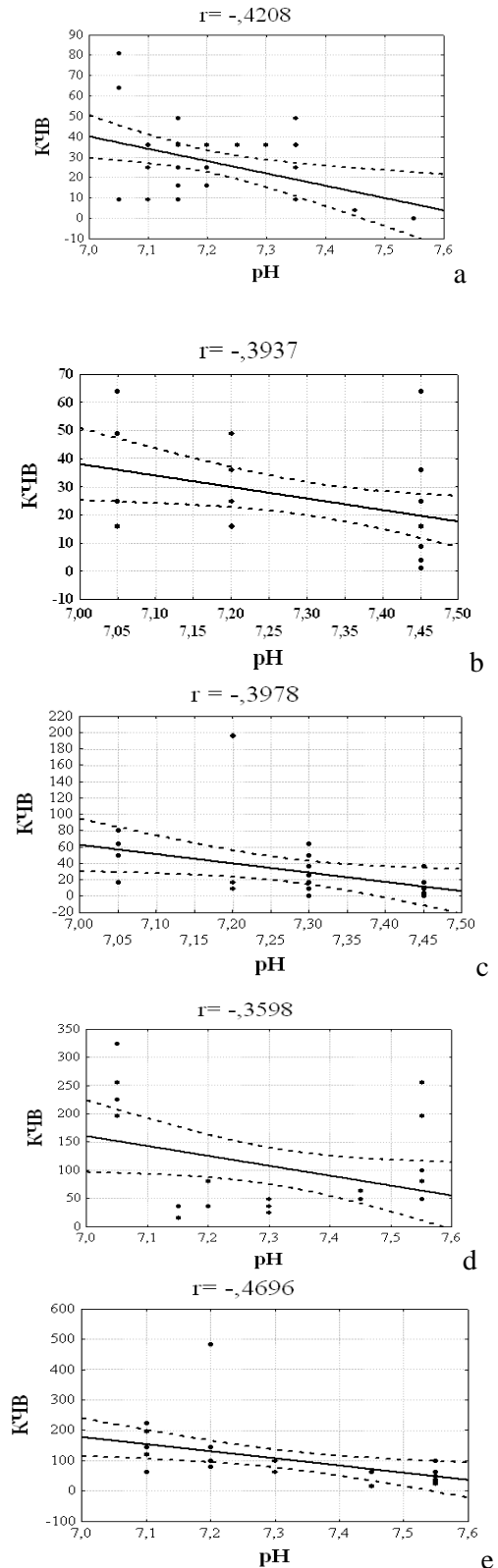


Рис. 4. Залежність між КЧВ і рН у різних видів перітрих (а - *V. striata*, б – *V. convallaria*, с – *V. microstoma*, d - *E. plicatilis*, е – *O. articulata*)

При перевантаженні АМ, як свідчить кореляція між КЧВ і муловим індексом, інтенсивність живлення знижується. Проте ця залежність у різних видів виявляється по-різному. Так, для *V. microstoma*, *O. articulata*, *V. striata*, *V. convallaria* кореляція низька, тому що ці види є менш вимогливими до зміни навантаження та здатні пристосовуватись до перевантаження.

*V. microstoma* і *O. articulata* є слабкими індикаторами перевантаження мулу, бо згідно результатів наших досліджень, за цих умов види можуть масово розвиватись і залишатись активними. *V. striata*, *V. convallaria* при перевантаженні можуть зустрічатись в мулі поодинокі, однак також здатні в тій чи іншій мірі пристосовуватись до перевантаження. Проте *E. plicatilis*, який демонструє високу негативну кореляцію між КЧВ і муловим індексом ( $r=-0,73$ ), є значно чутливішим до зміни навантаження і при перевантаженні швидко реагує на нього зниженням інтенсивності живлення.

Метальников С.І. [5] помітив, що слабкокисло середовище підвищує інтенсивність живлення у парамецій, тоді як слаболужне, навпаки, знижує її. Подібна картина спостерігалась і у круговічастих інфузорій АМ (рис.4).

### Висновки

При порушенні технологічного режиму очистки стічних вод відмічено зниження інтенсивності живлення перітрих. Для всіх досліджених видів перітрих встановлена позитивна кореляція між значеннями КЧВ і концентрацією розчиненого кисню. Найбільший зв'язок між КЧВ і вмістом кисню відмічений для *V. striata* ( $r=0,72$ ).

Між значеннями КЧВ і муловим індексом (відповідно, навантаженням на мул), та між КЧВ і активною реакцією (рН) АМ для всіх досліджених видів перітрих встановлена негативна кореляція. Суттєва негативна кореляція ( $r=-0,73$ ) відмічена між інтенсивністю живлення *E. plicatilis* та муловим індексом.

1. Бурковский И. В. Экология свободноживущих инфузорий / И. В. Бурковский // М.: Изд-во МГУ, 1984. – 208 с.
2. Жмур Н. С. Управление процессом и контроль результата очистки сточных вод на сооружениях с аэротенками / Н. С. Жмур. – М.: Луч, 1997. – 172 с.
3. Константиненко Л. А. Новый показатель интенсивности питания перитрих (Ciliophora, Peritrichia) в условиях очистных сооружений / Л. А. Константиненко, И. В. Довгаль // Вестн. зоологии. – 2007. – Т. 41, № 6. – С. 437–443.
4. Мамаева Н. В. Фауна организмов активного ила / Н. В. Мамаева // Биология внутренних вод: информ. бюл.– Л.: Наука, 1970. – № 8.–С. 38 – 39.
5. Метальников С. И. К физиологии внутриклеточного пищеварения у простейших / С. И. Метальников // Изв. С-Пб. Биол. Лаб. – 1911. – Т. 11, № 4. – С. 3 – 121.
6. Раилкин А. И. Квадрат числа пищевых вакуолей как новый показатель интенсивности фагоцитоза инфузорий-седиментаторов / А. И. Раилкин // Цитология. – 1982. – Т. 24, № 10. – С. 1241–1244.
7. Шубернецкий И. В. Количественные данные по питанию потребляющих бактерий инфузорий *Vorticella convallaria* и *Carchesium polyinum* / И. В. Шубернецкий, Т. Д. Кривенцова // Гидробиологические исследования водоемов Украины.– К., 1976. – С. 95 – 96.
8. Foissner W. Microorganismen in extremen Lebensräumen / W. Foissner // Protozoen im Belebtschlamm. – 1991. – Vol. 21. –P. 326 – 328.
9. Konstantynenko L. A. The nutrition rates in peritrichous ciliates (Ciliophora, Peritrichia) under conditions of the treatment facilities of Zhytomir (Ukraine)/ L. A. Konstantynenko, I. V. Dovgal // Natura Montenegrina. – 2009. – Vol. 8 (2). – P. 51 – 61.

*Л. А. Константиненко*

Житомирский государственный университет им. Ивана Франко, Украина

**ЗАВИСИМОСТЬ ИНТЕНСИВНОСТИ ПИТАНИЯ ПЕРИТРИХ (CILIOPHORA, PERITRICHIA) ОТ ГИДРОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ АКТИВНОГО ИЛА**

Исследована зависимость интенсивности питания перитрих от значений гидрохимических показателей активного ила. При нарушении технологического режима очистки сточных вод отмечено снижение интенсивности питания перитрих.

*Ключевые слова: перитрихи, интенсивность питания, квадрат числа пищевых вакуоль, активный ил*

*L. A. Konstantinenko*

Zhytomyr Ivan Franko State University, Ukraine

**THE DEPENDENCE OF INTENSITY NUTRITION OF PERITRICHIA (CILIOPHORA, PERITRICHIA) OF THE HYDROCHEMICAL PARAMETERS OF THE ACTIVATED SLUDGE**

Relation between the intensity nutrition of peritricha and the activated sludge condition was investigated. It was noticed that at disturbance of the technological mode of waste water purification decrease the intensity of a peritricha nutrition.

*Key words: peritricha, intensity nutrition, square of food vacuoles, activated sludge*

Рекомендує до друку

Надійшла 16.09.2010

В.В. Грубінко

УДК 597.552.51

**А.И. МАНУХОВ**

Федеральное государственное унитарное предприятие «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии» (ФГУП «ВНИРО») ул. Верхняя Красносельская, 17, Москва, 107140, Россия

**ОЦЕНКА КАЧЕСТВА МОЛОДИ НЕРКИ (ONCORHYNCHUS NERKA), ПОЛУЧЕННОЙ ОТ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ ДВУХ РАЗМЕРНЫХ КЛАССОВ**

---

Осуществлена оценка качества молоди *Oncorhynchus nerka*. Молодь нерки, полученная от крупных производителей с половыми продуктами более высокого качества, быстрее растёт и к моменту выпуска с завода является полноценными смолтами, готовыми к переходу в морскую среду обитания.

*Ключевые слова: нерка, искусственное воспроизводство, смолтификация, селекция*

На Камчатке реофильная нерка искусственно воспроизводится в бассейне р. Большой на двух рыбодных заводах – Малкинский и Озерки. Малкинский ЛРЗ относится к заводам с тепловодным типом разведения (6,9-7,1°C в период инкубации, 5,6-10,3°C при подрачивании), выпуск молоди нерки осуществляется сеголетками в начале мая при массе 5,0-6,0 г.

В 2009 г. на Малкинском ЛРЗ при закладке икры был проведен эксперимент по скрещиванию мелких самок с мелкими самцами нерки и крупных самок с крупными самцами для выявления особенностей органогенеза зародышей нерки в период закладки морфобиологических характеристик у потомства от крупных и мелких особей.

В статье приведены данные о результатах этого эксперимента.

### Материал и методы исследований

За основу была взята схема диаллельного скрещивания, рекомендуемая В.С. Кирпичниковым [2]. В 2010 г. в начале апреля и начале мая перед выпуском было проведено сравнение потомства от двух экспериментальных групп производителей нерки по внешнеморфологическим признакам, а также по степени готовности к переходу в морскую среду обитания. Для оценки степени смолтификации были проведены солёностные тесты (суточный 40‰-ный, суточный 30‰-ный на потерю массы и трёхсуточный 30‰-ный).

Одним из наиболее легких методов оценки подготовленности молоди к морской миграции является так называемый "солёностный тест", предложенный Кларком и Блэкбурном [5]. Критерием готовности молоди к переходу в морскую воду (смолтификация) является выживаемость более 50% особей после перевода молоди в 40‰-ную морскую воду. Для экспериментов используется искусственная сбалансированная морская соль, специально применяемая для приготовления искусственной воды для морских аквариумов. После растворения соли приготовленную морскую воду выдерживают с аэрацией в течение 24 ч.

Для измерения потерь массы проводились эксперименты по выдерживанию заводской молоди нерки в воде солёностью 30‰ в течение суток, а также сажались контрольные группы молоди на сутки в пресную воду.

Для того, чтобы посмотреть динамику гематологических показателей крови в условиях, приближенных к реальным, в которые попадает молодь нерки при покатной миграции, проводились трехсуточные эксперименты с пересадкой сеголеток в емкости с морской водой солёностью 30‰. Также ставили контрольные эксперименты в пресной воде. Кровь брали из хвостовых сосудов, для чего отрезали бритвенным лезвием хвост у рыбы и набирали кровь поочерёдно для каждого анализа. Придерживались следующей последовательности взятия крови на анализ: на осмолярность; на содержание глюкозы; на содержание гемоглобина; на гематокрит; мазок крови.

Гемоглобин измерялся гемиглобинцианидным методом. При этом в пробирку с 5 мл трансформирующего раствора (использовали набор «Диагем Т» производства фирмы «Ренам» и дистиллированную воду) вносили 20 мкл крови, набранной пипеткой Сали, тщательно перемешивали и оставляли на выдерживание. По истечении 30 мин., когда произошло преобразование всего гемоглобина в конечный продукт реакции – цианметгемоглобин, содержимое пробирки переливали в оптическую кювету и фотометрировали на миниглобинометре «МиниГем 540».

Концентрация глюкозы в крови измерялась с помощью глюкометра Contour TS. Прибор позволяет провести анализ с использованием очень маленькой капли крови объемом всего 0,6 микролитра, что в случае с молодью рыб очень важно.

Величину гематокрита рассчитывали после центрифугирования в центрифуге CM-70 (5 мин./7000 об./мин.) крови в капилляре по соотношению длины капилляра, занимаемого клетками красной крови, к общей длине, занимаемой всей кровью (%).

Для измерения осмолярности жидкостей тела использовали осмометр Varro, работающий по принципу определения давления пара гигрометрическим методом. Проведено сравнение данных по осмолярности плазмы крови и цельной крови у рыб. Показано, что отличия в показаниях осмолярности цельной крови и плазмы незначительны (до 5%), что дает право пользоваться преимуществом осмометра Varro, беря для анализа цельную кровь.

### Результаты исследований и их обсуждение

Данные по мелким и крупным производителям нерки, использованным в эксперименте, представлены в таблицах 1 и 2.

Таблиця 1

Внешнеморфологические характеристики и характеристики половых продуктов самцов из эксперимента

Размеры рыб	Длина по Смитту, см	Масса, г	Возраст	Общее время движения сперматозоидов, сек.
мелкие самцы	57,0±2,2	2,07±0,19	0,2	12,46±1,85
крупные самцы	65,9±1,8	3,41±0,24	0,3	17,59±0,95

Таблиця 2

Внешнеморфологические характеристики и характеристики половых продуктов самок из эксперимента

Размеры рыб	длина по Смитту, см	масса, г	Возраст	диаметр икринки, мм	Масса икринки, мг
мелкие самки	51,7±0,5	1,82±0,03	0,2	11,10±0,07	96,8±2,0
крупные самки	62,7±0,6	2,80±0,06	0,3	12,80±0,80	122,5±0,9

Обнаружено, что у крупных самцов нерки общее время движения сперматозоидов достоверно выше, чем у мелких, а у крупных самок – более крупная и однородная икра, чем у мелких. Это свидетельствует о более высоком качестве половых продуктов крупных производителей.

Судя по динамике массы тела у мелкой и крупной молоди нерки (табл. 3), молодь, полученная от крупных производителей, растёт быстрее и её масса к концу выращивания достоверно больше, чем у молоди, полученной от мелких производителей. С увеличением массы тела скорость роста у крупной молоди уменьшалась, максимальная скорость роста отмечена в начале подрачивания в период с 20.01.2010 до 10.02.2010 и составила 4,99%/дн., минимальная – 1,11%/дн. У мелкой молоди скорость роста меняется по той же закономерности до апреля (максимум – 4,68%/дн.), а с начала апреля вновь повышается и достигает 2,34%/дн. к концу периода подрачивания.

Таблиця 3

Рост молоди нерки из крупной и мелкой экспериментальной партии на Малкинском ЛРЗ в 2010 году

Размеры рыб		11.01.	20.01.	10.02.	20.02.	28.02.	10.03.	31.03.	10.04.	20.04.	30.04.
мелкие	масса, г.	0,172	0,190	0,487	0,815	1,140	1,710	2,740	2,810	3,070	3,970
	G <sub>w</sub> , %/дн.		1,00	4,28	4,68	3,73	3,69	2,14	0,23	0,81	2,34
крупные	масса, г.	0,197	0,214	0,641	0,888	1,230	1,800	3,000	3,680	4,310	4,870
	G <sub>w</sub> , %/дн.		0,83	4,99	2,96	3,62	3,46	2,32	1,86	1,44	1,11

40% суточные тесты также показывают, что крупная заводская молодь готова к скату в море (погибло менее 50,0%–18,5% в первом этапе эксперимента и 0% во втором этапе), в отличие от мелкой (погибло 96,0% в первом этапе и 72,7% во втором).

30% суточный эксперимент на потерю массы показывает готовность заводской молоди к переходу в морскую среду обитания – потери массы у крупной молоди нерки составляют 2,53% и 0,53% в первом и втором этапах, соответственно, а у мелкой – 9,10% и 6,71%, соответственно, что входит в пределы нормы (не более 11, 0%).

Судя по 30% трёхсуточным тестам, мелкая молодь не является смолтом, как в первом, так и во втором этапе эксперимента, так как наблюдается высокая осмолярность крови через сутки после пересадки в солёную воду (420 и 361 мосм/л в двух этапах эксперимента, соответственно) и дальнейший рост осмолярности (через 72 ч. до 427 и 399 мосм/л, соответственно), также отмечена смертность мелкой молоди (к моменту окончания эксперимента 5,0% и 17,4%, соответственно) (рис. 1). Что касается крупной молоди, то можно заключить, что она регулирует осмотическое давление крови, т.е. готова к покатной миграции. В первом этапе экспериментов у неё наблюдается незначительный подъём осмолярности крови с 350 мосм/л через 24 ч. до 363 мосм/л через 72 ч. Во втором этапе экспериментов наблюдается ещё большая подготовленность к переходу в морскую среду обитания – осмолярность крови

падає з 346 мосм/л через 24 ч. до 338 мосм/л через 72 ч. Судя по дослідженням інших авторів, критерієм смолтифікації в 30% тестах вважається припинення росту осмолярності і її зниження через 24 ч. до прісноводного рівня або рівня, не перевищує 340 мосм/л [5]. Судя по нашим даним, у смолтов спостерігаються схожі закономірності зниження рівня осмолярності, однак її абсолютні значення кілька вище, ніж описано у інших авторів.

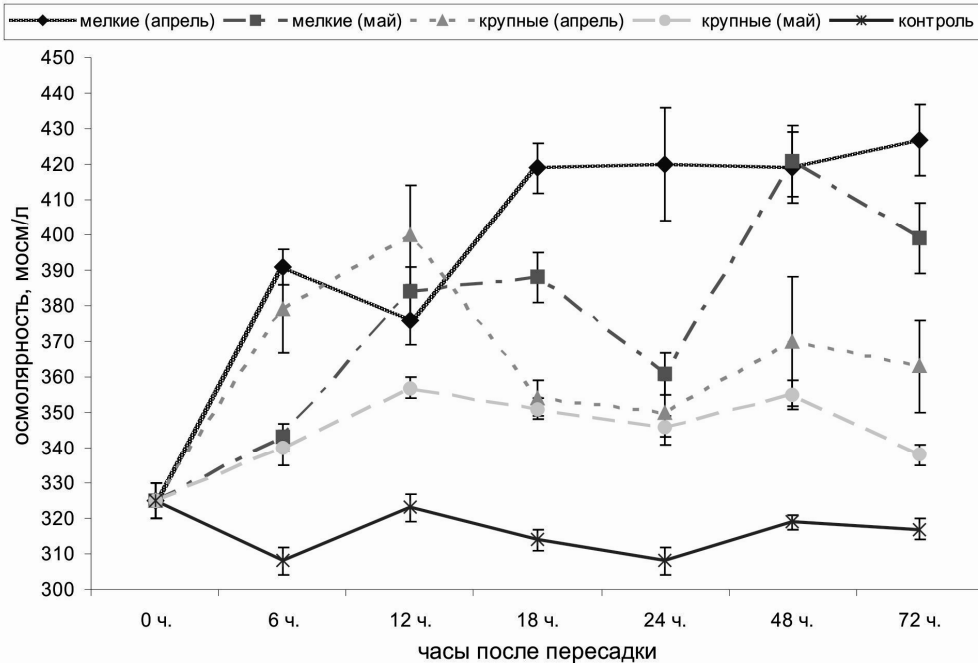


Рис. 1. Динаміка осмолярності крові у мелкої і крупної молоді нерки в течение 72 годин після пересадки в воду солістю 30%

Судя по аналізу динаміки гематологічних показувачів в тріхсуточних 30% тестах, рівень глюкози, вміст гемоглобіна і гематокрит достовірно не відрізнялися від контролю, за винятком вмісту гемоглобіна у крупній молоді в травні – він був достовірно вище, ніж у мелкої і контролю, і становив в кінці експерименту в середньому 71 г/дм<sup>3</sup> порівняно з 58 г/дм<sup>3</sup> у мелкої молоді і 60 г/дм<sup>3</sup> в контролі. Зростання концентрації гемоглобіна при смолтифікації відзначалося багатьма авторами для кількох видів лососевих [1,3,4]. Рівень глюкози у досліджуваній молоді варіювався від 2,2 до 3,8 ммоль/дм<sup>3</sup>, а гематокрит – від 49,8% до 58,5%.

### Висновки

Молодь нерки, отримана від крупних виробників з половими продуктами більш високої якості, швидше росте і в момент випуску з заводу є повноцінними смолтами, готовими до переходу в морську середовище проживання.

Молодь, отримана від малих виробників, відрізняється меншими розмірами і нерівномірною зміною швидкості росту в різні періоди, порівняно з крупною молоддю. Мелка молодь не є смолтами, після випуску залишиться на якийсь час в річці.

1. Варнавський В. С. Оцінка деяких показувачів, що характеризують стан іонорегуляторної системи у молоді кижуча *Oncorhynchus kisutch* (Walb.) і нерки *Oncorhynchus nerka* (Walb.) (*Salmonidae*) в зв'язі з процесом смолтифікації в природних умовах і при підраціванні на геотермальних водах/ В. С. Варнавський, Н. В. Варнавська // Проблеми іхтіології, 1984. – Т. 24, Вип. 1. – С. 122 – 127.
2. Кирпичников В. С. Генетика і селекція риб ( 2-е изд.)/ В. С. Кирпичников. – Л.: Наука, 1987. – 520 с.



3. Смирнов Б. П. Осморегуляторные способности у сеголеток и годовиков кижуча *Oncorhynchus kisutch* / Б. П. Смирнов, О. М. Запорожец // Вопросы ихтиологии. – 1992. – Т. 32, Вып. 2. – С. 186 – 189.
4. Хованский И. Е. Эколого-физиологические и биотехнологические факторы эффективности лососеводства / И. Е. Хованский. – Хабаровск: Хабаровское книжное изд-во, 2004. – 417 с.
5. Clarke W.C. A seawater challenge test to measure smolting of juvenile salmon / W.C. Clarke, J. Blackburn // Fisheries research board of Canada, Technical report. – 1977. – № 705. – P. 1 – 11.

*А.І. Манухов*

Федеральне державне об'єднане підприємство «Всеросійський науково-дослідний інститут рибного господарства і океанографії, Москва

#### ОЦІНКА ЯКОСТІ МОЛОДІ НЕРКИ (*ONCORHYNCHUS NERKA*), ОТРИМАНОЇ ВІД ПЛІДНИКІВ ДВОХ РОЗМІРНИХ КЛАСІВ

Здійснена оцінка якості молоді *Oncorhynchus nerka*. Молодь нерки, отримана від крупних плідників з статевими продуктами вищої якості, швидше росте і до моменту випуску з заводу є повноцінними смолтами, готовими до переходу в морське середовище існування.

*Ключові слова:* нерка, штучне відтворення, смолтифікація, селекція

*А.І. Manihov*

Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography, Moscow

#### ESTIMATION OF QUALITY OF YOUNG OF SOCKEYE SALMON (*ONCORHYNCHUS NERKA*) RECEIVED FROM PRODUCER OF TWO DIMENSIONAL CLASSES

The estimation of quality of young of *Oncorhynchus nerka* was carried out. Young of sockeye salmon received from large producers with the sexual products of more high quality have quick grows and to the moment of output from a factory become a valuable smolt, which ready for transition to the marine environment.

*Key words:* sockeye salmon, simulation, smoltification, selection

Рекомендує до друку

Надійшла 16.09.2010

В.З. Курант

УДК 597.553.2: 597-146.53

К.В. МЕТАЛЬНИКОВА

Федеральное государственное унитарное предприятие «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии» (ФГУП «ВНИРО») ул. Верхняя Красносельская, 17, Москва, 107140, Россия

### **СТРОЕНИЕ ГОНАД У ДИКОЙ И ЗАВОДСКОЙ МОЛОДИ КИЖУЧЕЙ**

Проведены гистологические исследования гаметогенеза у дикой и заводской молодежи кижучей в сравнении. Выявленные резорбции ооцитов, начинающиеся с автолиза ядра в ходе гаметогенеза, у самок кижучей возможно являются нормой при развитии гонад. Ожирение заводской молодежи кижучей может негативно повлиять на неё после выпуска в естественный водоём.

*Ключевые слова:* гонады, яичники, семенники, печень, рыболовный завод, озеро, гистологическое изучение, физиологическое состояние, дикое, молодёжь, заводские, кижуч

Строение печени имеет весьма важное и разностороннее значение в физиологии рыб. Роль печени приобретает особое значение при созревании ооцитов в периоде вителлогенеза [1] или в периоде трофоплазматического роста ооцитов [3, 4]. Большая часть молекул, предшественника желточных белков, синтезируется клетками печени – вителлогенин, транспортируется в фолликулы с током крови, поступает внутрь по межклеточным пространствам фолликулярного эпителия и включается в ооциты путем микропиноцитоза. Поэтому процессы формирования печени приобретают особое значение перед началом этих процессов в организме у молоди рыб. У лососевых рыб семенники циприноидного типа [1, 4, 6].

Нами проведено изучение гонад и печени молоди и годовиков кижуча с Виллойского Лососевого Рыбоводного Завода (ВЛРЗ), Камчатка, перед выпуском в естественный водоем в сравнении с годовиками и молодью кижуча, выловленными из оз. Большой Виллой, оз. Малый Виллой, Камчатка, с 2002 г. по 2006 г.

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

Пробы собраны Смирновым Б.П. в 2002 г. и 2003г., а также в 2005 и 2006 гг. Органы молоди кижучей фиксировали сотрудники лаборатории воспроизводства лососевых рыб ВНИРО в 4% формалине, жидкости Буэна, растворе Чемберлена. Перефиксацию всех проб проводили в 70° этиловом спирте. Пробы обезжировали в спиртах повышающейся концентрации путем ускоренной проводки по Бемеру (1887 г.) [5] в модифицированном виде, заливали в парафиновые блоки, а срезы изготавливали на ротационном микротоме толщиной 5 мкм. После депарафинирования в ксилоле срезы окрашивали гематоксилином по Эрлиху с докраской в эозине [5], заключали их под покровное стекло, используя кедровый бальзам (2002-2004 гг). С 2005 г. использовали автомат для гистологической обработки тканей карусельного типа (Модель STP -120); заливку в парафин осуществляли через заливочную станцию ЕС 350; продольные срезы толщиной 5-7 мкм делали на ротационном микротоме.

Фотографии готовых гистологических препаратов сделаны с помощью компьютерной системы с автоматической видеокамерой Leica DC при увеличении окуляра 10x и объективов x10, 20, 40, 100. Для изготовления цифровых микрофотографий гистологических препаратов использовали программу DC Viewer, соединенную с программой редактирования изображений Photoshop 9.0. Всего исследовали 411 экземпляров кижучей, у которых проведены гистологические исследования 1644 проб внутренних органов.

Для идентификации степени развития ооцитов использовали рекомендации Персова Г.М. [3, 4], сперматогенеза Мурза И.Г. и Христофорова О.Л. [1], Сакун О.Ф. и Буцкой Н.А. [6], для классификации аномальных отклонений при развитии ооцитов – рекомендации Семенова В.В [7]. Печень изучали, руководствуясь рекомендациями Факторовича К.А. [8, 9].

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

В естественных водоемах яичники дикой молоди кижучей были на 2 стадии зрелости: ооциты в состоянии резорбции на 5 ступени фазы протоплазматического роста ооцитов, расположение вакуолей в цитоплазме чаще пристенное и хаотичное по всей цитоплазме ооцитов. В ооцитах наблюдали резорбцию цитоплазмы, прилегающей к ядру: вместо её осветления при переходе к следующей ступени, 4-й, фазы протоплазматического роста ооцитов. При этом фолликулярные оболочки в яичнике были хорошо сформированы и не имели нарушений. Картина резорбции ооцитов у самок лососевых рыб напоминала ту, которую видят у рыб, подвергнутых токсическому воздействию [7] (рис.1).

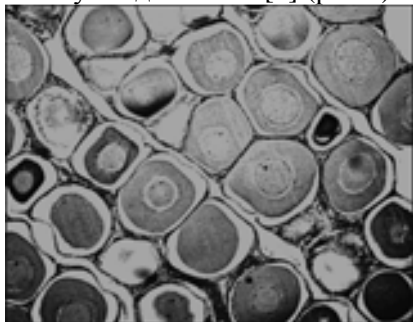


Рис.1. Сагиттальный срез яичника самки кижуча на 2 стадии зрелости из оз. Б. Виллой 2003 г. Увеличение: ок.10x, об.20x

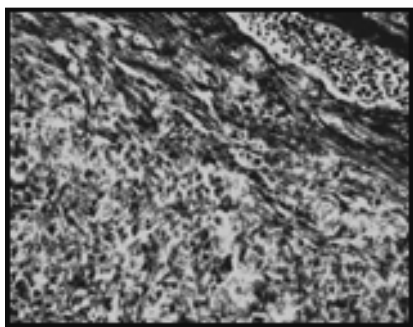
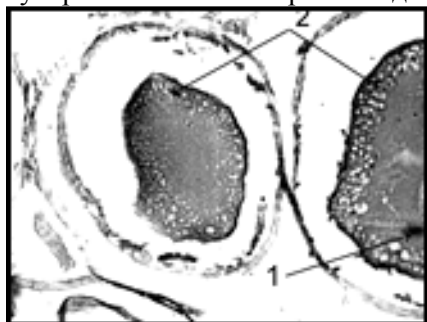


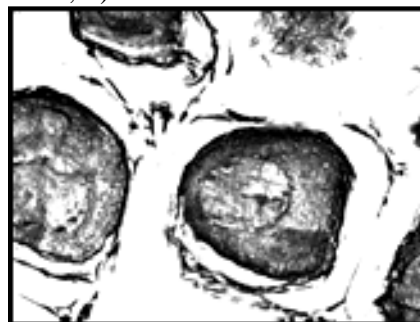
Рис.2. Сагиттальный срез семенника кижуча из оз. Б.Вилой. 2003г. Камчатка. Сперматогонии типа Б, в дорсокраниюкаудальном направлении, со стороны мезорхия проходит крупный кровеносный сосуд.

Увеличение: ок.10х об.20х

На сагиттальных срезах семенников кижучей из оз. Б.Вилой (2003 г.) видны деления гониальных клеток типа А<sub>с</sub>, образования сперматогоний типа Б. Развитие семенников прямое, нормальное. Виден кровеносный сосуд в дорсокраниюкаудальном направлении, тестикулярная оболочка в норме. У некоторых диких самок кижуча из оз. М. Вилой имелись ооциты на 4-5 ступени фазы протоплазматического роста, когда желточное ядро ещё имеется в цитоплазме с его характерной петлистостью, но при этом идет вакуолизация цитоплазмы, что характерно для 5-ой ступени фазы протоплазматического роста по классификации Г.М. Персова (1966) [3]. Фолликулярные оболочки хорошо видны на срезах (рис. 3 А, Б).



А



Б

Рис. 3. Сагиттальные срезы гонады кижуча на 2 стадии зрелости из оз. Б.Вилой. 2003г. Камчатка.. А) 1 – желточное ядро, 2 – вакуоли в цитоплазме. Б) вакуолизация кариоплазмы и цитоплазмы.

Увеличение: А) ок.10х, об.20х. Б) ок.10х, об. 40х

По-видимому, не у всех особей кижуча идут активные процессы резорбции ооцитов, начинающиеся, в большинстве случаев, с дегенеративных нарушений в ядре клетки (рис.1). Общая тенденция в развитии яичников у диких самок кижуча четко прослеживалась на 4 ступени фазы протоплазматического роста ооцитов – периода превителлогенеза, когда начинались процессы резорбции с ядер в ооцитах. Аналогичные изменения наблюдал В.В. Семенов [7] на сельди рода *Clupea*, у которой резорбции гонад у самок начинались тоже с разрушения ядра, которое вакуолизировалось и смешивалось с цитоплазмой на 2-й стадии зрелости гонад. В нашем случае аномальные изменения ядер ооцитов имели более разнообразный характер: от автолиза ядра до образования вакуолей в ядрах ооцитов и в цитоплазме, рис. 3 А, Б. У сельдей, как заметил В.В. Семенов [7], эти процессы начинались на 5 ступени фазы протоплазматического роста ооцитов, после распада желточного ядра. У кижучей процессы резорбции ядер ооцитов начинались преимущественно на 4-5 ступени фазы протоплазматического роста ооцитов в периоде превителлогенеза, ещё при наличии желточного ядра в цитоплазме некоторых ооцитов и вакуолизации кариоплазмы и цитоплазмы ооцитов, в начале 5 ступени. У самцов, определить насколько процессы резорбции половых клеток повлияли на сперматогенез, представляется затруднительным, так как степень развития семенников не превышала 1, ювенильную (6), или раннюю 2 (1) стадии зрелости гонад, когда у

лососевых в семенниках наблюдаются митотические деления гониальных клеток и, редко, формирование сперматоцитов 1-го и 2-го порядка (рис. 4).

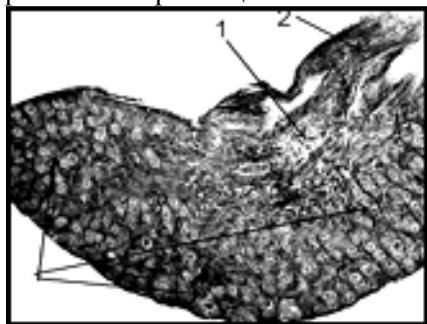


Рис. 4. Сагиттальный срез семенника кижуча из оз. Б. Вилюй. 2005г. Камчатка. 1 – крупный кровеносный сосуд под мезорхией – 2, 3 – сперматогонии типа А, Б.

Увеличение: ок. 10х, об. 20х

Полученные материалы о развитии семенников у кижучей из естественных водоемов согласуются с теми данными, которые были опубликованы ранее Г.М. Персовым [4].

У самок кижучей с ВЛРЗ гонады были на 2 стадии зрелости, ооциты в яйценосных пластинках – на 1, 2, 3 ступенях фазы протоплазматического роста ооцитов, при этом на 3 ступени фазы протоплазматического роста ооцитов в некоторых ооцитах наблюдали резорбции, автолиз ядра (рис. 5. А, Б, В).

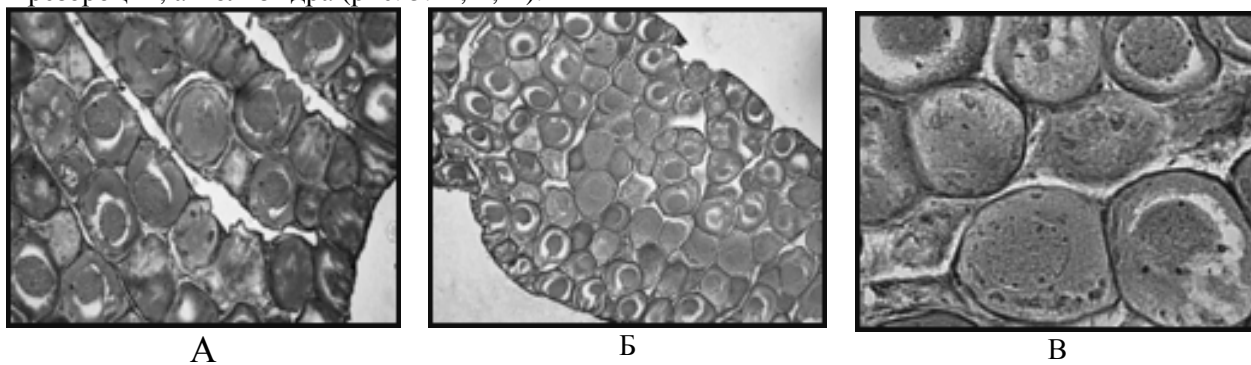


Рис. 5. Сагиттальные срезы яичников кижучей с ВЛРЗ, Камчатка (2003 г).

Увеличение: ок.10х, об. – А) 20х, Б) 10х, В) 40х

По предварительным подсчетам, резорбирующихся ооцитов 38% наблюдали у кижучей в один год, в другой – 50% резорбирующихся ооцитов, включая процессы фагоцитоза цитоплазмы фагоцитами, лизис цитоплазмы ооцитов на 2 ступени фазы протоплазматического роста ооцитов – часть самок кижучей с ВЛРЗ имели резорбирующиеся яичники. У самок молоди кижучей и в последующие годы наблюдали дегенерацию ооцитов до 74%. У самок с ВЛРЗ наблюдали особенные резорбции ооцитов, скорее всего, из-за жирового пиноцитоза в ооциты, вследствие общего ожирения молоди кижуча, как результат нарушения рациона в кормлении молоди при подращивании. У самцов с ВЛРЗ наблюдали деления гониальных клеток, причем в цитоплазме гоний наблюдали также пустоты при увеличении в 1000 раз. У некоторых самцов на ВЛРЗ в отдельные годы наблюдали дегенерацию гонад: гониальные клетки замещались стромальными клетками в пассивном состоянии, чаще на 1 ранней стадии зрелости [1]. В норме у самцов семенники были на 2 стадии зрелости, в толще гонады наблюдали сперматогонии разных порядков, метафазы при митотических делениях сперматогоний, закладку семенных ампул, сперматоциты первого и второго порядков. У самцов кижучей всегда со стороны мезорхия располагался крупный кровеносный сосуд (рис. 6 А, Б).

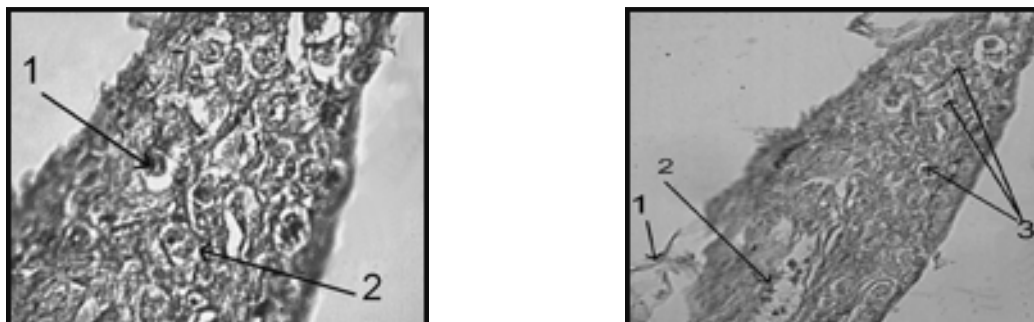


Рис.6. Сагиттальный срез семенника кижуча с ВЛРЗ. Камчатка.

А) 1– сперматогония А с резорбирующей цитоплазмой, сперматогонии Б в процессе митотического деления. Также наблюдаются пустоты. 2. Увеличение: ок.10х, об. – 100х.

Б) Семенник: 1 – мезорхий, 2 – крупный кровеносный сосуд, 3 – сперматогонии разных порядков, в том числе и в процессе митотических делений. Увеличение: ок. 10х, об. 5х

Таким образом, и у дикой молодежи кижучей, и у заводской молодежи кижучей наблюдали прямую закладку семенников [4], искусственное воспроизводство не оказывало влияние на этот процесс.

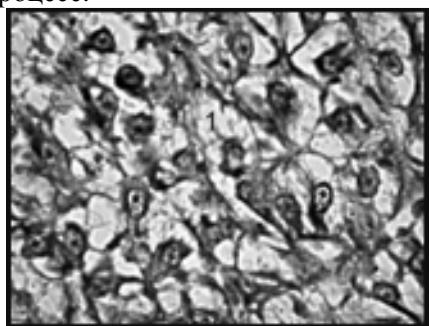


Рис. 7. Сагиттальный срез печени кижуча в характерном для ВЛРЗ состоянии. Камчатка. 1 – жировые включения в цитоплазму печёночных клеток, в ядрах печеночных клеток по 1-2 ядрышка.

Увеличение: об. 10х, ок. 100х

На Виллюйском ЛРЗ молодежь кижуча находилась в напряженном физиологическом состоянии. Ожирение печени предполагает нарушения в кормлении заводской молодежи кижуча неподходящими по биохимическому составу кормами с большим количеством холестерина или с содержанием компонентов, способствующих чрезмерному выработыванию липидов в организме рыб. Например, витамина Е (300мг/кг комбикорма по прописи фирмы “Aller Aqua”), которым кормили заводскую молодежь, способствует активации стероидного обмена у рыб и его нарушению при неправильном кормлении (рис. 7). В печени молодежи кижучей из естественных водоемов таких нарушений не наблюдали (рис. 8).

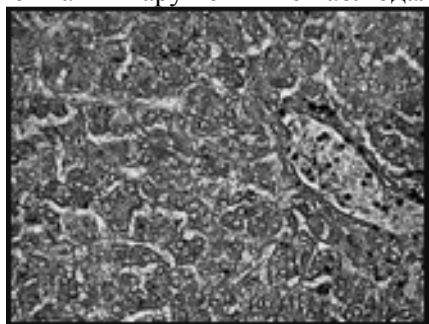


Рис. 8. Сагиттальный срез печени кижуча из оз. Б.Виллюй. Камчатка. Печеночные клетки в активном состоянии в печеночных балках, крупная воротная вена.

Увеличение: ок. 10х, об. 40х

Характерные дегенеративные нарушения в гонадах подтверждают предположение о жировой дистрофии кижучей в заводских условиях в результате нарушений в кормлении молодежи: пустоты в цитоплазме ооцитов у самок, в сперматогониях у самцов, много пустот в

межовариальних просторах у самок і утончені фолликулярні оболонки, порожноти в товщі семенників у самців, сформовані при розчиненні жиру в тканинах гонад в спиртах, при проведенні проб для гистологічного дослідження. Однак, у самок кижучей в природних умовах на 4-5 ступенях фази протоплазматичного росту ооцитів, а в заводських умовах – на 3 ступені фази протоплазматичного росту ооцитів спостерігали одні і ті ж порушення, починаючись з автолізу ядер ооцитів при ненарушених фолликулярних оболонках в ооцитах. Вероятно, більш ранні процеси автолізу ядер ооцитів у заводської молоді кижуча характеризують більш інтенсивний гаметогенез, що також може бути спровоковано порушеннями в годженні заводських риб. По кількості самців з гонадами в ювенільному стані, на 1 стадії зрілості, в момент випуску з рибозавода в природний водойма, можна прогнозувати кількість карликових самців, які, скоріше всього, в морі скатяться не будуть, а залишаться в озері. Своєчасне дослідження гистологічного будови внутрішніх органів дозволить приймати заходи по усуненню факторів, що надають негативний вплив на розвиток молоді.

1. Мурза И. Г. Определение степени зрелости гонад и прогнозирование возраста достижения половой зрелости у атлантического лосося и кумжи (Методические указания) / И. Г. Мурза, О.Л. Христофоров. – Л. : ЛГУ, 1991. – 102 с.
2. Паушева З. П. Практикум по цитологии растений / З. П. Паушева. – М. : Агропромиздат. 1988. – 270 с.
3. Персов Г. М. Ранний период гаметогенеза у проходных лососей / Г. М. Персов // Воспроизводство и акклиматизация лососевых в Баренцевом и Белом морях. – М.-Л. : Наука, 1966. – С. 7 – 44.
4. Персов Г. М. Дифференцировка пола у рыб./ Г.М. Персов – Л.:ЛГУ, 1975.- 148с.
5. Роскин Г. И. Микроскопическая техника / Г. И. Роскин, Л. Б. Левинсон. – М. : Советская наука, 1957. – 467 с.
6. Сакун О. Ф. Определение стадий зрелости и изучение половых циклов рыб (Изд.2, переработанное и дополненное) / О. Ф. Сакун, Н. А. Буцкая. – Мурманск : ПИНРО, 1968. – 46 с.
7. Семенов В. В. Резорбция ооцитов у сельди рода *CLUPEA* / В. В. Семенов // Исследования фауны морей. – 1975. – Т. 16/24. – С. 169 – 178.
8. Факторович К. А. Об особенностях жирового обмена в печени некоторых видов рода *Salmo* в связи с различиями их биологии / К. А. Факторович // Обмен веществ и биохимия рыб. – М. : Наука, 1969. – С. 112 – 121.
9. Факторович К. А. Возрастные и сезонные изменения в печени радужной форели при питании естественными кормами (по данным гистологического исследования) / К. А. Факторович // Изв. ГосНИОРХ, 1971. – Т. 68. – С. 123 – 135.

*К.В. Метальникова*

Федеральне державне об'єднане підприємство «Всеросійський науково-дослідний інститут рибного господарства і океанографії», Москва

#### БУДОВА ГОНАД У ДИКОЇ І ЗАВОДСЬКОЇ МОЛОДІ КИЖУЧІВ

Здійснено порівняльні гистологічні дослідження гаметогенезу у дикої і заводської молоді кижучів. В процесі гаметогенезу виявлені резорбції ооцитів, що починаються з автолізу ядра. У самок кижучів можливо це є нормою при розвитку гонад. Ожиріння заводської молоді кижучів може негативно впливати на неї після випускання в природну водойму.

*Ключові слова: гонади, яєчники, сім'яники, печінка, рибозаводський завод, озеро, гистологічне вивчення, фізіологічний стан, дикі, молодь, заводські, кижуч*

*K. V. Metalnykova*

Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography, Moscow

#### STRUCTURE OF GONAD IN WILD AND COMMERCIAL YOUNG OF COHO

Histological comparative researches of gametogenesis are conducted in wild and commercial young of coho. Exposed resorption of oocyte beginning from nucleus autolysis during a gametogenesis in females of coho possibly are a norm in the development of gonad. Obesity of commercial young of coho can negatively influence on it after release in a natural reservoir.

*Key words: gonads, ovaries, milt, liver, hatchery, lake, histological study, physiological state, wild, young, commercial, coho*

Рекомендує до друку

Надійшла 16.09.2010

В.З. Курант

УДК 556.56.3/.4

Н.М. ОСАДЧА, В.В. ЛУТКОВСЬКИЙ

Український науково-дослідний гідрометеорологічний інститут МНС України та НАН України  
пр-т Науки, 37, Київ, 03028

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ЗМИВУ ГУМУСОВИХ РЕЧОВИН З ПОВЕРХНІ ВОДОЗБОРУ**

---

Експериментально та шляхом математичного моделювання вивчено емісію гумусових речовин з поверхні водозбору.

*Ключові слова: гумусові речовини, фульвокислоти, гумінові кислоти, змив гумусових речовин, дифузія*

Гумусові речовини (ГР) утворюються у ґрунтовому покриві внаслідок мікробного розкладання органічних решток, що є другим після фотосинтезу процесом трансформації органічної речовини в природі.

Органічна речовина ґрунтів на території водозборів річок є важливим джерелом надходження її розчинених і завислих форм у поверхневі води басейну. Після випадіння атмосферних опадів ГР можуть надходити в русло річок внаслідок лінійного і площинного змиву компонентів із поверхні ґрунту.

Надходження ГР теригенного походження є важливим чинником, що впливає на формування хімічного складу поверхневих вод та їх фізико-хімічні умови. Вони є основною складовою органічної речовини у річках та озерах, впливають на міграційні характеристики багатьох елементів мінерального та органічного походження, стан карбонатно-кальцієвої та окисно-відновної рівноваги тощо.

### **Методичні аспекти вивчення виносу ГР з поверхні водозбору**

**Експериментальний підхід.** Експериментальне вивчення виносу ГР з поверхні водозбору виконано шляхом штучного формування стоку на стоковій ділянці, розміщеній у басейні р. Рось, на території Богуславської експериментальної бази УкрНДГМІ. Дослідна ділянка площею 400 м<sup>2</sup> обладнана для збору поверхневого стоку на глибину промочування 5 см.

Ґрунтовий покрив ділянки складений підзолистими сірими лісовими ґрунтами, а поверхня вкрита різнотрав'ям. Протягом холодного періоду року на ділянці накопичили сніговий покрив заввишки 11 см із запасами вологи 37,2 мм. Після підвищення температури повітря утворився водний стік, який збирали в безперервному режимі й аналізували на вміст розчинених ГР (гумінових (ГК) та фульвокислот (ФК) згідно методик, зміст яких викладений у [4].

Результати проходження стоку ГР протягом доби 22 лютого 2008 р. показано на рис. 1. Отримані дані свідчать про те, що концентрації розчинених у воді ГК і ФК істотно відрізняються. Вміст ФК змінювався в межах 1,6 – 6,6 мг/дм<sup>3</sup>, а ГК був значно меншим – 0,2 – 1,4 мг/дм<sup>3</sup>. Динаміка зміни витрат води мала куполоподібний характер, а концентрації розчинених у воді ГК і ФК не повторювали її ходу. На етапі збільшення витрат води зростали й концентрації ГР, а між вказаними параметрами спостерігався тісний кореляційний зв'язок. Концентрації ГР швидко зростали вже за початкового збільшення витрат води, практично досягаючи рівноважного розподілу. Подальше збільшення витрат на вміст ГР істотно не впливало. На етапі спаду витрат води концентрації ГР, навпаки, збільшувалися. Очевидно, це явище пояснюється надходженням стокових вод із віддалених ділянок водозбірної площі. Внаслідок більш тривалого контакту з ґрунтом вони більшою мірою збагачуються розчиненими ГР.

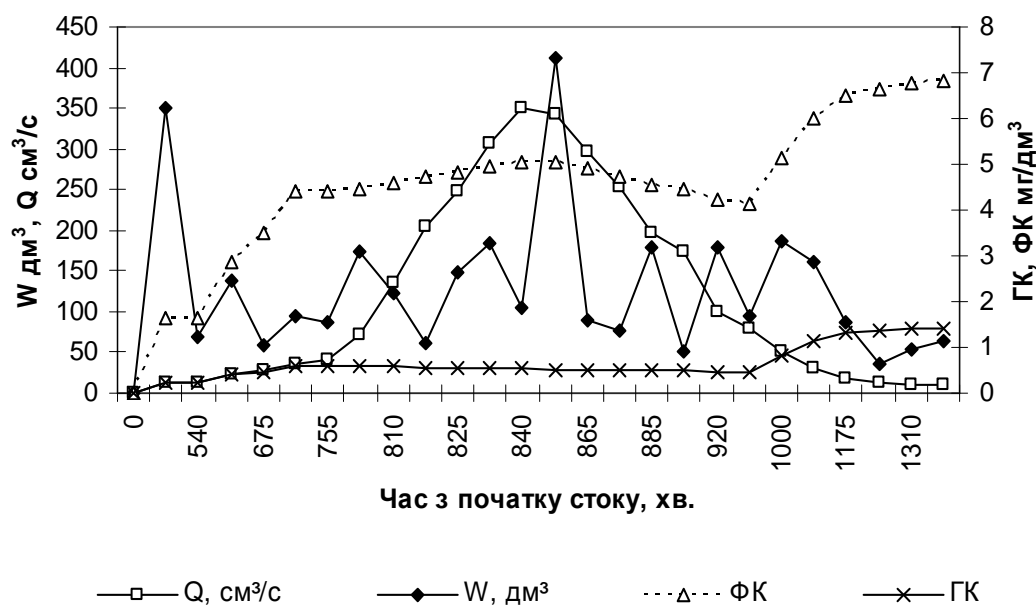


Рис. 1. Витрати води, об'єм водного стоку та концентрації гумінових і фульвокислот під час перебігу стоку на експериментальній стоковій ділянці (22 лютого 2008 р.)

Як відомо, ГК і ФК значно відрізняються за розчинністю. Якщо перші розчинні переважно в луках, то ФК добре розчиняються у всьому діапазоні рН природних вод. Саме ФК є найбільш рухливою розчинною частиною ГР, і процес їх вимивання із ґрунтів атмосферними опадами, на думку [2, 3], є визначальним для формування складу органічних речовин поверхневих вод. Це зумовлено більш низькими молекулярними масами ФК та високим умістом у їх структурі карбоксильних і фенольних оксигруп. Незважаючи на те, що ГК відносяться до малорозчинних сполук, у розбавлених розчинах та за умов незначної іонної сили слабкоконденсовані ГК також можуть легко розчинятися [6].

На підставі отриманих даних проведено розрахунки вносу ГК ( $R_{ГК}$ ) та ФК ( $R_{ФК}$ ) з поверхні водозбору експериментальної ділянки, результати яких наведено на рис. 2. Всього за період стоку з водозбірної поверхні надійшло 14,5 г ФК та 1,9 г ГК. А максимальні показники вносу ГК і ФК спостерігалися з досягненням найбільшого об'єму водного стоку. Синхронний хід досліджуваних параметрів свідчить про визначальну роль водного стоку у вносі ГР з поверхні водозбору, а коефіцієнти парної кореляції між об'ємом водного стоку (W) і ГК та W і ФК досягали значень відповідно 0,7 та 0,8 (значимість встановлено на основі розподілу Стьюдента,  $p=0,05$ ;  $r>0,57$ ). Менший коефіцієнт кореляції для ГК, на нашу думку, пов'язаний із повільнішим встановленням рівноваги для цієї групи ГР.



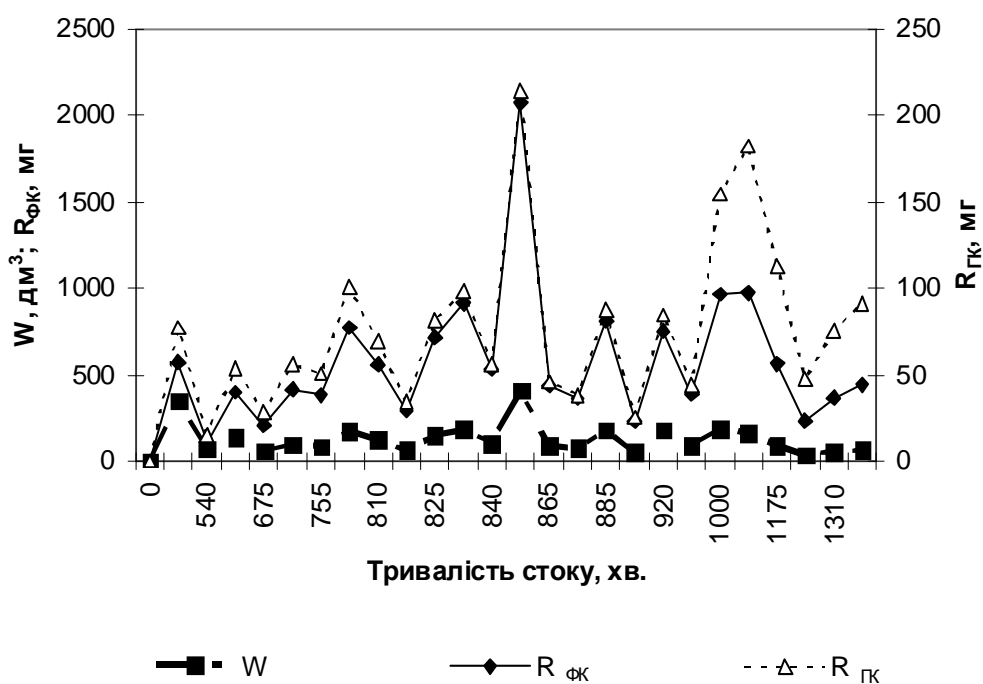


Рис. 2. Залежність емісії гумусових речовин від величини водного стоку, отримана за результатами перебігу стоку на експериментальній стоковій ділянці (22 лютого 2008 р.)

Статистичний аналіз отриманих результатів показав, що весь період виносу ГР характеризується двома етапами: перший триває від початку стоку й до настання максимальних витрат, а другий розпочинається після надходження води із віддалених ділянок водозбору. У кожен з періодів залежність між виносом ГР і об'ємом водного стоку надійно описується лінійним рівнянням.

**Теоретичний підхід.** Здатність речовин до переходу у контактуючий з ними водний розчин, а, отже, й надходження до поверхневих і підземних вод, залежить від фізико-хімічних форм елементів у твердому субстраті. Згідно даних робіт [1, 5], ГР у ґрунтах знаходяться у вигляді простих солей, серед яких розчинними у воді є гумати та фульвати сильних лугів ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{NH}_4^+$ ). Високу міграційну здатність також мають комплексні сполуки ГР з алюмінієм, залізом та іншими металами. Частина ГР, що більшою мірою властиво ГК, сорбована глинистими мінералами, Si або гідроксидами Fe та Al. Останні виявляють найбільшу здатність до сорбції аніонів [10].

Масообмін у гетерогенних середовищах здійснюється шляхом дифузії, швидкість якої залежить від коефіцієнту молекулярної дифузії, а її рушійною силою є градієнт концентрацій. Коефіцієнт молекулярної дифузії визначається молекулярною масою речовини. У даній роботі використано підхід, представлений у [7]. Характерна особливість ГР полягає в тому, що вони не мають усталеного складу і являють собою гетерогенну систему поліелектролітів з набором молекулярних мас (ММ), що змінюються у широкому діапазоні – від сотень до кількох сотень тисяч дальтон (Да). Для розрахунків використовували встановлені експериментально середньозважені ММ розчинених форм ГР, які приймалися для ГК і ФК 19 кДа і 0,8 кДа відповідно. Беручи до уваги те, що система “водозбірна площа – водний стік” є відкритою і в ній відбувається конвективне переміщення розчинів, приймали поправку на конвективність, яка залежить від дисперсії швидкостей фільтраційного потоку.

Процес сорбції ГР твердими частинками описувався ізотермою сорбції. Цей процес більш характерний для високомолекулярних ГК, оскільки, як відомо, сорбція ГР на мінералах пропорційна вмісту Сорґ і обернено пропорційна відношенню О/С [10]. Експериментально

показано [12], що ГК сорбуються на поверхні мінеральних частинок шляхом хемосорбції, в той час як більш гідрофільні ФК осаджуються внаслідок фізичної взаємодії.

Вважали, що після надходження ГР у поровий розчин можлива їх часткова сорбція.

У загальному випадку система рівнянь для розрахунку концентрації розчинених і сорбованих форм ГР з урахуванням основних механізмів їх поведінки має наступний вигляд:

$$\begin{aligned} \frac{dC_{sol}}{dt} &= k_{sor} [C_{sol}^{eq} - C_{sol}] + k_{diff} (C_{sol}^* - C_{sol}) - k_w C_{sol}, \\ \frac{dC_{sorb}}{dt} &= -k_{sor} [C_{sol}^{eq} - C_{sol}] \partial e \end{aligned} \quad (1)$$

$C_{sol}$  – вміст розчинених форм ГР;  $C_{sorb}$  – вміст сорбованих форм ГР;  $C_{eq}$  – рівноважна концентрація ГР;  $k_{sor}$  – константа сорбції;  $k_{diff}$  – константа швидкості дифузійного обміну між шаром взаємодії та шаром на глибині 5 см із концентрацією ГР у розчині  $C_{sol}^*$ .

Для моделювання виносу ГР з ґрунту скористалися транспортно-боксовим підходом, застосованим у відомих моделях CREAMS та ARM із вдосконаленнями, зробленими у [8, 9, 11]. Аналогічно до зазначених моделей приймали наближення, що поверхневий шар ґрунту товщиною  $H$  та об'ємним вмістом води  $\theta$  рівномірно зволожується атмосферними опадами з інтенсивністю  $I$ . При цьому у шарі взаємодії вода повністю перемішується і витікає у вигляді поверхневого стоку з інтенсивністю  $Q$  та інфільтраційного потоку  $I-Q$ . На момент початку стоку між твердою і рідкою фазами ґрунтів встановилася квазі-стаціонарна рівновага, що порушувалась надходженням атмосферних опадів. Запропонована модель описує три послідовні фази розвитку процесу.

**Фаза 1.** Внаслідок дифузійного обміну із поровим розчином концентрації розчинених речовин у водному стоці починають зростати.

Беручи до уваги переважне надходження розчинених речовин за рахунок дифузійного притоку, рівняння (1) спрощувалось до:

$$\frac{dC_{sol}}{dt} = k_{diff} (C_{sol}^* - C_{sol}) - k_w C_{sol} \quad (2)$$

Загальна кількість розчиненої у стоці речовини  $C_{sol}$  при цьому змінювалась у часі за законом:

$$C_{sol}(t) = C_{eq} \sqrt{\frac{D t}{\pi}}, \text{ де} \quad (3)$$

$D$  – ефективний коефіцієнт дифузії ГР у ґрунтах.

**Фаза 2.** Після початкового періоду стоку домінуючим процесом стає гідродинамічне промивання порового розчину, під час якого концентрація речовин у стоці буде описуватись формулою:

$$C_{sol}(t) = C_0 \exp \left\{ - \frac{I * t}{H(\rho K_R + \theta)} \right\} \quad (4)$$

Швидкість вимивання органічних речовин ( $\text{хв.}^{-1}$ ) визначали за:

$$k_w = \frac{Q}{RH\theta} = \frac{Q}{H(\rho K_d + \theta)} \text{ (позначення на рис. 4)} \quad (5)$$

У загальному випадку  $k_w$  є функцією часу. З метою спрощення розрахунку процес вимивання розглядали як усталений з придушеною інфільтрацією. Тоді для  $k_w$  можна застосувати наближений вираз:

$$k_w = \frac{I}{H(\rho K_d + \theta)} = \text{const.}$$

Концентрація розчинених у воді ГР у цей період буде описуватись рівнянням:

$$C_{sol}(t) = C_0 \exp\left\{-\frac{I * t}{H(\rho K_R + \theta)}\right\}, \quad (6)$$

$$K_R = K_d \frac{k_w + k_{dif}}{k_{dif}}, \text{ де} \quad (7)$$

$K_R$  – ефективний коефіцієнт розподілу речовини у системі “стік-вода” [9],  $K_d$  – коефіцієнт розподілу речовини між твердою і рідкою фазами (у розрахунках використовували експериментально встановлені величини  $K_d$  ГК = 0,125 л/кг,  $K_d$  ФК = 0,00058 л/кг);  $k_{dif}$  – константа швидкості дифузійного обміну.

**Фаза 3.** Концентрації речовин у стоці внаслідок дифузійного обміну із сусідніми шарами знову починають зростати. Повторюється 1 фаза, але вже з іншими параметрами процесу.

Концентрації розчинених речовин визначаються за формулою:

$$C_{sol}(t) = C_{eq} - \frac{S(C_0 - C_{if})}{Q} \sqrt{\frac{D}{\pi t}}, \text{ де} \quad (8)$$

$C_{eq}$  – рівноважна концентрація, що становила для ГК 0,59 мг/дм<sup>3</sup>, ФК 5,06 мг/дм<sup>3</sup>;  $S$  – площа поверхні ґрунту, з якого відбувається вимивання;  $C_0$  – початкова концентрація ГР у шарі взаємодії;  $C_{if}$  – концентрація ГР на поверхні розділу “ґрунт-потік”;  $C_{if} \sim C_{sor} K_R$ ,  $C_{sor} = \text{const}$  – концентрація органічних речовин у твердій фазі шару взаємодії.

Вирівнювання градієнту концентрацій призводить до встановлення нового рівноважного стану:  $C_{sol} = C_{sor} K_R$ . Зменшення витрат води у цьому випадку призводить до зменшення надходження розчинених речовин у стік. Результати зміни концентрацій ГР у поверхневому стоці на основі запропонованого модельного підходу наведено на рис. 3.

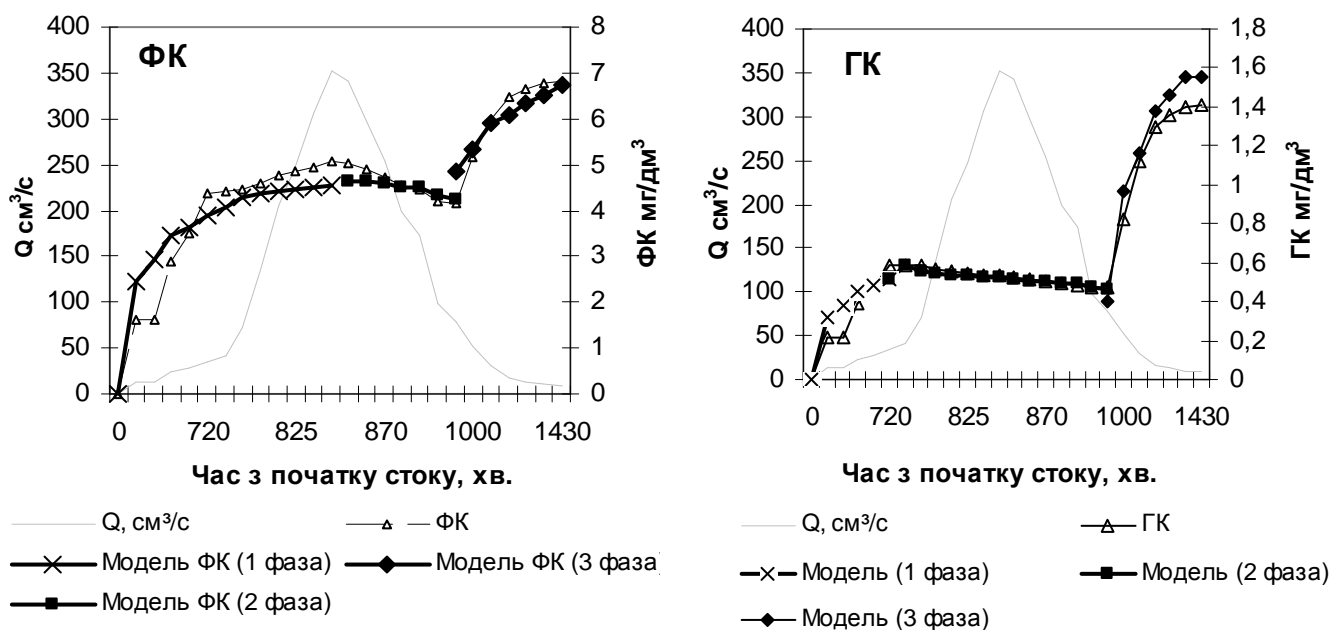


Рис. 3. Моделювання зміни концентрацій ФК та ГК під час перебігу стоку на дослідній ділянці (22 лютого 2008 р.)

**Висновки**

Зазначимо високу адекватність модельних розрахунків, що в цілому задовільно описують динаміку зміни концентрацій ФК та ГК. При цьому коефіцієнт кореляції порівняно з експериментальними даними становив  $R^2=0,82$  для дифузійних фаз 1 та 3, та  $R^2=0,96$  для фази промивання (фаза 2).

1. *Александрова Л. Н.* Органическое вещество почвы и процессы его трансформации / Л.Н. Александрова. – Л. : Наука, 1980. – 329 с.
2. *Варшал Г. М.* Изучение органических веществ поверхностных вод и их взаимодействия с ионами металлов / Г. М. Варшал, И. Я. Кошечева, И. С. Сироткина [и др.] // Геохимия. – 1979. – №4. – С. 598 – 607.
3. *Варшал Г. М.* О состоянии минеральных компонентов в поверхностных водах / Г. М. Варшал // Проблемы аналитической химии. Методы анализа природных и сточных вод. – М. : Наука, 1977. – Т. 5. – С. 94 – 107.
4. *Набиванець Б. Й.* Аналітична хімія поверхневих вод / Б. Й. Набиванець, В. І. Осадчий, Н. М. Осадча, Ю. Б. Набиванець. – К. : Наук. думка, 2007. – 455 с.
5. *Орлов Д. С.* Практикум по химии гумуса: учебное пособие [для студентов-почвоведов университетов и сельскохозяйственных институтов] / Д. С. Орлов, Л. А. Гришина. – М. : Изд-во МГУ, 1981. – 270 с.
6. *Орлов Д. С.* Гумусовые кислоты почв и общая теория гумификации / Д. С. Орлов. – М. : Изд-во МГУ, 1990. – 325 с.
7. *Осадчий В. І.* Методологічні основи дослідження чинників та процесів формування хімічного складу поверхневих вод України : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня доктора геогр. наук, спец. 11.00.07 “Гідрологія суші, водні ресурси, гідрохімія” / В.І. Осадчий. – Київ, 2008. – 33 с.
8. *Mudroch A.* Distribution of Major Elements and Metals in Sediment Cores from the Western Basin of Lake Ontario / A. Mudroch // Journal of Great Lakes Research. – 1983.– Vol. 9, Is. 2.– P. 125 – 133.
9. *Osny O. S.* Scaling of soil hydraulic properties in the evaluation of hydraulic conductivity determination methods / O. S. Osny, K. Vacchi, L. Paulo, R. Libardi, S. O. Moraes // Soil Technology. – 1989. – Vol. 2, Is. 2.– P. 163 – 170.
10. *Perdue E. M.* Dissolved Organic Matter in Freshwaters/ E. M. Perdue, J. D. Ritchie // Treatise on Geochemistry.–Vol. 5.–[Ed. By D.H. Holland, K.K.Turekian]. – Elsevier, 2003.– P. 273 – 318.
11. *Smettem K. R. J.* The influence of macropores on runoff generation from a hillslope soil with a contrasting textural class / K. R. J. Smettem, D. J. Chittleborough, B. G. Richards, F. W. Leaney // Journal of Hydrology.– 1991.– Vol. 122, Is. 1–4. – P. 235 – 251.
12. *Zhou Jun L.* The formation of humic coatings on mineral particles under simulated estuarine conditions – a mechanistic study / Jun L. Zhou, S. Rowland, R. Fauzi, C. Mantoura, J. Braven // Water Research. – 1994. – Vol. 28, № 3.– P. 571 – 579.

*Н.М. Осадча, В.В. Лутковський*

Украинский научно-исследовательский гидрометеорологический институт МЧС Украины и НАН Украины, Киев

**ИССЛЕДОВАНИЕ СМЫВА ГУМУСОВЫХ ВЕЩЕСТВ ИЗ ПОВЕРХНОСТИ ВОДОСБОРА**

Экспериментально и путем математического моделирования изучено эмиссию гумусовых веществ с поверхности водосбора.

*Ключевые слова:* гумусовые вещества, фульвокислоты, гуминовые кислоты, смыв гумусовых веществ, диффузия

*N.N. Osadcha, V.V. Lutkovsky*

Ukrainian Research Hydrometeorological Institute of Ministry of Emergency Situations of Ukraine and NAN of Ukraine, Kyiv

**RESEARCH OF WASH OUT OF HUMIC MATTERS FROM SURFACE OF WATER CATCHMENT**

Experimental study and mathematical modelling of emission of humic matters from surface of water catchment was studied.

*Key words: humic matters, fulvic acids, humic acid, wash out of humic matters, diffusion*

Рекомендує до друку

Надійшла 16.09.2010

В.В. Грубінко

УДК [591.524.12 (262.54.05)]

**О.І. ПЕРЕПРАВКА, Б.Г. АЛЕКСАНДРОВ**

Одеська філія Інституту біології південних морів ім. О.О. Ковалевського НАН України  
вул. Пушкінська, 37, Одеса, 65125

**ЗООПЛАНКТОН МОЛОЧНОГО ЛИМАНУ В УМОВАХ ЗМІНИ ЙОГО ГІДРОЛОГІЧНОГО РЕЖИМУ**

---

Наведені результати дослідження просторового розподілу численності та біомаси зоопланктону Молочного лиману з часом. Виявлені закономірності розподілу в залежності від змін його гідрологічного та гідрохімічного режимів, що пов'язано з водообміном з Азовським морем.

*Ключові слова: зоопланктон, гідрологічний режим, Молочний лиман*

Молочний лиман – водойма естуарного типу, розташована в північному Приазов'ї та займає затоплену Азовським морем гирлову ділянку р. Молочної. Довжина лиману становить 35 км, максимальна ширина – до 10 км, площа – 164 км<sup>2</sup>, глибина коливається у межах 0,5-5,0 м. Західні береги водойми високі та урвисті, східні – низькі та пологі. Дно вкрите раковинами молюсків та товстим шаром мулу [6].

Екологічні умови лиману характеризуються значною мінливістю та залежністю від річкового стоку та зв'язку з морем. Внаслідок цього склад фауни зазнав значних коливань. Лиман виник як затока Азовського моря, тому формування умов існування організмів та їх складу відбувалося під впливом моря. При оптимальному зв'язку лиману з морем біологічне різноманіття водойми характеризується високими показниками за рахунок поселення азовських іммігрантів. В період, коли лиман був ізольованим від моря, його фауна була занадто збіднена, тут переважали евригалінні форми [2, 3, 5].

Метою роботи було дослідження особливостей змін біологічного різноманіття та кількісного розвитку зоопланктону Молочного лиману, пов'язаних з порушенням його водообміну з Азовським морем.

**Матеріал і методи досліджень**

Матеріалом спостережень були 22 кількісні проби зоопланктону, відібрані на 18 станціях басейну Молочного лиману в серпні 1999 р. та 2009 р. та зафіксовані у 4% розчині формаліну. Збір та обробку матеріалу проводили згідно загальноприйнятих методів гідробіологічних досліджень [7]. Середній об'єм профільованої води при зборі зоопланктону становив 1-7 м<sup>3</sup>, діаметр вічка газу сітки – 130 мкм.

Для аналізу довгострокових коливань розвитку зоопланктону були використані також данні Л.Г. Коваль за 1955 р. [5]. Для відображення кількісного розподілу зоопланктону значення його біомаси на кожній станції були відображені у вигляді ізопланкт на схематичній карті Молочного лиману.

### Результати досліджень та їх обговорення

Дані про зоопланктон Молочного лиману до останнього часу досить обмежені. Перші відомості про його склад наведені в праці А.І. Прошкіної-Лавренко [9], в якій згадуються *Diatomus* sp., наупліуси Copepoda та личинки молюска *Cardium lamarcki lamarcki* Reeve, 1844, яких вона спостерігала під час досліджень, виконаних у 1934 р. До 1943 р. Молочний лиман знаходився в ізольованому стані і був солоним озером з показниками солоності 60-70 ‰. При такому вмісту солей фауна водойми була дуже збідненою з переважанням евригаліних форм. Згідно даних К.О. Мілашевича (1916 р.) видове різноманіття молюсків було збідненим. В цей період не були відмічені *Mytilaster lineatus* Gmelin, 1790, *Mytilus galloprovincialis* Lamarck, 1819, *Cardium lamarcki lamarcki* та *Abra ovata* Philippi, 1836, личинки яких існують у планктоні. Згадані види в наступні періоди перейшли в ранг багатьох чисельних або звичайних [2]. В 1943 р. Молочний лиман з'єднано з Азовським морем, в результаті чого відбулось зниження солоності до 13,3-18,2‰. Лиман заселюється представниками азовської фауни [6].

Наступні дослідження зоопланктону були проведені Л.Г. Коваль у липні 1955 р.. В цей період найпоширенішими формами зоопланктону були личинки вусоногих (*Cirripedia*) та веслоногих (Harpacticoida, *Acartia clausi* Giesbrecht, 1889) раків. Меншою мірою, але в помітній кількості, розвивались личинки Bivalvia і Polychaeta, а також гідромедузи. Серед останніх найбільшу чисельність формувала *Moerisia maeotica* Ostroumow, 1896, яка занесена до Червоної книги України. На протязі року її чисельність коливалась у межах 100-430 екз·м<sup>-3</sup>. В невеликій кількості були виявлені *Centropages kröyeri pontica* Karaw., 1895 і Cyclopoida, личинки Gastropoda і коловертки. Поодинокі траплялися *Noctiluca scintillans* (Macartney) Kofoid et Swezy 1921 і гіллястовусі рачки *Penilia avirostris* Dana, 1849 та *Podon polyphemoides* Leuckart, 1859.

Внаслідок мілководдя і сильного перемішування води Молочного лиману в його планктоні часто трапляються бентосні та нектобентосні організми: Foraminifera, Ostracoda, личинки Tendipes, Amphipoda, Isopoda, Nematoda та ін.. В північній частині лиману, де солоність води становила 9,6 г·м<sup>-3</sup>, переважали *Cirripedia* (larvae), Harpacticoida, Copepoda (nauplii), *Acartia clausi*, Polychaeta (larvae), Gastropoda (larvae).

В центральній частині з солоністю до 8-9 ‰ помітно розвивались *Acartia clausi*, личинки *Cirripedia* та Lamellibranchiata, але найбільшу біомасу тут мали Harpacticoida. Приазовська частина лиману з найменшою солоністю (до 7,0‰) була бідною на організми. Тут майже зовсім були відсутні Harpacticoida і личинки Polychaeta, а інші групи, перелічені вище, були представлені дуже бідно, за винятком личинок червононогих молюсків, чисельність яких у самій південній частині лиману досягла 368 екз·м<sup>-3</sup>.

Відмічена та закономірність, що біомаса збільшується в напрямі від південної до центральної і північної частин лиману. Найбільша біомаса масового організму, наупліальної стадії *Cirripedia*, в липні 1955 р. спостерігалась біля східного берега, де вона становила 841 мг·м<sup>-3</sup>. Найбільша біомаса *Acartia clausi* була виявлена біля західного узбережжя в районі Алтагиру, де вона становила 50 мг·м<sup>-3</sup>. Загальна біомаса зоопланктону (середня по всьому плесу) склала 156 мг·м<sup>-3</sup>. В найбагатшій на зоопланктон ділянці центральної частини лиману, біля західного узбережжя, біомаса досягала 1200-1500 мг·м<sup>-3</sup> [4, 5].



Рис. Довготривалі зміни просторового розподілу біомаси зоопланктону ( $\text{мг}\cdot\text{м}^{-3}$ ) в Молочному лимані: 1 – липень 1955 р. [5], 2 – серпень 1999 р., 3 – серпень 2009 р.

В період з 1971 до 1979 рр. вивченням Молочного лиману займалися фахівці кафедри зоології Мелітопольського державного педагогічного інституту. У 1971 р. у зв'язку з побудовою нової протоки відбулася тимчасова ізоляція Молочного лиману від Азовського моря. В результаті цього виникло значне обміління водойми та різка зміна його гідрологічного та гідрохімічного режимів. За короткий проміжок часу солоність зросла до 30,1-35 ‰, що несприятливо відбилосся на якісному і кількісному складі зоопланктону. Відмічалосся значне падіння видового розмаїття зоопланктону (з 40 до 30 таксонів). Найпоширенішими формами були представники ракоподібних: веслоногі (Copepoda), гіллястовусі (Cladocera) і їх науплії. В 70-ті роки найважливішим чинником, що вплинув на зоопланктон, виявилось підвищення солоності. Різко зменшилося число веслоногих і гіллястовусих ракоподібних та коловертток. Одночасно спостерігається стирання меж між ділянками акваторії (верхів'я, середня частина, пониззя) і формується один комплекс планктонних організмів. Він включає копепод, гіллястовусих, личинок вусоногих, молюсків і поліхет. Після відновлення в 1972 р. водообміну між лиманом і морем видовий склад зоопланктону досягає біля 40 видів. Середньорічна біомаса зоопланктону Молочного лиману складала  $150 \text{ мг}\cdot\text{м}^{-3}$ . Ситуація залишилась стабільною на протязі 70-х – 80-х рр. ХХ ст. [3, 8].

З 1997 р. для лиману характерні коливання між тимчасовим ізолюваним станом та періодами взаємодії з Азовським морем. В періоди функціонування протоки солоність становить 14,7-18,4 ‰, під час ізоляції водойма показники солоності досягають 21,2-27,2 ‰. У зв'язку з ним спостерігаються деякі зміни [1, 2]. Всього за період з 1997 до 2000 рр. було виявлено 48 видів молюсків. Видовий склад молюсків в цей період був близький до видового складу за 1991-1997 рр. [1]. При цьому їх основну кількість складали види з пелагічною личинкою – *Mytilaster lineatus*, *Cerastoderma clodiens* та *Abra ovate*.

В період ізоляції водойми та підвищення її солоності спостерігалось зниження видового різноманіття молюсків до 41 виду, що не могло не вплинути на склад мезопланктону [5].

Загальна численність (екз·м<sup>-3</sup>) та біомаса (мг·м<sup>-3</sup>) зоопланктону Молочного лиману в липні 1955 р., серпні 1999 р. та серпні 2009 р.

Станції	1955 р.*		1999 р.		2009 р.	
	Чисельність	Біомаса	Чисельність	Біомаса	Чисельність	Біомаса
1	9200	20	-	-	-	-
2	5070	24	7460	56	-	-
3	1820	5	3010	11	-	-
5	6760	24	13580	100	8695	194
6	7320	36	9720	108	-	-
7	6800	13	11340	71	-	-
8	10700	31	9930	60	1278	36
9	3079	41	7240	89	-	-
10	3510	13	-	-	3894	94
11	25500	106	6240	37	4899	172
12	5700	41	5410	34	-	-
13	50250	466	6390	70	1056	18
14	173500	918	-	-	1143	16
15	14980	59	9120	45	-	-
16	40500	174	16820	221	1770	33
17	145000	539	13310	196	1417	25
18	66500	143	-	-	-	-
20	-	-	-	-	15997	291
<b>Середнє</b>	<b>33658</b> ± 12351	<b>156</b> ± 61	<b>9198</b> ± 1062	<b>84</b> ± 17	<b>4461</b> ± 1670	<b>98</b> ± 33

Примітка. \*Згідно даних Л.Г. Коваль [5]

В період з 2005 до 2009 рр. зв'язок з Азовським морем знову було порушено та відбувалося обміління та пересихання північної та північно-східної частини Молочного лиману, що супроводжувалось підвищенням солоності води. Це призвело за даними наших спостережень до зниження численності та видового різноманіття зоопланктону. Однак загальна середня біомаса за отриманими нами даними залишилася сталою.

#### Висновки

Отже, аналізуючи змінення просторового розподілу численності та біомаси зоопланктону Молочного лиману з часом (рис., табл.), було встановлено, що максимальні значення спостерігаються в періоди взаємодії лиману з Азовським морем, що підтверджує залежність численності і біомаси від водообміну з Азовським морем та солоністю води.

1. *Анистратенко О. Ю.* Новые данные о фауне брюхоногих моллюсков Молочного лимана и прилегающей части Азовского моря / О. Ю. Анистратенко, Д. П. Литвиненко, В. В. Анистратенко // Экология моря. – 2000. – Вып. 50. – С. 45 – 48.
2. *Антоновский А. Г.* Динамика видового состава зообентоса Молочного лимана / А. Г. Антоновский / Мат. между. научн.-практ. конф. «Геоэкологические и биоэкологические проблемы Северного Причерноморья». – Тирасполь, 2001. – С. 13 – 15.
3. *Антоновский А. Г.* Моллюски Молочного лимана / А. Г. Антоновский / Конф. молодых ученых. – Севастополь, 2001. – С. 60 – 62.
4. *Антоновський А. Г.* Сравнение малакофауны Молочного лимана и прилегающей зоны Азовского моря / А. Г. Антоновський, И. С. Митяй / Тез. Всеукр. зоолог. конф. – Кривий Ріг, 2001. – С. 82 – 84.
5. *Коваль Л. Г.* Зоопланктон Молочного лиману / Л. Г. Коваль // Біологічне обґрунтування розвитку кефального господарства східного Сиваша і Молочного лиману. – Пр. Ін-ту гідробіол. АН УРСР, 1960. – № 35. – С. 138 – 142.
6. *Новожилова А. Н.* Изменения в зоопланктоне Азовского моря в условиях меняющегося режима / А. Н. Новожилов // Тр. ВНИРО. – 1955. – Т. 31.



7. Пашкова О. В. Зоопланктон / О. В. Пашкова / Методи гідроекологічних досліджень поверхневих вод [За ред. В.Д. Романенка]. НАН України. Ін-т гідробіології.– К. : ЛОГОС, 2006.– С. 85 – 100.
8. Поважный В. В. Особенности функционирования зоопланктонного сообщества Таганрогского залива Азовского моря / В. В. Поважный : автореф. дисс. на соискание учёной степени канд. биол. наук. Спец. 25.00.28 “Океанология” – Мурманск, 2009. – 25с.
9. Прошкина-Лавренко А. И. Водоросли Молочного лимана / А. И. Прошкина-Лавренко // Бот. матер. отд. споров. раст. Бот. ин-та АН СССР.– 1950.– Т. 6.– С. 7 – 12.

*О.И. Переpravka, Б.Г. Александров*

Одесский филиал Института биологии южных морей им. А.А. Ковалевского НАН Украины

#### ЗООПЛАНКТОН МОЛОЧНОГО ЛИМАНА В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЕНИЯ ЕГО ГИДРОЛОГИЧЕСКОГО РЕЖИМА

Приведены результаты исследования пространственно-временного распределения численности и биомассы зоопланктона Молочного лимана. Выявлены закономерности распределения в зависимости от изменений его гидрологического и гидрохимического режимов, что связано с водообменом с Азовским морем.

*Ключевые слова: зоопланктон, гидрологический режим, Молочный лиман*

*O.I. Perepravka, B.G. Alexandrov*

Odessa Branch of O.O. Kovalevsky Institute of Biology of Southern Seas NAS of Ukraine

#### ZOOPLANKTON OF MOLOCHNYI ESTUARY UNDER CONDITIONS OF CHANGE THE HYDROLOGICAL REGIME

The results of the investigation of spatial and temporal distribution of abundance and biomass of zooplankton in Molochnyi estuary was represented. The trend of distribution depending on changes of its hydrological and hydrochemical regulations connected with water exchange with Sea of Azov has been revealed.

*Key words: zooplankton, hydrological regime, Molochnyi estuary*

Рекомендує до друку

Надійшла 16.09.2010

В.З. Курант

УДК 910.3:556(477.75)

Е.А. ПОЗАЧЕНЮК, Л.М.СОЦКОВА, В.Ф.СИРИК, Е.В.ЛОКТЕВА

Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского  
пр-т Вернадского,4, Симферополь, 95017

### **ЛАНДШАФТНЫЕ ПОДХОДЫ К ОБОСНОВАНИЮ ВОДООХРАННЫХ И САНИТАРНЫХ ЗОН СИМФЕРОПОЛЬСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА**

---

Обоснованы подходы к установлению водоохранных и санитарных зон Симферопольского водохранилища и корректировка их границ с учетом позиционно-динамической ландшафтной структуры территории водосборного бассейна р. Салгир.

*Ключевые слова: ландшафты, водоохранные и санитарные зоны, водохранилище*

Крым – вододефицитный регион. Все реки полуострова относят к малым, равно как по их длине, так и по водности. Вместе с тем, водоснабжение многих населенных пунктов, в том

числе Симферополя, базируется на зарегулированном местном стоке. Количество и качество водных ресурсов – важнейший ограничивающий фактор их развития. Активное преобразование полуострова, и, в частности, рекреационная направленность его развития, предъявляют повышенные требования к организации охраны речных вод.

Целью статьи является обоснование установления водоохранных и санитарных зон Симферопольского водохранилища и корректировка их границ с учетом позиционно-динамической ландшафтной структуры территории водосборного бассейна р. Салгир.

### Материал и методы исследований

Использованы карты землепользования, банк данных рекогносцировочных и инвентаризационных полевых наблюдений на территории водосборного бассейна, полевые ландшафтные исследования и ландшафтное картирование, в том числе геосистем водоохранного назначения.

### Результаты исследований и их обсуждений

Симферопольское водохранилище является важным источником водных ресурсов, используемых в целях водоснабжения Симферополя и орошения сельскохозяйственных полей в пределах территории Салгирской оросительной системы. Вместе с тем, водохранилище и его бассейн постепенно превращаются в аккумулятор загрязняющих веществ. Расположение жилых массивов и несанкционированное строительство в пределах поймы и первой надпойменной террасы, интенсивное использование территории в с.-х. целях привело к снижению средообразующего и водорегулирующего потенциала бассейна р. Салгир и как следствие – к понижению категории водохранилища. Одним из первоочередных мероприятий по стабилизации экологического состояния Симферопольского водохранилища является решение о проектировании водоохранной и санитарных зон, принятое постановлением Правительства Автономной Республики Крым [1].

Под водоохранной зоной (ВЗ) понимают прибрежную территорию и мелководье, в границах которых устанавливается специальный режим природопользования, препятствующий загрязнению, засорению и истощению вод, абразии берегов, развитию эрозионных процессов, трансформации подтопленных земель в заболоченные. Порядок определения размеров и границ водоохранных зон, а также режима ведения в них хозяйственной деятельности отражены в нормативных документах [2 - 4].

Минимальные размеры ВЗ определяют согласно [3]:

$$ВЗ = С_{р\%} + L_{р\%}, \text{ где} \quad (1)$$

$С_{р\%}$  – ширина полосы среднемеженного уровня воды к границе максимального затопления разной обеспеченности (при  $р\%=1\%$ );  $L_{р\%}$  – ширина водоохранной зоны при принятом расчетном максимуме обеспеченности.

Далее размеры  $L_{р\%}$  коррелируются введением дополнительных коэффициентов и описываются следующим образом:

$$L_{р\%} = L_0 \cdot \lambda_{р1\%} \cdot K_{л} \cdot K_{гр} \cdot K_{с} \cdot K_{ш} \pm \Delta l_i, \text{ где} \quad (2)$$

$L_0$  – ширина водоохранной зоны эталона от границы затопления в средних условиях;  $\lambda_{р1\%}$  – коэффициент перехода от среднесезонного максимума склонового стока к стоку расчетной 1% обеспеченности;  $K_{л}$  – коэффициент перехода от лиственного леса к другому лесу;  $K_{гр}$  – коэффициент перехода от супесчаных грунтов к другим по механическому составу;  $K_{с}$  – коэффициент перехода от склонов северной экспозиции к другим экспозициям;  $K_{ш}$  – коэффициент перехода от покрытого лесом склона к безлесному склону;  $\Delta l_i$  – величина поправки к ширине  $L_{р\%}$ , что учитывает смену уклона склона в сравнении с эталоном -  $2,5^\circ$ .

$$\Delta l_i = 0,27 L_{ср} \cdot \Delta i \quad (3)$$

Коэффициент 0,27 определен по средним значениям смены коэффициента весеннего склонового стока в многоводные годы.  $L_{ср}$  – ширина ВЗ, определенная по формуле (1), без  $\Delta l_i$ ;  $\Delta i$  – разница в градусах между фактическим уклоном склона и  $2,5^\circ$  (при уклоне больше  $2,5^\circ$   $\Delta l_i$  имеет положительное значение; при уклоне меньше  $2,5^\circ$  – отрицательное).

Введение системы коэффициентов базируется на анализе ландшафтной структуры территории, с учетом площадей и конфигураций ландшафтных комплексов на уровне типов

местностей. Очевидным является факт того, что распределение загрязняющих веществ зависит от экологического потенциала ландшафтов водосборного бассейна реки Салгир, их способности накапливать и очищать вредные вещества. Эти свойства ландшафтов определяются их географическим положением, типом рельефа, характером атмосферной циркуляции, количеством средообразующих геосистем, типом хозяйственного использования территории и др. Под ландшафтами понимается геосистемы в состав которых входят не только естественные, но и антропогенные составляющие.

Первый этап ландшафтно-экологического обоснования выделения охранных зон состоял в создании ландшафтной карты бассейна р.Салгир на уровне типов местностей (М 1:25 000). Ландшафтная карта имеет сложную структуру и, в пределах водосборной площади, отражает два ландшафтных уровня. Предгорный уровень представлен одной зоной - предгорных разнотравных степей, шибляковых зарослей, лесостепей и дубовых лесов и одним поясом. Среднегорный уровень состоит из двух зон: зоны северного макросклона дубовых, смешанных широколиственных, буковых и частично сосновых лесов, включающих три пояса; зоны горной лесостепи и горных лугов на яйлинских нагорьях и плато, представленной одним поясом. В настоящее время ландшафты бассейна р. Салгир под влиянием хозяйственной деятельности сильно изменены. Здесь располагаются сельскохозяйственные угодья, животноводческие комплексы (в т. ч. птицефабрика «Южная»); селитебные и промышленные комплексы (завод по производству кирпича и предприятие «Крымрудпром»- открытый карьер по добычи щебня); промышленно-инфраструктурные (автодорога I-го класса, автозаправочные станции,); коммунально-хозяйственные (очистные сооружения, пруды-отстойники, кладбище, свалки мусора) системы.

Растительность естественных ландшафтов чаще всего представлена разными стадиями дигрессии вплоть до петрофитных степей и кустарниковых зарослей или заменена искусственными лесонасаждениями. В следствие интенсивной хозяйственной нагрузки на территорию водосборного бассейна Симферопольского водохранилища экологическое состояние последнего не соответствует требованиям, предъявляемым к подобного рода объектам. Поэтому, учитывая вышеизложенное, минимальная ширина ВЗ установлена: для Симферопольского водохранилища 750-1000 м; для рек бассейна 250-500 м. В пределах ВЗ на основании нормативно-законодательных материалов [2, 3] выделяются прибрежные защитные полосы. Их размеры приняты: для водохранилища 100 м; для рек бассейна 50 м.

В целях обеспечения санитарно-эпидемиологической надежности Симферопольского водохранилища согласно статье 93 «Водного кодекса Украины» [2, 3] устанавливаются три зоны санитарной охраны (ЗСО). Последние предусматриваются на источниках водоснабжения в месте забора воды. ЗСО должны состоять из трех поясов: первого – строгого режима; второго и третьего – режимов ограничения. Граница первого пояса ЗСО устанавливаются на расстоянии от водозабора: по акватории во всех направлениях – не менее 100 м; по прилегающему к водозабору побережью – не менее 100 м от уреза воды при нормальном подпорном уровне (НПУ). Границы второго пояса ЗСО необходимо устанавливать от водозабора: по акватории 3 км при количестве ветров до 10% в сторону водозабора и 5 км при количестве ветров более 10%; боковые границы – от уреза воды при НПУ в водохранилище на расстоянии не более 750м при пологом и 1000 м при крутом склонах. Границы третьего пояса ЗСО должны быть же по акватории такими как для второго пояса, а по суше – проходить по водоразделу, но не более 3-5 км от реки или водохранилища.

### **Выводы**

В ВЗ и ЗСО необходимо формировать определенную, установленную нормативно-законодательными материалами и смоделированную для конкретной ситуации, ландшафтную структуру.

В пределах обоснованных выше ВЗ и ЗСО Симферопольского водохранилища, предстоит провести большую работу институту “КрымГипроводхоз”, Минэкобезопасности Крыма, СЭС, при понимании и содействии местных жителей, по приведению ландшафтной структуры территорий выделенных зон в соответствии с выработанными нормами.

1. *Постановление* Правительства Автономной Республики Крым № 396. – Действ. от 1996-10-12.– 1996. – 26 с.
2. *Водный кодекс* Украины : Экологическое законодательство. – Т. 1. – 1996. – 190 с.
3. *Проектвання, упорядкування та експлуатація водоохоронних зон водосховищ*: ВБН 33 – 4759129. – Чинний від 1995. 03.05. – К. , 1993. – 70 с.

*Е.А. Позаченюк, Л.М. Соцкова, В.Ф. Сірик, О.В. Локтева*

Таврійський національний університет ім. В.І. Вернадського, Сімферополь, Україна

### ЛАНДШАФТНІ ПІДХОДИ ДО ОБГРУНТУВАННЯ ВОДООХОРОННИХ І САНІТАРНИХ ЗОН СІМФЕРОПІЛЬСЬКОГО ВОДОСХОВИЩА

Обгрунтовано водозахисні і санітарні зони Сімферопільського водосховища і відкореговано їх межі з урахуванням позиційно-динамічної ландшафтної структури території водозбірного басейну р. Салгір.

*Ключові слова: ландшафт, водоохоронні і санітарні зони, водосховище*

*E.A. Pozachenyuk, L.M. Sotckova, V.F. Syryk, E.V. Lokteva*

Tavrida National V.I. Vernadsky University, Simferopol, Ukraine

### LANDSCAPE APPROACHES TO THE SUBSTANTIATION OF WATER PROTECTION AND SANITARY ZONES OF THE SIMFEROPOL RESERVOIR

Substantiation study of water protection and sanitary zones of Simferopol reservoir and adjustment of their borders according to positional and dynamic landscape structure of the territory of the catchment basin of the Salgir River has been discussed.

*Key words: landscapes, water protection and sanitary zones, reservoir*

Рекомендує до друку

Надійшла 16.09.2010

В.В. Грубінко

УДК: 595.351.6

О.П. ПОЛТАРУХА

Учреждение российской академии наук Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН Ленинский проспект, 33, Москва, 119071, Россия

## **УСОНОГИЕ РАКИ (CIRRIPEDIA, THORACICA) МОРЯ УЭДДЕЛЛА**

Впервые исследована фауна усонюгих раков (Cirripedia Thoracica) моря Уэдделла. В сборах с глубин 170-636 м определено 5 видов: *Anguloscalpellum angulare*, *Australscalpellum schizmatoplacinum*, *Litoscalpellum aurorae*, *L. korotkevitschae*, *Weltnerium bouvieri*. Получены новые данные по их морфологии и вертикальному распределению.

Ключевые слова: усоногие раки, Антарктика, море Уэдделла

К настоящему времени опубликовано большое число работ по фауне усоногих раков Антарктики. Исследования этой группы в нотальных водах начались еще в XIX веке [9] и продолжались в XX веке [1, 2, 7, 8, 11, 12, 13]. Итоги исследований были обобщены в крупной сводке, посвященной усоногим ракам Антарктики [10]. После ее выхода фауна усоногих раков данного региона стала считаться хорошо изученной, что вызвало снижение интереса к ней. Начиная с 1972 г. опубликовано всего несколько работ по Cirripedia Антарктики, преимущественно глубоководным видам из ее Атлантического сектора [3, 5, 6, 15]. Вместе с тем, фауна усоногих раков такой крупной области Антарктики как море Уэдделла оставалась не исследованной, хотя соответствующая фауна примыкающих к морю районов Южных Оркнейских и Южных Сандвичевых островов, изучена довольно полно.

### Материал и методы исследований

Исследованы ранее неопределенные сборы усоногих раков из моря Уэдделла, собранные в 39-ом рейсе немецкого научно-исследовательского судна "Polarstern". В настоящее время эти сборы хранятся в ЗИН РАН и были предоставлены автору для обработки. Ниже приводится краткая характеристика станций с указанием найденных на них усоногих раков.

Станция 1, проба №1, 05.02.1996, 71°02,10' ю.ш., 11°19,30' з.д., 462-481 м, *Weltnerium bouvieri* - 5 экз., *Litoscalpellum korotkevitschae* - 1 экз.

Станция 4, проба №10, 20.02.1996, 71°41,50' ю.ш., 12°31,70' з.д., 436 м, *Weltnerium bouvieri* - 1 экз.

Станция 6, проба №1, 08.02.1996, 71°31,28' ю.ш., 13°35,00' з.д., 254-261 м, *Weltnerium bouvieri* - 2 экз.

Станция 7, проба №1, 08.02.1996, 71°26,80' ю.ш., 13°44,00' з.д., 215 м, *Weltnerium bouvieri* - 3 экз.

Станция 8, проба №2, 09.02.1996, 71°18,45' ю.ш., 12°16,30' з.д., 170-175 м, *Anguloscalpellum angulare* - 1 экз.

Станция 9, проба №11, 26.02.1996, 71°32,40' ю.ш., 12°26,10' з.д., 554-570 м, *Weltnerium bouvieri* - 2 экз.

Станция 11, проба №4, 13.02.1996, 73°23,00' ю.ш., 21°12,90' з.д., 333-338 м, *Weltnerium bouvieri* - 3 экз., *Litoscalpellum korotkevitschae* - 1 экз.

Станция 17, проба №10, 16.02.1996, 73°19,00' ю.ш., 21°14,00' з.д., 465-468 м, *Weltnerium bouvieri* - 2 экз., *Litoscalpellum aurorae* - 1 экз.

Станция 25, проба №19, 23.02.1996, 71°22,88' ю.ш., 14°18,50' з.д., 622-636 м, *Anguloscalpellum angulare* - 1 экз., *Australscalpellum schizmatoplacinum* - 1 экз.

Станция 29, проба №4, 28.02.1996, 71°30,30' ю.ш., 12°27,80' з.д., 504-529 м, *Weltnerium bouvieri* - 6 экз.

### Результаты исследований и их обсуждение

В море Уэдделла найдено 5 видов Cirripedia. Один из них впервые найден в Атлантическом секторе Антарктики. Для 3 видов увеличена ранее известная максимальная глубина обитания. Получены новые данные по морфологии исследованных видов.

Ниже приведены краткие пояснения к обнаруженным в море Уэдделла усоногим ракам, а также оригинальная определительная таблица для их идентификации.

*Anguloscalpellum angulare* (Nilsson-Cantell, 1930) (рис. 1).

Исследованные особи хорошо соответствовали литературным описаниям [4, 10, 12, 13, 15] за исключением отсутствия волосков на покрывающей тело животного кутикуле. Можно предположить, что эти волоски были обломаны при фиксации, или их отсутствие отражает внутривидовую изменчивость *A. angulare*. В любом случае, использовать данный признак в

качестве диагностического, как это иногда предлагается [4] представляется нецелесообразным. Нахождения *A. angulare* в море Уэдделла расширяют ареал этого вида к юго-востоку и увеличивают максимальную известную глубину его обитания.

*Australscalpellum schizmatoplacinum* Newman et Ross, 1971 (рис. 2).

Морфология исследованного экземпляра полностью соответствует морфологии взрослых особей, описанных в литературе [4, 10], за исключением явной ошибки в изображении средней латералии на рисунке в работе Г.Б. Зевиной [4]. Нахождение *A. schizmatoplacinum* в море Уэдделла несколько расширяет ареал данного вида к югу и увеличивает максимальную известную глубину его обитания.

*Litoscalpellum aurorae* (Vage, 1938) (рис. 3).

Все описанные в литературе особи данного вида отличались гораздо меньшими размерами – до 22 мм. Исследованный в данной работе экземпляр имел длину 50 мм и отличался большей степенью редукции табличек, что вполне закономерно для видов подсемейства *Meroscalpellinae*. Морфология ротовых органов и каудальных придатков у исследованного экземпляра соответствует литературным данным [4]. Данное нахождение *L. aurorae* – первое в Атлантическом секторе Антарктики, а также с гораздо большей глубины, чем предыдущие находки. Ранее этот вид был известен только у Индоокеанского побережья Антарктики

*Litoscalpellum korotkevitschae* (Zevina, 1968) (рис 4 А, Б).

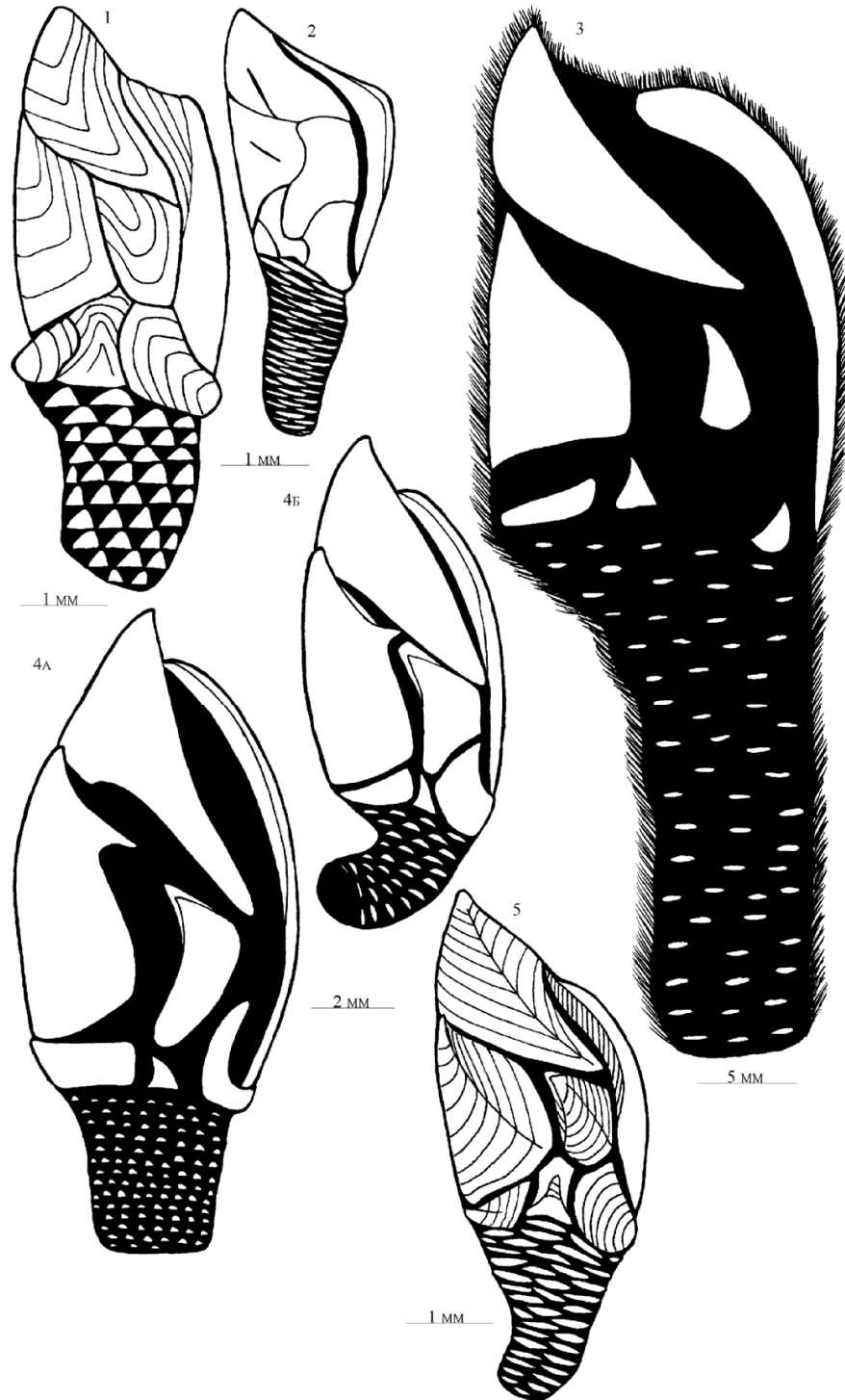
В этой работе впервые исследован молодой экземпляр данного вида со слабо выраженной редукцией табличек (рис. 4Б). В целом морфология исследованных экземпляров соответствует литературным данным [2, 4, 10], отличаясь только некоторыми деталями. Так исследованные в настоящей работе особи, как и особи из района Оркнейских островов [10] имели небольшие зубы на лабруме, тогда как у особей из залива Алашеева зубы на лабруме отсутствовали [2, 4]. Морфологическое сходство дает основания присоединиться к мнению [4] о том, что *L. fissicarinatum* является младшим синонимом *L. korotkevitschae*, вопреки предлагаемому в недавней работе [14] рассмотрению *L. fissicarinatum* и *L. korotkevitschae* в качестве отдельных видов. Нахождения *L. korotkevitschae* в море Уэдделла несколько расширяют его ареал к югу.

*Weltnerium bouvieri* (Gruvel, 1906) (рис. 5).

Исследования экземпляров из моря Уэдделла подтверждает мнение [14] о том, что *W. weltneri* является младшим синонимом *W. bouvieri*. Хотя морфология исследованных особей характеризовалась высокой изменчивостью, она соответствовала описаниям *W. weltneri* и *W. bouvieri* в литературе [1, 2, 4, 7, 8, 10, 11]. Хотя данный вид имеет циркумантарктический ареал, для моря Уэдделла он указывается впервые.

Определительная таблица усоногих раков моря Уэдделла:

- |                                                                                                                                                                             |                                            |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|
| 1 (2). Скутум и тергум с трещиной.....                                                                                                                                      | <i>Australscalpellum schizmatoplacinum</i> |
| 2 (1). Скутум и тергум без трещины.....                                                                                                                                     | 3                                          |
| 3 (4). Таблички обызвествлены частично. Средняя латералия треугольная.....                                                                                                  | 7                                          |
| 4 (3). Таблички обызвествлены полностью. Средняя латералия прямоугольная, пятиугольная или в форме песочных часов.....                                                      | 5                                          |
| 5 (6). На внутренней поверхности скутума имеется углубление, в котором находится карликовый самец. Пупок средней латералии отчетливо выступает вверх над ее плоскостью..... | <i>Anguloscalpellum angulare</i>           |
| 6 (5). Углубление на внутренней поверхности скутума отсутствует. Пупок средней латералии не выступает над ее плоскостью.....                                                | <i>Weltnerium bouvieri</i>                 |
| 7 (8). Скутум с терго-апикальной ветвью.....                                                                                                                                | <i>Litoscalpellum korotkevitschae</i>      |
| 8 (7). Скутум без терго-апикальной ветви.....                                                                                                                               | <i>Litoscalpellum aurorae</i>              |



1. Зевина Г. Б. Усоногие раки рода *Scalpellum* в сборах советской антарктической экспедиции на д/э "Обь" в антарктических и субантарктических водах / Г. Б. Зевина // Исследования фауны морей. — 1964. — 2(10). — С. 252 – 254.
2. Зевина Г. Б. Новые и редкие виды усоногих раков из Антарктики / Г. Б. Зевина // Исследования фауны морей. — 1968. — Т. 6(14). — С. 85 – 96.
3. Зевина Г. Б. Усоногие раки, собранные в 11-ом рейсе нис "Академик Курчатов" в Атлантическом секторе Антарктики / Г. Б. Зевина // Тр. Ин-та океанологии. — 1975. — 103. — С. 183 – 192.
4. Зевина Г. Б. Усоногие раки подотряда *Lepadomorpha* Мирового океана. Ч. 1. Семейство *Scalpellidae* / Г. Б. Зевина. — Л.: Наука, 1981. — 407 с.
5. Зевина Г. Б. Глубоководные усоногие раки (*Cirripedia*, *Thoracica*) Южной Атлантики / Г. Б. Зевина // Тр. Ин-та океанологии. — 1990. — № 126. — С. 80 – 89.

6. Зевина Г. Б. Абиссальные виды скальпеллид (Cirripedia, Thoracica) Атлантического сектора Антарктики / Г. Б. Зевина // Тр. Ин-та океанологии. — 1993. — № 127. — С. 122 – 128.
7. Gruvel A. Crustacea. VI. Cirrhipèdes / A. Gruvel // Nat. Antarctic Exped. 1901-1904. Nat. Hist., Zoology and Botany. — 1907. — № 3. — P. 1 – 4.
8. Gruvel A. Note préliminaire sur les cirrhipèdes pèdonculès recueillis par l'expédition antarctique allemande du "Gauss" / A. Gruvel // Bull. Soc. Zool. France. — 1907. — № 32. — P. 157 – 163.
9. Hoek P. P. C. Report on the Cirripedia collected by Challenger during the years 1873 – 1876 / P. P. C. Hoek // Reports Sci. Res. Voyage H.M.S. Challenger. Zool. P. — 1883. — № 25. — P. 1 – 169.
10. Newman W. A. Antarctic Cirripedia / W. A. Newman, A. Ross // Antarctic Research Series. — 1971. — № 14. — 257 p.
11. Nilsson-Cantell C. A. Antarktische u. subantarktische Cirripedien / C. A. Nilsson-Cantell // Ark. Zool. Stockholm. — 1926. — № 27. — P. 1 – 16.
12. Nilsson-Cantell C. A. Thoracic cirripedes, collected in 1925-1927 / C. A. Nilsson-Cantell // Discovery Rep. Cambridge. — 1930. — № 2. — P. 223 – 260.
13. Nilsson-Cantell C. A. Thoracic Cirripedia, collected in 1925-36 / C. A. Nilsson-Cantell // Discovery Rep. Cambridge. — 1939. — № 18. — P. 223 – 238.
14. Young P. S. The Scalpelloomorpha (Crustacea, Cirripedia), with a list of extant species (except the Calanticidae) / P. S. Young // Galathea Rep. — 2007. — № 21. — P. 7 – 73.
15. Young P. S. Antarctic Cirripedia (Crustacea) collected by the Brazilian Antarctic Program (1983-1986) / P. S. Young, A.C. Leta // Iheringia, Sér. Zool., Porto Alegre. — 1996. — Vol. 80. — P. 121 – 126.

*О.П. Полтаруха*

Установа Російської академії наук Інститут проблем екології і еволюції ім. О.М. Северцова РАН, Москва  
ВУСОНОГІ РАКИ (CIRRIPEDIA, THORACICA) МОРЯ УЕДДЕЛЛА

Вперше досліджено фауну вусоногих раків (Cirripedia Thoracica) моря Уедделла. В зборах з глибини 170-636 м визначено 5 видів: *Anguloscalpellum angulare*, *Australscalpellum schizmatoplacinum*, *Litoscalpellum aurorae*, *L. korotkevitschae*, *Weltmerium bouvieri*. Отримані нові дані про їх морфологію та вертикальний розподіл.

*Ключові слова:* вусоногі раки, Антарктика, море Уедделла

*О.Р. Poltarukha*

Establishment of the Russian Academy of Sciences Institute of Problems of Ecology and Evolution the name of A.N. Severtsov, Moscow

THE BARNACLES (CIRRIPEDIA, THORACICA) OF WEDDELL SEA

The barnacle (Cirripedia Thoracica) fauna of Weddell Sea is investigated for the first time. There was identified 5 species collected from the depths of 170-636 m such as *Anguloscalpellum angulare*, *Australscalpellum schizmatoplacinum*, *Litoscalpellum aurorae*, *L. korotkevitschae*, *Weltmerium bouvieri*. A new data about their morphology and vertical distribution are obtained.

*Key words:* barnacles, Antarctic, Weddell Sea

Рекомендує до друку

Надійшла 16.09.2010

В.З. Курант



УДК [556.551.3/.4]

О.О.УХАНЬ

Український науково-дослідний гідрометеорологічний інститут МНС України та НАН України  
пр-т Науки, 37, Київ, 03028

## **ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОСТОРОВО-ЧАСОВОГО РОЗПОДІЛУ СПОЛУК АЗОТУ ТА ФОСФОРУ У ВОДІ Р. СІВЕРСЬКИЙ ДОНЕЦЬ**

Розглянуто особливості сезонної динаміки сполук азоту та фосфору за течією р. Сіверський Донець. Показано, що накопичення амонійного азоту та фосфору мінерального для верхньої та середньої частин річки є результатом антропогенного впливу, зростання нітратного азоту є природними процесом його перетворення.

*Ключові слова:* біогенні речовини, азот амонійний, азот нітратний, нітрифікація, фосфор мінеральний

Формування та розподіл біогенних речовин, серед яких є сполуки азоту і фосфору, у воді р. Сіверський Донець відбувається в умовах впливу техногенних чинників унаслідок великої кількості міст, розташованих за течією річки. Надлишкові концентрації сполук азоту та фосфору призводять до евтрофування природних вод та погіршення їхньої якості. В попередніх дослідженнях [4, 6] нами було розглянуто закономірності багаторічної динаміки біогенних речовин.

Мета цього дослідження – визначення особливостей просторово-часового розподілу сполук азоту і фосфору за течією Сіверського Дінця та їхньої динаміки для кожної пори року.

### **Матеріал і методи досліджень**

На підставі багаторічних даних, отриманих на мережі Державної гідрометеорологічної служби України, та з використанням багатоцільової інформаційно-аналітичної комп'ютерної системи [5], розробленої в УкрНДГМІ, було розраховано середні концентрації амонійного  $NH_4^+$ , нітратного  $NO_3^-$ , нітритного азоту  $NO_2^-$  та фосфору мінерального  $P_{min}$  за течією Сіверського Дінця. Для визначення особливостей сезонної динаміки сполук азоту та фосфору було обрано два роки залежно від температур у холодний період року (грудень, січень, лютий) [3]. Роки з максимально холодними температурами – 2005–2006 рр., та 2000–2001 рр. як роки з мінімально-холодними температурами. Розглянуто динаміку біогенних речовин для кожного окремої пори та виконано їх порівняльний аналіз.

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

Середні за сезон температури досліджуваних 2005–2006 рр. характеризувалися такими величинами: зима – до  $-8^\circ C$ , весна –  $+7,1^\circ C$ , літо до  $+20,2^\circ C$ , осінь до  $+8,5^\circ C$ .

Наявність в незабруднених природних водах іонів амонію пов'язана з процесами біохімічної деградації білкових речовин [7]. Середня концентрація амонійного азоту у воді р. Сіверський Донець для 2005–2006 рр. складала  $0,45 \text{ мг N/дм}^3$ . Взимку амплітуда коливань значень амонійного азоту знаходилася в межах  $0,3\text{--}1,5 \text{ мг N/дм}^3$ , причому найбільші величини спостерігалися на ділянці м. Чугуїв – м. Зміїв (рис. 1).

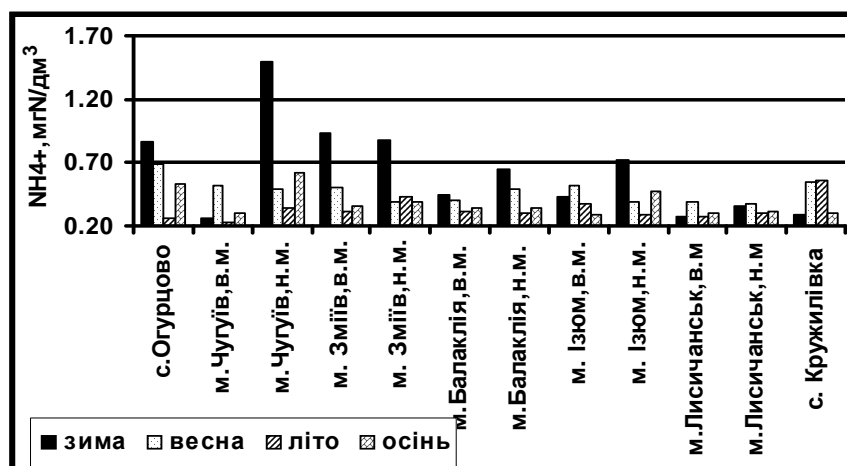


Рис. 1. Сезонна динаміка амонійного азоту за течією р. Сіверський Донець, 2005–2006 рр.

Окрім переважання природних процесів формування амонійного азоту (мінералізація органічної речовини), для цієї ділянки характерне додаткове його надходження з господарсько-побутовими стічними водами м. Харків до басейну р. Уди, яка спричиняє забруднення р. Сіверський Донець саме на цій ділянці. Навесні, при підвищенні температури повітря та інтенсивності процесів інвазії, спостерігається суттєве зниження вмісту іонів  $NH_4^+$  (до  $0,5 \text{ мг N/дм}^3$ ) внаслідок поновлення фотосинтетичної діяльності фітопланктону [1, 7]. Зазвичай, влітку спостерігається підвищення вмісту амонійних іонів, проте в нашому випадку концентрації амонійного азоту у воді р. Сіверський Донець зменшувалися (до  $0,3 \text{ мг N/дм}^3$ ), що може пояснюватися інтенсивними процесами його нітрифікації.

Наявність нітритних іонів  $NO_2^-$  пов'язана насамперед з процесами мінералізації органічних речовин і нітрифікації. Вони знаходяться в незначних концентраціях з максимумом під час літньої стагнації [1, 7]. Для р. Сіверський Донець середня концентрація нітритного азоту була незмінною для 2005–2006 рр. та 2000–2001 рр. і становила  $0,05 \text{ мг N/дм}^3$ .

Вміст нітратного азоту у воді р. Сіверський Донець протягом 2005–2006 рр. склав  $0,78 \text{ мг N/дм}^3$ . Походження нітратних іонів для вод верхньої та середньої частини річки (м. Чугуїв – м. Балаклія) носить як природний (внутрішньоводоймні процеси), так і антропогенний характер (надходження з господарсько-побутовими стічними водами великих міст). Для нижньої частини (м. Лисичанськ – с. Кружилівка) у походженні нітратного азоту переважає природний чинник (вимивання з ґрунтового комплексу Донецького кряжу), саме тому величина іонів  $NO_3^-$  на цій ділянці стабільно висока для кожного сезону і коливається в межах  $1,1\text{--}1,3 \text{ мг N/дм}^3$ . Найвищі сезонні значення ( $0,9\text{--}1,8 \text{ мг N/дм}^3$ ) спостерігалися на ділянці м. Чугуїв – м. Зміїв протягом періоду плюсових температур (весна-осінь) (рис. 2). Саме тут відбувається забруднення Сіверського Дінця водами р. Уди. Найменші концентрації нітратного азоту характерні для зимового періоду ( $0,2\text{--}0,6 \text{ мг N/дм}^3$ ).

Результати дослідження зміни вмісту фосфатних іонів за довжиною р. Сіверський Донець свідчать про те, що вони практично не зазнають фізико-хімічної трансформації і надходять переважно зі стічними водами великих міст [2, 4]. Внаслідок цього на ділянці м. Чугуїв – м. Балаклія спостерігався найбільший вміст фосфатних іонів (в межах  $0,5\text{--}1,0 \text{ мг P/дм}^3$ ) для кожного з сезонів (рис. 3). Концентрації сполук фосфору в районі м. Лисичанськ відносно стабільні протягом року, що свідчить про природне їхнє походження. Середньорічна концентрація сполук  $P_{\text{мін}}$  складала  $0,49 \text{ мг P/дм}^3$ . Найменші концентрації спостерігалися навесні ( $0,3\text{--}0,5 \text{ мг P/дм}^3$ ), найбільші влітку – до  $0,9 \text{ мг P/дм}^3$ .

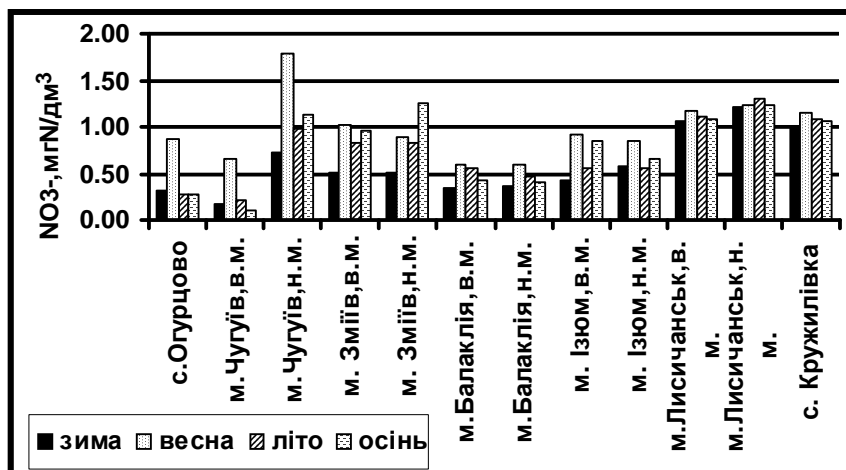


Рис. 2. Сезонна динаміка нітратного азоту у воді р. Сіверський Донець протягом 2005–2006 рр.

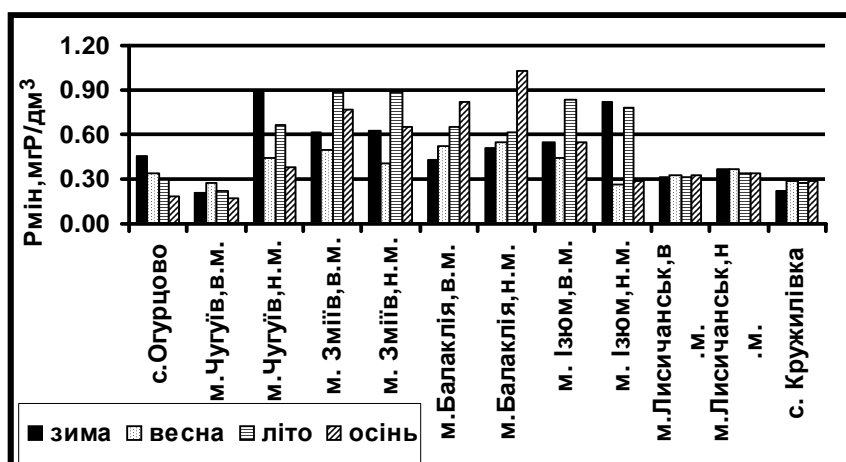


Рис. 3. Сезонна динаміка сполук фосфору мінерального у воді р. Сіверський Донець за течією протягом 2005–2006 рр.

Наступний період дослідження (2000–2001 рр.) характеризувався такими середньосезонними температурами: взимку –  $-1,8^{\circ}\text{C}$ , навесні –  $+8^{\circ}\text{C}$ , влітку до  $+20,2^{\circ}\text{C}$ , восени –  $+7,3^{\circ}\text{C}$ .

Середньорічний вміст амонійного азоту був меншим від величин попереднього періоду і дорівнював  $0,38 \text{ mg N/dm}^3$ . Найбільший вміст іонів  $\text{NH}_4^+$  характерний для зимового періоду –  $0,4\text{--}1,1 \text{ mg N/dm}^3$  (особливо на ділянці м. Чугуїв – м. Зміїв). Досить високі значення концентрації амонійних іонів (до  $0,8 \text{ mg N/dm}^3$ ) спостерігалися навесні та восени в створі нижче м. Чугуїв через антропогенне забруднення природних вод (рис. 4). Влітку інтенсивні процеси нітрифікації зумовили найменші концентрації амонійного азоту у воді (до  $0,3 \text{ mg N/dm}^3$ ).

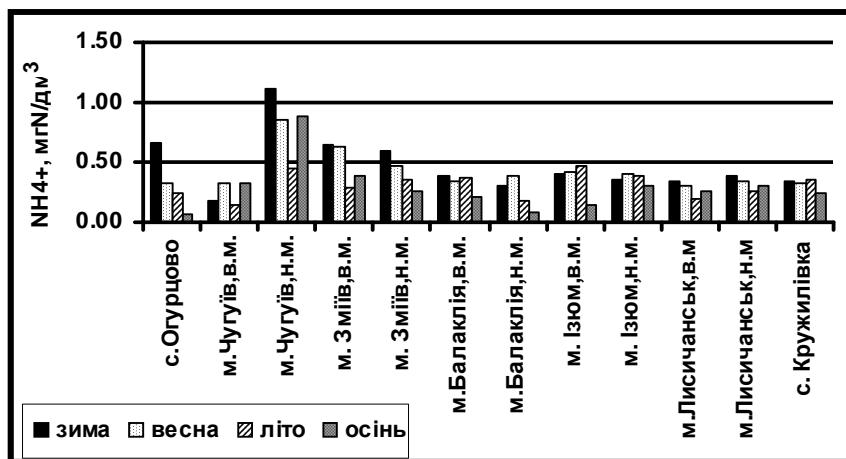


Рис. 4. Сезонна динаміка амонійного азоту у воді р. Сіверський Донець за течією протягом 2000–2001 рр.

Концентрація нітратного азоту протягом 2000–2001 рр. була більшою порівняно з попереднім періодом і дорівнювала 1,29 мг N/дм<sup>3</sup>. Найбільший вміст нітратних іонів (до 2,0 мг N/дм<sup>3</sup>) за течією спостерігався на ділянці м. Чугуїв – м. Балаклія протягом теплого періоду року. Для нижньої ділянки річки (м. Лисичанськ – с. Кружилівка) характерні високі значення вмісту іонів NO<sub>3</sub><sup>-</sup> протягом усього року через їхнє природне походження (рис. 5).

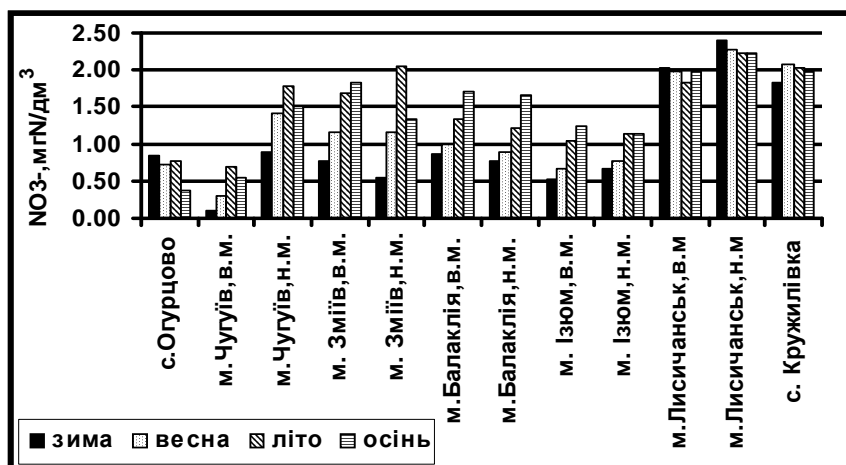


Рис. 5. Сезонна динаміка нітратного азоту у воді р. Сіверський Донець за течією протягом 2000–2001 рр.

Розподіл фосфатних іонів у 2000–2001 рр. за течією Сіверського Дінця незначно відрізняється від попереднього досліджуваного періоду. Концентрація  $P_{\min}$  у 2000–2001 рр. коливалася в межах 0,48–0,52 мг P/дм<sup>3</sup>.

### Висновки

Отже, на підставі узагальнення даних та порівняльного аналізу двох періодів встановлено, що найбільший вміст амонійного азоту характерний для зимового періоду 2005–2006 рр., вірогідно, через уповільнення окиснювального процесу внаслідок можливого дефіциту кисню. Високі концентрації нітратних іонів спостерігалися в теплі сезони (весна – осінь) для обох періодів, причому для 2000–2001 рр. характерним було суттєве зростання середньосезонних концентрацій. Амплітуда сезонних коливань вмісту мінерального фосфору характеризується незначними величинами.

Особливості просторового розподілу біогенних речовин за течією Сіверського Дінця полягають у зростанні вмісту амонійного та нітратного азоту на ділянці м. Чугуїв – м. Зміїв

внаслідок антропогенного навантаження (надходження забруднених вод р. Уди) та внутрішньоводоймних процесів. Високі концентрації іонів  $NO_3^-$  на ділянці м. Лисичанськ – с. Кружилівка пов'язані з вимиванням їх з ґрунтового комплексу Донецького кряжу. Підвищений вміст мінерального фосфору на ділянці м. Чугуїв – м. Балаклея зумовлений впливом техногенних чинників.

1. *Алекин О. А.* Основы гидрохимии / О. А. Алекин. – Л. : Гидрометеиздат, 1970. – 444 с.
2. *Васильчук Т. А.* Роль биогенных и органических веществ в формировании качества воды некоторых притоков Днепра / [Васильчук Т. А., Клоченко П. Д., Бусыгина О. В.] // Гідрологія, гідрохімія, гідроекологія. – 2001. – Вип. 2. – С. 424 – 430.
3. *Гідрохімічний довідник.* Поверхневі води України. Гідрохімічні розрахунки. Методи аналізу / [Осадчий В. І., Набиванець Б. Й., Осадча Н. М., Набиванець Ю. Б.]. – К. : Ніка-Центр, 2008. – 655с.
4. *Закономірності* формування хімічного складу поверхневих вод басейну Сіверського Дінця / Ухань О. О., Осадчий В. І. // Гідрологія, гідрохімія, гідроекологія. – 2010. – Вип. 18. – С. 166 – 179.
5. *Осадчий В. І.* Використання методів експериментальної гідрохімії та геоінформаційних технологій для оцінки стану та прогнозування якості поверхневих вод / В. І. Осадчий // Гідрологія, гідрохімія, гідроекологія. – 2001. – Вип. 2. – С. 110 – 120.
6. *Особливості* формування хімічного складу поверхневих вод басейну р. Сіверський Донець / [Ухань О. О., Осадчий В. І., Осадча Н. М., Манченко А. П.] // Наукові праці УкрНДГМІ. – 2002. – Вип. 250. – С. 262 – 277.
7. *Романенко В.Д.* Основы гидроэкологии / В.Д. Романенко. – К. : Генеза, 2004. – 520 с.

*О.А. Ухань*

Украинский научно-исследовательский гидрометеорологический институт МЧС Украины и НАН Украины, Киев

### ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ БИОГЕННЫХ ВЕЩЕСТВ ПО ТЕЧЕНИЮ Р. СЕВЕРСКИЙ ДОНЕЦ

Рассмотрены особенности сезонной динамики соединений азота и фосфора по течению р. Северский Донец. Показано, что накопление аммонийного азота и фосфора минерального для верхней и средней частей реки является результатом антропогенного влияния, увеличение нитратного азота – природный процесс его превращения.

*Ключевые слова:* биогенные вещества, азот аммонийный, азот нитратный, нитрификация, фосфор минеральный

*О.А. Ukhan*

Ukrainian Research Hydrometeorological Institute of Ministry of Emergency Situation of Ukraine and NAS of Ukraine, Kyiv

### DESCRIPTION OF SPATIO-TEMPORAL DISTRIBUTION OF BIOGENIC MATTERS ON THE DOWNSTREAM OF SEVERSKY DONETS RIVER

The features of season dynamic of mineral nitrogen and phosphorus compounds on the downstream of Seversky Donets River were considered. It was shown that an accumulation of ammonia nitrogen and mineral phosphorus for the top and middle parts of the river has been the result of anthropogenic effect. Increasing of nitrates is a natural process of its transformation.

*Key words:* biogenic matters, ammonia nitrogen, nitrate nitrogen, nitrification, mineral phosphorus

Рекомендує до друку

Надійшла 16.09.2010

В.В. Грубінко

УДК 504.455(282.247.34)

Н.В. ШАДРИН

Институт биологии южных морей им. А.А. Ковалевского НАН Украины  
ул. Нихимова, 2, Севастополь, 99011

## **ОСОБЕННОСТИ ЭКОСИСТЕМ ГИПЕРСОЛЕННЫХ ОЗЕР КРЫМА И НОВАЯ ЭКОСИСТЕМНАЯ ПАРАДИГМА**

Используя данные многолетних исследований гиперсоленых озер Крыма, дана характеристика структурных и функциональных особенностей их экосистем. Динамику экосистем озер нельзя представить без переключения из одного устойчивого состояния в другое. Вывод: необходимо развитие Концепции альтернативных устойчивых состояний экосистем.

*Ключевые слова:* гиперсоленые озера, экологические особенности, многолетняя изменчивость, альтернативные устойчивые состояния

Современная гидробиология, в основном, базируется на концепции, которую можно назвать Концепцией устойчивой квазистационарной экосистемы (КУКСЭ), динамика которой в общих чертах может быть понята в рамках балансовых подходов. Однако, реальные сообщества организмов в различных экосистемах могут иметь несколько альтернативных устойчивых состояний даже при одних и тех же параметрах внешней среды. Это показано было сначала на математических моделях [11], а в последние два десятилетия – и для различных морских донных сообществ, коралловых рифов, лесов, пустынь и т.д. [8, 12]. Наиболее четко это прослежено для мелководных эвтрофных озер, где описаны и механизмы переключения из одного состояния в другое [10, 14]. Подобные переходы из одного состояния в другое характерны и для гиперсоленых озер Крыма [4]. Переключения из одного альтернативного состояния в другое не могут быть поняты в рамках балансовых подходов. Идет формирование новой концепции или парадигмы, которую можно назвать Концепцией альтернативных устойчивых состояний экосистем (КАУСЭ) – alternative stable states of ecosystems/ alternative stable equilibria [10, 14, 15]. Наличие альтернативных состояний водоемов было отмечено давно [2]. Однако логика последовательного развития гидробиологии в целом заставляла оставить эту, как и ряд других особенностей, водных экосистем на длительный период за пределами рассмотрения (из личной беседы с Г.Г. Винбергом), поскольку первоначально необходимо было понять и количественно оценить экосистему в ее квазистационарном состоянии. Многолетние исследования экосистем соленых и гиперсоленых озер и лагун Крыма показали, что их функционирование и многолетнюю динамику нельзя понять в рамках господствующей сейчас экосистемной парадигмы. В тоже время изучение этих озер создает уникальные возможности для её развития.

### **Материал и методы исследований**

Используя результаты многолетних исследований гиперсоленых водоемов Крыма, большей частью опубликованных ранее [4, 5, 6, 13], показано основные экосистемные особенности этих водоемов и необходимость использования новой парадигмы (КАУСЭ) для понимания их динамики.

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

Гиперсоленые водоемы Крыма, общим количеством более 50, относятся к мелководным полимиксным водоемам, характеризуются высокой пространственно-временной изменчивостью, имеют ярко выраженные как структурные, так и функциональные особенности [5, 13]. Рассматривая видовую структуру сообществ этих водоемов, следует отметить следующие особенности: 1) довольно высокое общее биологическое разнообразие, которое в каждый момент времени представлено в активном состоянии (реализованное биоразнообразие) довольно небольшим числом видов. Большая часть видов присутствует в виде различных

покоящихся стадий (“спящее” биоразнообразие), ожидающих подходящего “окна” для своей реализации – перехода в активное состояние. В каждый момент в таких озерах реализуется не более 40% видов микроводорослей, инфузорий, животных [5, 6]; 2) количество реализованных видов убывает с ростом солености водоемов [1]; 3) по мере роста солености доля прокариотных организмов (эубактерий и архей) в суммарном реализованном биоразнообразии увеличивается, как и в общей численности и биомассе организмов. Не менее выражены и функциональные особенности этих экосистем, начиная с процесса первичного продуцирования. Структура первичного продуцирования гиперсоленых водоемов весьма сложна и изменчива. Если в случае “нормальных” (морских, пресноводных, солоноватоводных) экосистем мы можем допускать, что основной энергетический вход в экосистему обеспечивают только кислородные фототрофы, то для гиперсоленых водоемов такое допущение будет неоправданным. Энергетический вход в эти экосистемы обеспечивают три группы фототрофов и большое разнообразие хемолитотрофов [7].

Три типа фотосинтеза, использующие три разных группы пигментов, реализуются в гиперсоленых водоемах: 1) светозависимая протонная помпа с использованием бактериородопсина – галобактерии (археи). Механизм действует при самых высоких соленостях. Открытие протеродопсина в 2000 г. и последующие исследования показывают, что подобная светозависимая протонная помпа может играть существенную роль и в океане [9]; 2) аноксигенный фотосинтез с использованием бактериохлорофилла – зеленые бактерии, пурпурные бактерии и гелиобактерии. При этом в качестве донора протонов используется не вода, а другие вещества. Например, у пурпурных бактерий – сероводород, с выделением не кислорода, а серы; 3) оксигенный фотосинтез с использованием хлорофиллов – цианобактерии, водоросли, цветковые растения. Данный тип фотосинтеза, вероятно, дает все же, как правило, основной вклад в первичную продукцию (ПП) гиперсоленых озер.

Каждый из типов фотосинтеза имеет свои диапазоны различных факторов, в которых он эффективно работает. Диапазоны эти частично пересекаются, поэтому различные типы могут реализовываться одновременно. Например, нередко при достаточно высоких соленостях в озерах Крыма одновременно реализуются все три типа фотосинтеза. Оксигенный и аноксигенный по вкладу в первичную продукцию планктона озер могут быть равными [5, 13]. В матах зеленых нитчатых водорослей доля пурпурных бактерий обычно увеличивается от весны к осени. В отдельных озерах в некоторые годы пурпурные водоросли в матах начинают с середины лета доминировать, создавая основную долю ПП. В целом соотношение различных типов фотосинтеза при смене условий в озерах все еще очень плохо изучено. Проблема соотношения в энергетическом входе в экосистему различных первичных продуцентов - оксигенного и аноксигенного фотосинтеза, хемосинтеза (глубоководные гидротермы, метановые сипы) – выходит далеко за пределы изучения гиперсоленых озер. В частности, известно, что в Черном море в переходной зоне интенсивно развиваются пурпурные бактерии, а в сипах – литотрофные хемосинтетики. Рассматривая роль аноксигенного фотосинтеза в водоемах, следует помнить, что для его протекания минимальная интенсивность света примерно в 4 раза меньше, чем для оксигенного. Вклад бактериородопсиновой помпы количественно в озерах не оценен, но галобактерии при высоких соленостях массово развиваются [5]. Высокие концентрации бактериородопсина придают воде розовато-сливовый цвет, а возле озер в это время ощущается явственный фиалковый запах, что, например, часто летом характерно для Кояшского озера (Керченский п-ов).

Использование первичной продукции гетеротрофными организмами также имеет свои особенности. Приспособление к гиперсоленым условиям требует значительного синтеза специфических веществ, доля которых в общей ПП пресноводных экосистем не высока. Значительную долю в ПП составляют бетаины и другие органические осмолиты,

предохраняющие от осмотического стресса при высокой солености и высыхании. С увеличением солености увеличивается доля ПП, выделяемой в виде экзополисахаридов, которая может достигать более 70% всех углеводов, в пресных и морских водах в виде экзометаболитов выделяется лишь 5–10% ПП [5]. Это ведет к тому, что большая часть продукции может потребляться в гиперсоленых водоемах только осмотротрофными гетеротрофами. Большая доля в ПП экзометаболитов обуславливает специфику гетеротрофного звена в экосистемах гиперсоленых водоемов: основная доля ПП гетеротрофами используется через осмотротрофные трофические цепи, а не через фаготрофные, как в пресноводных или морских водоемах. Следует также отметить, что по сравнению с пресноводными озерами и морскими водоемами в донных осадках гиперсоленых озер захоранивается очень большая доля ПП – до 95% [5]. Наблюдения изменений 11 крымских озер на протяжении 10 лет, показывают, что экосистемы гиперсоленых озер (лагун) имеют несколько точек устойчивости с различающейся видовой и функциональной структурой. Сравнивая одно и то же озеро в разные годы, нельзя не удивиться тому, насколько оно меняется и насколько может быть в них непохожей в разные годы биота! Ведущими в формировании ПП могут быть совершенно разные сообщества. Можно выделить следующие основные устойчивые фототрофные группировки, которые реализуются в разные годы в один и тот же сезон, часто при одинаковых режимах солености и температуры: 1) планктон, при разных пропорциях оксигенных и аноксигенных фототрофов; 2) планктон с доминированием галобактерий (архей); 3) плавучие маты зеленых нитчатых водорослей; 4) заросли цветкового растения рупии; 5) донные альгобактериальные биопленки; 6) маты с преобладанием пурпурных бактерий.

Не меньшее число возможных альтернативных состояний можно наблюдать в этих озерах в гетеротрофном звене. Например, в планктоне некоторых озер в отдельные годы или сезоны доминируют артемии, в другие – амфиподы, копеподы, кладоцеры, или остракоды. Основным фактором, обуславливающим переключение сообщества из одного состояния в другое, является, безусловно, соленость. В тоже время нельзя указать какую-то одну критическую соленость, разделяющую два разных альтернативных состояния. При одной и той же солености можно наблюдать различную структуру сообщества, как в звене первичных продуцентов, так и гетеротрофов. Это обусловлено рядом причин:

- 1) наличием явления гистерезиса, т.е. триггерное значение солености не постоянно, а зависит от направления, в котором происходит изменение солености. Сообщество имеет, в определенном смысле, “пам’ять”;
- 2) сообщество может переключаться не во все другие альтернативные состояния, а только подготовленные предыдущим функционированием. Например, переключение в состояние матов с доминированием пурпурных бактерий возможно только после накопления достаточной массы матами нитчатых зеленых водорослей;
- 3) переключения в целом детерминируются многофакторным воздействием, действие других (не солености) факторов, может модифицировать отклик сообщества на изменение солености;
- 4) нет строгой детерминированности переключения в одно конкретное состояние и из-за факторов, чисто случайных по отношению к отклику сообщества на изменение солености. Например, ветровое воздействие может способствовать выходу из донных осадков цист тех или иных видов, или же заносом организмов извне.

Многолетние исследования Бакальского озера также показали, что от направления преобладающих летних ветров могут зависеть и условия протекания процессов у дна и в донных осадках [4]. При одних ветрах условия будут окислительные, а при других – восстановительные, что обуславливает и слоистость донных осадков – чередование черных и серых слоев. Таким образом, донные осадки – архив записей о переключении



функционирования озерных экосистем из одного альтернативного состояния в другое. Строгой периодичности в чередовании черных и серых полос в осадках не наблюдается. В целом можно заключить, что переходы из одного квазиустойчивого состояния в другое, вероятно, в определенной степени случайны, кривая переходов демонстрирует нечто подобное петле гистерезиса.

### Выводы

Исходя из вышеприведенных собственных и литературных данных, можно сделать ряд общих суждений о создаваемой сейчас новой концепции, ее основных моментах, будущем развитии. Это целесообразно сделать потому, что нет еще общепринятой теории. Концепция альтернативных устойчивых состояний экосистем (КАУСЭ) находится лишь в стадии разработки. При изменениях факторов в пределах нормы реакции отклик структурно-функциональных параметров сообщества на изменения воздействующего фактора может быть описан определенной монотонной функцией. Отклик этот не ведет к перестройке структуры взаимосвязей в сообществе, сохраняется определенная пропорциональность между изменением воздействующего фактора и откликом сообщества. Отклик пропорционален изменению энергетического входа, т.е. он может быть понят в рамках балансового подхода. Реакции дестабилизации, переключения, трансформации – переход к альтернативному квазиустойчивому состоянию, не пропорциональны воздействию. Малые изменения регулирующего фактора приводят к значительным изменениям в сообществе. Изменения эти связаны не столько с количественными модификациями компонент сообщества, сколько с кардинальными изменениями состава компонент и структуры связей между ними.

Новая концепция, базируясь на принципе дополнительности, будет представлять собой набор альтернативных взаимодополнительных частных подходов-концепций. Это можно рассматривать в определенном смысле, как развитие идей, изложенных в статье Г.Г. Винберга [3]. В частности, разные методолого-теоретические подходы будут использоваться для описания функционирования и динамики экосистемы в области одной точки устойчивости и для описания процесса переключения (перехода) в альтернативное устойчивое состояние. Акцент при этом в первом случае будет на устойчивости экосистемы, а во втором на дестабилизации и трансформации экосистемы.

Как разделить области применимости этих двух подходов? По каким параметрам можно судить о том, что сообщество входит в область дестабилизации? Уже сейчас достаточно данных, показывающих, что при дестабилизации нарастает изменчивость параметров, как в отдельных популяциях, так и в сообществах [15].

Необходимость развития новой концепции диктуется не только внутренней логикой развития гидробиологии и гидроэкологии, но и практической необходимостью развития методов адекватного прогнозирования изменений водных экосистем в условиях глобальных климатических изменений и антропогенного пресса на водоемы.

1. *Балушкина Е. В.* Влияние абиотических и биотических факторов на структурно-функциональную организацию экосистем соленых озер Крыма / Е. В. Балушкина, С. М. Голубков, М. С. Голубков // Журн. общей биологии. – 2009. – Т. 70, № 6. – С. 504 – 514.
2. *Винберг Г. Г.* Планктонологические и физико-химические исследования Попова пруда / Г. Г. Винберг // Применение методов физической химии к изучению биологии пресных вод. – М.: Изд-во Ин-та народного здравоохранения, 1928. – С. 352 – 364.
3. *Винберг Г. Г.* Многообразие и единство жизненных явлений и количественные методы в биологии / Г. Г. Винберг // Журн. общей биологии. – 1981. – Т. 42, № 1. – С. 5 – 18.
4. *Загородняя Ю. А.* Многолетние трансформации планктона в гипергалинном Бакальском озере (Крым) при колебаниях солености / Ю. А. Загородняя, Е. А. Батогова, Н. В. Шадрин // Морск. эколог. журн. – 2008. – № 4. – С. 41 – 50.

5. Микроводоросли Чёрного моря: проблемы биоразнообразия, сохранения и биотехнологического использования / [авт. текста Ю. Н. Токарева, З. З. Финенко, Н. В. Шадрин]. – Севастополь: ЭКОСИ–Гидрофизика, 2008. – 454 с.
6. Павловская Т. М. Сезонные явления в сообществе инфузорий гиперсолёного озера Херсонесское (Крым) / Т. М. Павловская, А. В. Празукин, Н. В. Шадрин // Морск. эколог. журн. – 2009. – Т. 8, № 2. – С. 53 – 63.
7. Современная микробиология. Прокариоты. / [Под ред. Г. Шлегеля, Й. Ленгелера, Г. Дрекса]. – М.: Мир, 2005. – 656 с.
8. Dent C. L. Multiple states in river lake ecosystems / C. L. Dent, G. S. Cumming, S. R. Carpenter // Phil. Trans. R. Soc. Lond. B. – 2002. – № 1421. – P. 635 – 645.
9. Gómez - Consarnau L. Proteorhodopsin Phototrophy Promotes Survival of Marine Bacteria during Starvation / L. Gómez-Consarnau, N. Akram, K. Lindell // PLoS Biology. – 2010. – Vol. 8, № 4.
10. Jackson L. Macrophyte-dominated and turbid states of shallow lakes: Evidence from Alberta lakes / L. Jackson // Ecosystems. – 2003. – Vol. 6. – P. 213 – 223.
11. Lewontin R. C. Meaning of stability/ R. C. Lewontin // Brookhaven Symposia in Biology. – New York : Brookhaven Laboratory. – 1969. – № 22. – P. 13 – 24.
12. Petraitis P. S. Experimental confirmation of multiple community states in marine ecosystems / P. S. Petraitis, E. T. Methratta, E. C. Rhile // Oecologia. – 2009. – Vol. 161, № 1. – P. 139 – 148.
13. Shadrin N. V. The Crimean hypersaline lakes: towards development of scientific basis of integrated sustainable management / N. V. Shadrin // Artemia 2009: Proc. of the Intern. Symp. Workshop on Biology and Distribution of Artemia (Urmia-Iran, Dec. 13-14, 2009). – Urmia, 2009. – P. 13 – 17.
14. Scheffer M. Alternative attractors of shallow lakes / M. Scheffer // TheScientificWorld. – 2001. – № 1. – P. 254 – 263.
15. Scheffer M. Early-warning signals for critical transitions / M. Scheffer, J. Bascompte, W. A. Brock // Nature. – 2009. – Vol. 461. – P. 53 – 59.

*Н.В. Шадрин*

Інститут біології південних морів ім. О.О. Ковалевського НАН України, Севастополь

#### ОСОБЛИВОСТІ ЕКОСИСТЕМ ГІПЕРСОЛОНІХ ОЗЕР КРИМУ І НОВА ЕКОСИСТЕМНА ПАРАДИГМА

Використовуючи дані багаторічних досліджень гіперсолоних озер Криму, здійснена характеристика структурних і функціональних особливостей їх екосистем. Динаміку екосистем озер не можна представити без переходу з одного стійкого стану в інше. Необхідний розвиток Концепції альтернативних стійких станів екосистем.

*Ключові слова:* гіперсолоні озера, екологічні особливості, багаторічна мінливість, альтернативні стійкі стани

*N.V. Shadrin*

Institute of Biology of the Southern Seas of NAS of Ukraine, Sevastopol

#### PECULIARITIES OF THE CRIMEAN HYPERSALINE LAKE ECOSYSTEMS AND NEW ECOSYSTEM PARADIGM

Using date of long-term study of hypersaline lakes of Crimea description of structural and functional features of their ecosystems is given. Long-term ecosystem dynamics of lakes cannot be presented without switching from one stable state in other. It is possible to make a conclusion that the development of Conception of the alternative stable states of ecosystems has been needed.

Рекомендує до друку

Надійшла 16.09.2010

В.В. Грубінко

УДК [591.524.11:574.63](083)(282.247.324)

**В.Ю. ЯВОРСЬКИЙ**

Інститут гідробіології НАН України  
пр-т Героїв Сталінграда, 12, Київ, 04210

## **ВИЗНАЧЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ СИТУАЦІЇ В ЗАПЛАВНИХ ВОДОЙМАХ ТРАНСКОРДОННОЇ ДІЛЯНКИ БАСЕЙНУ ДЕСНИ ЗА ПОКАЗНИКАМИ МАКРОЗООБЕНТОСУ**

У роботі подано докладну характеристику донної фауни заплавних водойм різного типу в транскордонному районі басейну Десни. Обробку матеріалу було проведено з використанням сучасних методик, з врахуванням міжнародних стандартів і вимог ЄРД; визначений “еталонний” стан якості води для водойм, що досліджувалися.

*Ключові слова: р. Десна, заплавні водойми, екологічна ситуація, макрозообентос*

Десна є транскордонною річкою України, тому особливий сенс має вивчення екологічної ситуації її басейну на ділянці, суміжній із Росією, оскільки важливо знати якість води, що потрапляє на її територію. При опрацюванні отриманого матеріалу необхідно використовувати загальноприйняті сучасні методи оцінки екологічного стану річки, які є такими, що відповідають принципам Гельсінської конвенції “Про охорону і раціональне використання транскордонних водотоків і міжнародних озер” [2]. Останнім часом система біологічного контролю за річковими водами зазнала значних змін. Водні екосистеми почали розглядати як єдине ціле, приймаючи до уваги абіотичні і біотичні компоненти, а також їх взаємовідносини; при цьому оцінюють як біологічні параметри, так і якість місць існування. В результаті такого підходу в ряді країн Європи та США виникла низка біотичних індексів, які дозволяють повніше оцінити екологічну ситуацію на об’єкті вивчення. Більшість цих індексів базуються на донних макробезхребетних, оскільки макрозообентос є одним з найважливіших і найбільш стабільних показників екологічного стану системи [2].

### **Матеріал і методи досліджень**

Відбір проб безхребетних з заплавних водойм транскордонної ділянки басейну Десни проводився в червні 1999 р. та в липні 2003 р. В 1999 р. вивчали фауну озер Шумовське, Глушиця, Святе, в яких відбирали бентос і зоофітос, урочища Осинівське (брали тільки зоофітос) та дистрофної водойми, що знаходиться по правому берегу річки навпроти с. Камінь, де за відсутності водної рослинності було взято тільки бентос. В 2003 р. відібрали по дві проби зообентосу (у заростях та на чистих ділянках) в озерах Святе і Глушиця та зообентос в озері Деснище. Слід зауважити, що всі ці водойми різняться між собою за геоморфологічними, ботанічними та іншими ознаками, а саме – озеро Святе з’єднується з річкою та є затокою Десни; озеро Глушиця поєднується з руслом в двох місцях і є протокою, що вкрита заростями водяного горіха та має уповільнену течію. Інші озера поєднуються з Десною навесні, але, деякі щорічно, проте деякі тільки під час високої повені.

Бентосні проби відбирали за стандартною методикою дночерпаком Петерсена чи Екмана-Берджа з отвором  $1/100 \text{ м}^2$ , або ж зразки ґрунту  $10 \times 10 \times 5$  см вирізали за допомогою біоценометра. Після цього зібраний матеріал промивали і фіксували 4% розчином формаліну. Кількість і біомасу донних безхребетних, що були знайдені в пробах, потім перераховували на  $1 \text{ м}^2$  дна річки. Частки рослин, з яких брали безхребетних, що живуть на них, ретельно зважували. Після цього кількісні показники зоофітосу перераховувались на  $1 \text{ кг}$  живої маси рослини. Визначення видового складу проводилась за допомогою мікроскопів МБС-9 і "БЮЛАР"-Р-6. Водні організми зважували на технічних, торсійних і аналітичних вагах після просушування їх на фільтровальному папері.

При аналізі опрацьованого матеріалу використовували індекси сапробності зообентосних організмів розраховані за методикою Пантле-Букка (P&B) [3, 5], співвідношення кількостей олігохет до загального вмісту безхребетних у пробах (індекс Гуднайта-Уітлея) [3]. Оцінку класу якості води і визначення індексу Вудівіса (ТВІ) було здійснено з використанням літературних джерел [1, 4].

### Результати досліджень та їх обговорення

Бентосна проба, яку було відібрано в 1999 р. в озері Шумовське, що по правому берегу річки, була дуже бідною за вмістом безхребетних. До її складу входили тільки *Heleidae*, *Chaoborus* та олігохети з роду *Limnodrilus*. Загальні кількісні показники були невисокими –  $0,8$  тис.екз./ $\text{м}^2$  чисельність та  $1,2 \text{ г/м}^2$  – біомаса. Індекс сапробності за Пантле-Букком становив 2,3; ТВІ – 5; ГУ – 12,5. Склад зоофітосу, який взяли з глечиков жовтих, був значно багатшим. Він мав 23 види проти трьох в бентосі і містив: *Nematoda*, *Hydrocarina*, *Ephemeroptera* (*Caenis robusta*), *Hirudinea* (*Erpobdella octoculata*, *Helobdella stagnalis*); дев'ять видів личинок: *Chironomidae* (*Cryptochironomus macropodus*, *Corynoneura cellensis*, *Paratanytarsus lauterborni*, *Glyptotendipes grypercoveni*, *Eukiefferiella longicalcar*, *Pentapedilum sordens*, *Limnochironomus tritonus*, *Ablabesmia monilis*, *Crycotopus latidentatus*), *Hemiptera* (*Plea leatchi*), *Diptera*, *Odonata*, *Coleoptera*, *Culicidae* та червоногих молюсків *Planorbis spirorbis* і *Lymnea glutinosa*. Загальна чисельність складала 194 екз., біомаса  $0,3 \text{ г/кг}$  живої маси рослини. Друга проба зоофітосу, що була відібрана також у 1999 р. з рдесника пронизанолистого в озері Шумовське, була багатшою за першу. Вона містила: *Spongila*; *Nematoda*; *Oligochaeta* (*Nais communis*, *N. pardalis*); *Hirudinea* (*Erpobdella octoculata*, *Glossiphonia concolor*); *Ephemeroptera* (*Habrophlebia fusca*); *Odonata* (*Coenagrion* sp.); *Chironomidae* (*Tanytarsus gregarius*, *P. sordens*, *G. griptrcoveni*, *P. pararostratus*, *Tanytarsus punctipennis*, *E. bicolor*, *P. lauterborni*, *Ortocladiinae* sp.); *Chironomidae* (puppe); *Heleidae*; *Hemiptera* (*Plea leatchi*); *Lepidoptera* (*Acentropus niveus*); *Coleoptera* (*Noterus crassarius*, *Haliphus lineatus*) і двостулкові та червоногі моллюски – *Sphaerium nucleus*, *V. viviparus*, *Limnea intermdia*, *Hippetius fontana*, *Anysus spirorbis*. Індокси сапробності та ТВІ склали 2,48 і 9,00 для зоофітосу, який було відібрано із глечиків жовтих і 2,57 та 8,00 – для рдесника; ГУ був визначений тільки для другої проби і мав значення – 2,9.

До складу бентосу, що був відібраний на замуленому піску озера Глушиця в червні 1999 р., увійшло 13 видів: *Asellus aquaticus* з *Isopoda*; *Helobdella stagnalis* з *Hirudinea*; *Cloepilum nanum* з *Ephemeroptera*; *Glyptotendipes grypercoveni*, *Limnochironomus tritonus*, *L. nervosus* та *Cryptochironomus defectus* з *Chironomidae*; олігохети *Potamogeton moldaviensis* і *Psammoryctides barbatus* та моллюски *Viviparus viviparus*, *Sphaerium nitidum* та *Pisidium inflatum*. Індекс сапробності складав 2,6; ТВІ – 7; ГУ – 22,2. Зоофітос, узятий з водяного горіха, який домінував серед вищої водної рослинності на цьому озері, містив 22 види безхребетних, серед яких домінували *Chironomidae* та червоногі моллюски (по 5 видів). Загалом до його складу входили: *Hydrocarina*; *Ephemeroptera* (*Caenis horaria*), *Oligochaeta* (*Nais pardalis*, *N. communis*, *N. simplex*); *Chironomidae* (*Glyptotendipes grypercoveni*, *Endochironomus tendens*, *Pentapedilum sordens*, *Polypedilum nubeculosum*, *Ablabesmia* sp.); *Trichoptera* (*Cyrnus flavichus*, *Ecnomus*

*tenellus*); *Lepidoptera* (*Acentropus niveus*), *Diptera*, *Odonata*, *Coleoptera* та *Gastropoda* (*Viviparus viviparus*, *Limnea patula*, *L. trunculata*, *L. palustris*). Кількісні показники склали 2,69 тис. екз. та 3,25 г на 1 кг маси водяного горіху. Індекс сапробності у зоофітосі був нижчим, ніж такий у бентосі і складав 1,9; ТБІ дорівнював 8; ГУ – 4,65. Проби зообентосу відібрані в липні 2003 р. на чистій ділянці озера Глушиця та в заростях водяного горіха, були дещо біднішими за чисельністю безхребетних і їх видовим складом. До проби, що була взята з ділянки, вільної від водної рослинності, потрапили: *Ostracoda*, *Nematoda*, *Oligocheta* (*Limnodrilus sp.*, *Potamotrix hammoniensis*), *Chironomidae* (*Chironomus plumosus*), *Heleidae* та молюски *Viviparus viviparus* маса яких складала 23095 г/м<sup>2</sup>, і деякі *Valvatidae*. Загальна чисельність складала 1,6 тис. екз./м<sup>2</sup>, біомаса – 23097,09 г/м<sup>2</sup>. Індекс сапробності складав 2,8; ТБІ – 3; ГУ – 37,5. Проба з зарослої ділянки дна цілком природно містила більшу кількість видів (14). До її складу увійшли: *Ostracoda*, *Nematoda*, *Oligocheta* (*Stylaria lacustris*, *Limnodrilus sp.*, *L. claparadeanus*, *Naididae*), *Hirudinea* (*Erpobdella octoculata*, *Helobdella stagnalis*), *Ephemeroptera* (*Baetidae sp.*), *Odonata* (*Platicnemis pennipes*), *Hemiptera* (*Plea minutissima*), *Culicidae*, *Gastropoda* (*Viviparus viviparus*), *Bivalvia* (*Sphaerium nitidum*). Кількісні показники склали 2,7 тис. екз./м<sup>2</sup> та 502,54 г/м<sup>2</sup>. Індекс сапробності становив 2,39; ТБІ – 7; ГУ – 55,6.

Наступним озером, в якому в червні 1999 р. відбирався макрозообентос, була дистрофна водойма, що розташована по лівому берегу річки навпроти с. Камінь. До складу донної фауни у ній увійшли – *Isopoda* (*Asellus aquaticus*), *Gammaridae* (*Rivulogammarus lacustris*), *Lepidoptera* (*Acentropus niveus*), *Chaoborus*, *Odonata* (*Platicnemis pennipes*), *Gastropoda* (*Phisa fontinalis*). Бентос був цілком полідомінантним і кожна із перелічених груп безхребетних складала 16,6% від загальної чисельності, яка становила 0,6 тис. екз./м<sup>2</sup> та від 1,3% до 34,4% від біомаси – 3,02 г/м<sup>2</sup>. Індекс сапробності мав значення 2,2; ТБІ дорівнював 5; ГУ не був визначеним.

В урочищі Осинівське бентос не відбирали, проте зоофітос відібрали в двох різних асоціаціях вищої водної рослинності, що домінували в озері – з рдесника та глечиків жовтих, різаку і куширя. До першої проби потрапили – *Nematoda*, *Collembola* (*Podura aquata*), *Isopoda* (*Asellus aquaticus*); *Hydrocarina*, *Ephemeroptera* (*Habrophlebia fusca*, *Caenis sp.*), *Odonata* (*Coenagrion sp.*), *Hirudinea* (*Erpobdella octoculata*, *Helobdella stagnalis*, *Glossiphonia complanata*), *Chironomidae* (*Glyptotendipes grypercoveni*, *Rheotanytarsus exiguus*), *Heleidae*, *Hemiptera* (*Plea leatchi*), *Lepidoptera* (*Acentropus niveus*), *Trichoptera*, *Diptera*, *Coleoptera*, а також молюски – *Bithinia tentaculata*, *Limnea stagnalis*, *L. trunculata*, *L. ovata* та ін. Кількісні показники склали 6,4 тис. екз./м<sup>2</sup> та 29,0 грам на 1 кг живої маси рослин. Індекс сапробності дорівнював 2,52; ТБІ – 7; ГУ не визначався. До складу другої проби потрапили: *Heleidae*; *Hemiptera*; *Diptera*; *Lepidoptera*; *Trichoptera*; *Coleoptera*; *Gammaridae* (*Rivulogammarus lacustris*); *Oligochaeta* (*Psammorictides barbatus*); п'явки – *Glossiphonia concolor*, *Haemicelopsis marginata*; *Chironomidae* – *Pentapedilum sordens*, *Limnochironomus tritonus*. *Endochironomus albipennis*, *E. tendens*; бабки з родин *Lestes* і *Zygoptera*. Загальні кількісні показники були трохи меншими і становили 4,1 тис. екз. та 10,5 г/кг живої маси рослини. Індекс сапробності складав 2,43; ТБІ – також дорівнював 7-ми; ГУ – мав значення 0,1.

Дуже різноманітними за складом і багатими за кількісними показниками були проби бентосу і зоофітосу, які було відібрано в 1999 р. в озері Святе. Бентос містив: *Nematoda*, *Hydrocarina*, *Isopoda* (*Asellus aquaticus*), *Odonata* (*Zygoptera sp.*), *Oligochaeta* (*Limnodrilus sp.*, *L. claparadeanus*, *Potamotrix hammoniensis*, *Rhynchelmis limnosella*), *Chironomidae* (*Glyptotendipes grypercoveni*, *Micropsectra praeox*, *Tanypus villipennis*, *Ch. plumosus*), *Heleidae*, *Coleoptera* (*Halipilus fulvus*), *Gastropoda* (*Bithinia tentaculata*, *Armiger crista*, *Anysus vortex*), *Bivalvia* (*Pisidium inflatum*). Чисельність і біомаса склали 12,5 тис. екз./м<sup>2</sup> та 12,59 г/м<sup>2</sup>, кількість видів досягла 22, індекс сапробності становив 2,2; ТБІ – 6; ГУ мав досить таки високе значення – 72. Зоофітос, що був узятий із куширя зануреного містив у собі 36 видів і мав чисельність і

біомасу, що становила 19,9 тис. екз. та 11,0 г/кг живої маси рослини відповідно. Індекс сапробності складав 2,32; ТВІ – 9; ГУ – 82. Видовий склад був такий: *Nematoda*; *Hydrocarina*; *Isopoda* (*Asellus aquaticus*); *Gammaridae* (*Rivulogammarus lacustris*); *Ephemeroptera* (*Cloeon dipterum*, *Caenis mocrura*); *Odonata* (*Coenagrion sp.*); *Oligochaeta* (*Nais communis*, *N. simplex*, *N. variabilis*, *Tubificidae sp. juv.*); *Hirudinea* (*Erpobdella octoculata*, *Helobdella stagnalis*); *Chironomidae* (*P. sordens*, *E. albipennis*, *C. silvestris*, *P. lauterborni*, *P. psilopterus*, *M. praeox*); *Chironomidae* (*puppe*); *Heleidae*; *Hemiptera* (*Plea leatchi*); *Lepidoptera* (*Acentropus niveus*); *Diptera*; *Coleoptera* і черевоногі моллюски – *Bithinia tentaculata*, *Limnea ovata*, *Armiger crista*, *Chaenomphes riparius*, *Valvata macrostoma*. Домінували *Oligochaeta*, кількість яких досягала 16,3 тис. екз. на 1 кг маси субстрату.

Проби зообентосу, що відбиралися в озері Святе у липні 2003 р., були дещо іншими. До складу першої узяті у заростях водної рослинності входили: *Ostracoda*; *Hydrozoa*; *Hydrocarina*; *Ephemeroptera*; *Isopoda* (*Asellus aquaticus*); *Oligochaeta* (*St. lacustris*, *P. hammoniensis*, *Limnodrylus sp.*, *Tubificidae sp. juv.*); *Hirudinea* (*Helobdella stagnalis*); *Chironomidae* (*P. pararostratus*, *P. ferrugineus*, *Ch. plumosus*); *Lepidoptera* (*Nymphula nimpheata*); *Gastropoda* (*B. tentaculata*, *V. viviparus*, *Anysus sp.*, *Valvatidae*); *Bivalvia* (*Euglesa sp.*). Склад другої проби, яку було відібрано на чистій ділянці дна озера, був трохи біднішим, але загалом дуже схожий на вміст першої проби. До нього долучилися: *Ostracoda*; *Ephemeroptera*; *Oligochaeta* (*P. hammoniensis*, *Tubificidae sp. juv.*); *Chironomidae* (*L. nervosus*, *R. exiguus*, *Ch. plumosus*); *Heleidae*; *Simulidae*; *Lepidoptera* (*Nymphula nimpheata*); *Gastropoda* *Bivalvia*. Кількісні показники склали 25,0 тис. екз./м<sup>2</sup> та 935,5 г/м<sup>2</sup> з моллюсками і 11,0 г/м<sup>2</sup>, без них – у першій пробі – 2,1 тис. екз./м<sup>2</sup>, а у другій – 0,98 г/м<sup>2</sup>. Індекси сапробності становили 2,4 та 2,6; значення ТВІ – 8 і 7; ГУ – 84 і 19 відповідно.

В озері Деснище, що розташовано по лівому берегу Десни трохи нижче с. Камінь, зообентос був узятий в липні 2003 р. із замуленої ділянки дна, що поросла очеретом, осокою та іншими рослинами. До його складу входили: *Ostracoda*; *Oligochaeta* (*Limnodrylus sp.*, *L. claparadeanus*); *Hirudinea* (*Helobdella stagnalis*); *Odonata* (*P. pennipes*); *Chironomidae* (*G. gripercoveni*); *Chaoborus*; *Diptera*; *Megaoptera* (*Sialis flavilatera*); *Gastropoda* (*B. tentaculata*, *V. viviparus*); *Bivalvia* (*Sphaerium corneum*). Загальна чисельність складала 3,6 тис. екз./м<sup>2</sup>, біомаса 230,45 г/м<sup>2</sup> з моллюсками і 10,4 г/м<sup>2</sup> без них, індекс сапробності становив 2,6; ТВІ – 4; ГУ – 52,8.

Таблиця

Показники якості води у заплавах водоемів транскордонної ділянки басейну Десни

Показник	Пункт відбору проб					
	озеро Шумовське	озеро Глушиця	дистрофна водоема	озеро Осинівське	озеро Святе	озеро Деснище
ТВІ	7	6	5	7	8	4
R&B	2,5	2,4	2,2	2,5	2,4	2,6
ГУ	7,7	30	–	0,1	64	53

### Висновки

Якість води в заплавах водоемів транскордонної ділянки басейну Десни знаходиться в межах норми. Згідно з “Методикою екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями” та класами якості, що були запропоновані ЄРД [2], всі досліджені водоеми належать до III-го класу Moderate (moderately impaired quality). Вони мають один колір маркування – жовтий – і змінюються тільки між двома категоріями цього класу – слабко і помірно забруднені. “Еталонним” станом буде категорія з вищою якістю води, тобто слабко забруднена; R&B – 2,1-2,5; ТВІ – 6; колір маркування – жовтий.

1. *Афанасьев С. А.* Методика оценки экологических рисков, возникающих при воздействии источников загрязнения на водные объекты / С. А. Афанасьев, М. Д. Гродзинский. – К., АйБи, 2004. – 59 с.
2. *Афанасьев С. А.* Развитие европейских подходов к биологической оценке состояния гидроэкосистем в мониторинге рек Украины / С. А. Афанасьев // Гидробиол. журн. – 2001. – Т. 35, №5 – С. 3 – 18.
3. *Макрушин А. В.* Биологический анализ качества вод / А. В. Макрушин // Унифицированные методы исследования качества вод. – Л., 1974. – 60 с.
4. *Методика* екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями / В. Д. Романенко, В. М. Жукинський, О. П. Оксінок [та ін.]. – К: Символ-Т, 1998. – 28 с.
5. *Унифицированные* методы исследования качества вод. Ч.3. Методы биологического анализа качества вод. – Приложение 1. Индикаторы сапробности. – М. : СЭВ, 1977. – 124 с.

*В.Ю. Яворский*

Институт гидробиологии НАН Украины, Киев

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СИТУАЦИИ В ПОЙМЕННЫХ ВОДОЕМАХ  
ТРАНГРАНИЧНОГО УЧАСТКА БАСЕЙНА ДЕСНЫ ПО ПОКАЗАТЕЛЯМ  
МАКРОЗООБЕНТОСА

В работе представлена характеристика донной фауны пойменных водоемов разного типа в трансграничном районе бассейна Десны. Обработка материала проведена с использованием современных методик, с учетом международных стандартов и требований ЕРД. Определено “эталонное” состояние качества воды для обследованного района.

*Ключевые слова:* р. Десна, пойменные водоемы, экологическая ситуация, макрозообентос

*V.Yu. Yavorsky*

Institute of Hydrobiology of NAS of Ukraine, Kyiv

ECOLOGICAL SITUATION DETERMINATION IN THE FLOOD PLAIN WATERBODIES OF  
THE TRANSBOUNDARY REGION OF THE DESNA BASIN

The paper considers the detailed characteristic of bottom fauna from the different type of flood plain water bodies in the transboundary Desna river basin. The material processed with the use of modern methodology, international standards and requirements of Water Framework Directive; etalone status of water quality is determined for the mentioned region.

*Key words:* Desna, inundable water reservoir, ecological situation, macrozoobenthos

Рекомендує до друку

Надійшла 23.09.2010

В.З. Курант

# ЕКОЛОГІЯ

УДК 612.015.3:577.17:597.554.3

Р.Б. БАЛАБАН

Тернопільський національний педагогічний університет ім. Володимира Гнатюка  
вул. М. Кривоноса, 2, Тернопіль, 46027

## **ВИКОРИСТАННЯ СПІВДНОШЕННЯ АКТИВНОСТІ АСПАРТАТ- І АЛАНІНАМІТРОНСФЕРАЗ ТА НАД- І НАДФ-ЗАЛЕЖНИХ ГЛУТАМАТДЕГІДРОГЕНАЗ ДЛЯ ОЦІНКИ ТОКСИЧНОСТІ ІОНІВ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ ДЛЯ КОРОПА**

Досліджували вплив іонів важких металів на активність трансаміназ і глутаматдегідрогеназ в тканинах коропа. Проаналізовано можливість використання співвідношень активності АсАТ/АлАТ, а також НАД-/НАДФ-залежних ГДГ для біоіндикації токсичності важких металів.

*Ключові слова:* токсичність, трансамінази, глутаматдегідрогенази, короп

Біоіндикація використовується як метод встановлення рівня токсичності середовища для організмів [5]. Як біоіндикаторні обирають найбільш чутливі до досліджуваних чинників організми та окремі показники їх функціонування. Про токсичність середовища роблять висновок на основі статистичних довготривалих відхилень від норми морфологічних характеристик організму, структури клітин, їх метаболізму, поведінки. Високоінформативними є також біохімічні показники організму, які відображають глибинні зміни стану метаболізму задовго до формування стійких структурних і функціональних патологій. Останнім часом досить поширеним є використання для біоіндикації різноманітних за характером забруднень низки метаболічних показників риб, включно коропа [1].

Метою дослідження було встановлення можливості використання для біоіндикації токсичності важких металів активності ферментів білкового обміну – аспартат- і аланінамітронсфераз та НАД- І НАДФ-залежних глутаматдегідрогеназ.

### **Матеріал і методи досліджень**

Об'єктами наших досліджень був короп лускатий – *Cyprinus carpio* L. Для експерименту використовували здорових риб дворічного віку масою 250-300 г, яких утримували в 200-літрових акваріумах, заповнених відстояною водопровідною водою. Вміст кисню у воді акваріумів становив 7,0-8,0 мг/дм<sup>3</sup>, вуглекислого газу – 2,2-2,8 мг/дм<sup>3</sup>. Значення рН було близьким 7,7-7,9, температура води становила 20±2°C. Вміст основних катіонів та аніонів був близьким норми згідно вимог [6].

Вивчали вплив на риб іонів металів Mn<sup>2+</sup>, Cu<sup>2+</sup>, Zn<sup>2+</sup> та Pb<sup>2+</sup> в концентраціях, що відповідали 2 та 5 санітарно-гігієнічним гранично-допустимим концентраціям (ГДК). Необхідні концентрації іонів металів у всіх серіях дослідів створювались внесенням в середовище відповідних розчинних солей металів ZnSO<sub>4</sub>, MnCl<sub>2</sub>, CuSO<sub>4</sub> та Pb(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> кваліфікації “хч”.

Активність аланін- та аспартатамінотрансфераз (КФ 2.6.1.2 і 2.6.1.1 відповідно) визначали згідно Пасхіної Т.С. [3]. Активність глутаматдегідрогеназ (КФ1.4.1.2 – НАД(Н)-



залежна; КФ1.4.1.4 – НАДФ(Н)-залежна) визначали в мітохондріальній фракції спектрофотометрично в прямій і зворотній реакціях з використанням як субстрату НАДН або НАДФ(Н), вимірюючи приріст оптичної густини при 340 нм в 0,05М калійно-фосфатному буфері, згідно методу [3]. Загальний вміст білків у тканинах визначали за методом Лоурі та ін. [8].

Отримані в ході експерименту результати піддавали статистичній обробці за загальноприйнятою методикою з використанням t-критерія Стюдента для визначення достовірності різниці [3].

### Результати досліджень та їх обговорення

Активності аланін- та аспартатамінотрансфераз в тканинах є самі по собі індикативним показником, проте інформативнішим є їх співвідношення, зокрема співвідношення активності АлАТ до АсАТ, назване коефіцієнтом де Рітиса, що широко використовується для діагностики захворювань серця та печінки.

Як видно з даних таблиці 1, контрольні значення співвідношення АлАТ і АсАТ в печінці більші ніж в м'язах, що свідчить про те, що найбільших концентрацій АлАТ досягає в печінці. При дії іонів марганцю співвідношення активності АлАТ та АсАТ в м'язах коропа при концентрації металу 2 ГДК зростає на 15% порівняно з контролем, а при 5 ГДК зменшується на 25%. В печінці при вмісті металу 2 ГДК значення співвідношення активності ферментів зростає на 30%, а при 5 ГДК цей показник зменшується на 60%. Оскільки більша частина аланінамінотрансферази міститься і функціонує в клітинах печінки, то зміна значення цього показника очевидно пов'язана з функціональним станом печінки, зокрема зменшення показника співвідношення ферментів на 60% при 5 ГДК може свідчити про її пошкодження.

Таблиця 1

Співвідношення активності АлАТ/АсАТ в тканинах коропа

Метал	Умови досліджу	Білі м'язи	Печінка
Mn	контроль	1,03	2,15
	2 ГДК	1,19	3,36
	5 ГДК	0,75	0,70
Zn	контроль	1,41	5,17
	2 ГДК	1,18	1,54
	5 ГДК	2,28	2,47
Cu	контроль	0,58	3,41
	2 ГДК	3,05	3,17
	5 ГДК	1,10	4,21
Pb	контроль	0,83	2,31
	2 ГДК	0,51	2,27
	5 ГДК	0,66	1,44

Дія іонів цинку приводить до зменшення показника співвідношення активності ферментів на 19% в м'язах при 2 ГДК та зростання на 62% при концентрації металу 5 ГДК, що може свідчити про те, що іони цинку в такій кількості приводять до патології скелетних м'язів. В печінці коропа за дії вище вказаного металу встановлено зменшення величини співвідношення при обох концентраціях – у 3,36 рази при 2 ГДК та в 2,09 рази при концентрації 5 ГДК. Це може свідчити про зменшення кількості клітин печінки, які синтезують АлАТ, тобто про некроз печінки.

Іони міді приводять до різкого зростання співвідношення активності амінотрансфераз в м'язах коропа, в 5,26 рази при концентрації іонів 2 ГДК та в 1,89 рази при вмісті металу 5 ГДК, що свідчить про високу чутливість органу до іонів міді. В печінці при вмісті іонів міді 2 ГДК значення співвідношення активності ферментів змінюється незначно: зменшується на 7%, а при 5 ГДК зростає на 23%. Хвилеподібна зміна цього показника може свідчити про те, що при 2 ГДК починається гостра фаза отруєння, яка переходить в деструктивну при 5 ГДК.

За дії іонів свинцю співвідношення АлАТ/АсАТ в м'язах і печінці коропа зменшується при обох концентраціях: в м'язах в 1,63 рази і в 1,26 рази відповідно, в печінці при 2 ГДК

всього на 2%, а при 5 ГДК на 60%, що може свідчити про некроз печінки коропа при дії підвищених концентрацій іонів свинцю [7, 9].

В результаті аналізу отриманих даних, які показують зміну активності глутаматдегідрогеназ, можна стверджувати про те, що певне біоіндикативне значення має також співвідношення активності НАД(Н)/НАДФ(Н)–залежних глутаматдегідрогеназ. Як видно з даних таблиці 2, підвищений вміст іонів марганцю практично не змінює величину співвідношення вказаних ферментів в м'язах коропа. Не змінюється спрямованість реакції і в печінці коропа, хоча порівняно з контролем посилюється синтез глутамату.

При дії іонів цинку в концентрації 2 ГДК в м'язах коропа дещо сповільнюється синтез глутамату, а при 5 ГДК він різко зростає. В печінці коропа при концентрації іонів цинку 2 ГДК посилюється розщеплення глутамату, а при 5 ГДК реакція зміщується в бік його синтезу.

Таблиця 2

Співвідношення активності НАД(Н)/НАДФ(Н) – залежних глутаматдегідрогеназ в тканинах коропа

Метал	Умови досліджу	Білі м'язи	Печінка
Mn	контроль	0,17	0,15
	2 ГДК	0,17	0,08
	5 ГДК	0,12	0,10
Zn	контроль	0,46	1,35
	2 ГДК	0,66	1,66
	5 ГДК	0,12	0,47
Cu	контроль	0,72	2,06
	2 ГДК	0,09	3,82
	5 ГДК	0,26	1,81
Pb	контроль	0,35	0,61
	2 ГДК	0,15	0,82
	5 ГДК	0,34	0,31

Надлишок іонів міді приводить до зростання синтезу глутамату, особливо, при вмісті іонів в кількості 2 ГДК, а в печінці посилює процеси розщеплення: різко при 2 ГДК, а при 5 ГДК близьке до норми. Підвищення активності ферментів в досліджених тканинах з утворенням глутамату може свідчити про використання інтермедіатів ЦТК на біосинтетичні потреби клітин. Спрямованість в бік синтезу глутамату спостерігається в м'язах та печінці коропа і при дії іонів свинцю. В м'язах цей показник більший при концентрації 2 ГДК, а в печінці при 5 ГДК.

Зміщення співвідношення НАД-/НАДФ глутаматдегідрогенази в печінці під впливом іонів важких металів в бік синтезу глутамату, можливо пов'язано з тим, що в печінці відбувається перерозподіл продуктів амінування для синтезу інших амінокислот, що забезпечує адаптивні реакції організму до дії стрес-фактора [2].

### Висновки

Співвідношення активності АлАТ/АсАТ та НАД-/НАДФ глутаматдегідрогенази в м'язах та печінці коропа досить інформативно відображає стан цих органів, вказуючи на їх пошкодження і може бути використане для біомоніторингу.

1. *Арсан О. М.* Состояние и перспективы развития водной экотоксикологии / О. М. Арсан // Гидробиол. журн. – 2007.– Т.43, № 6.– С. 50 – 64.
2. *Грубінко В.В.* Адаптивні реакції риб до дії аміаку водного середовища : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня доктор біол. наук : спец. 03.00.17; 03.00.04 „Гідробіологія“, „Біохімія“ / В.В. Грубінко – К., 1995. – 34 с.
3. *Лакин Г. Ф.* Биометрия / Г. Ф. Лакин – М.: Высшая школа, 1990. – 351с.
4. *Пасхина Т. С.* Инструкция по определению глутамино-аспарагиновой и глутамино-аланиновой трансаминаз (аминофераз) в сыворотке крови человека / Т. С. Пасхина. – М., 1974. – 22 с.
5. *Романенко В.Д.* Основы гидроэкологии / В.Д. Романенко. – К.: Генеза, 2004. – 664 с.
6. *Технология* производства рыбы в прудовых хозяйствах СССР / [Ред. Федорченко В. И., Михеева В. П.]. – М.: ВНИИПРХ. – 1986. – 161 с.

7. *Fernandes Hori T. S.* Metabolical changes induced by chronic phenol exposure in *Brycon cephalus* (teleostei: characidae) juveniles / T. S. Fernandes Hori, I. M. Avilez, L. K. Inoue, G. Moraes // *Comp. Biochem. and Physiol. Part C: Toxicology & Pharmacology.* – 2006. – Vol. 143, Is. 1. – P. 67 – 72.
8. *Lowry O. H.* Protein measurement with the Folin phenol reagent / O. H. Lowry, N. I. Rosebrough, A. L. Farr, D.C. Randall // *J. Biol. Chem.* – 1951. – Vol. 193, № 1. – P. 265 – 275.
9. *Wojtaszek J.* Age-related changes in the level of activity of aspartate (AsAT) and alanine (AlAT) aminotransferase in internet organs of carp (*Cyprinus carpio* L.) / J. Wojtaszek, M. Przybylska-Woltyszyn, M. Lozinska-Gabska // *Zool. Pol.* – 1988 (1990). – Vol. 35, № 1-4. – P. 217 – 228.

*Р.Б. Балабан*

Тернопольский национальный педагогический университет им. Владимира Гнатюка, Украина

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СООТНОШЕНИЯ АКТИВНОСТИ АСПАРТАТ- И АЛАНИНАМИНОТРАНСФЕРАЗ И НАД- И НАДФ-ЗАВИСИМЫХ ГЛУТАМАТДЕГИДРОГЕНАЗ ДЛЯ ОЦЕНКИ ТОКСИЧНОСТИ ИОНОВ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ ДЛЯ КАРПА**

Исследовали влияние тяжелых металлов на изменение активности трансаминаз и глутаматдегидрогеназ в тканях карпа. Показана возможность использования соотношений активности АсАТ/АлАТ, а также НАД-/НАДФ-зависимых ГДГ для биоиндикации токсичности тяжелых металлов.

*Ключевые слова:* биоиндикация, трансаминазы, глутаматдегидрогеназы, карп

*R.B. Balaban*

Volodymyr Hnatiuk Ternopil National Pedagogical University, Ukraine

**USE OF CORRELATION OF ACTIVITY OF ASPARTAT- AND ALANINAMINOTRANSFERASES AND NAD- AND NADP- DEPENDENT GLUTAMATEDENHYDROGENASES FOR ESTIMATION OF TOXICNESS OF IONS OF HEAVY METALS FOR CARP**

Influence of heavy metals on change activity of carp transaminases and glutamatedehydrogenases was investigated. It was represented possibility of correlation activity AsAT and AlAT and NAD- and NADP GDH usage for bioindication of water heavy metals pollution and its influence on carp population condition.

*Key words:* bioindication, transaminases, glutamatedehydrogenases, carp

Рекомендує до друку

Надійшла 09.09.2010

О.Б. Столяр

УДК 556:574.64

**В.Я. БИЯК, Б.З. ЛЯВРІН, В.О. ХОМЕНЧУК, В.З. КУРАНТ**

Тернопільський національний педагогічний університет ім. Володимира Гнатюка  
вул. М. Кривоноса, 2, Тернопіль, 46027

**АНАЛІЗ ГІДРОХІМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ МАЛИХ РІЧОК ЗАХІДНОГО ПОДІЛЛЯ**

Досліджено гідрохімічний режим малих річок Західного Поділля: Серету, Стрипи та Золотої Липи

*Ключові слова:* гідрохімічні показники, малі річки, донні відклади, береговий ґрунт

Природні води є динамічною хімічною системою, котра містить у своєму складі складний комплекс газів, мінеральних і органічних речовин у вигляді істинних розчинів, а також

суспензій і колоїдів, і її стан залежить не лише від умов довкілля, але і від різних процесів, що протікають як ззовні, так і всередині гідросистеми.

Метою дослідження було визначення гідрохімічних показників малих річок Західного Поділля.

### **Матеріал і методи досліджень**

Досліджували воду, донні відклади та береговий ґрунт річок Серету, Стрипи та Золотої Липи. Проби відбирали на р. Серет біля с. Залізці, на р. Стрипа біля с. Плотича, на р. Золота Липа в околицях м. Бережани. Визначення гідрохімічних показників проводили за загальноприйнятими методиками [4].

Для визначення вмісту заліза, кобальту, марганцю, цинку та міді у воді проби випарювали та спалювали в нітратній кислоті. Для визначення концентрації елементів у валових формах донних відкладів та ґрунту попередньо висушені наважки спалювали у плавиковій та хлорній кислотах після чого до проб додавалась нітратна кислота, рухомих форм – спалювали у нітратній кислоті та пероксиді водню. Вміст металів визначали на атомно-абсорбційному спектрофотометрі С-115 при певних для іонів відповідних металів довжинах хвилі та виражали у грамах на кілограм.

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

Територія Західного Поділля розміщена в межах Волино-Подільської частини Східноєвропейської платформи. На території Тернопільського Поділля налічується близько 2400 річок, одними із найбільших серед них є Серет, Стрипа та Золота Липа, котрі належать до басейну Дністра. Для них характерний меридіональний напрям протікання (з півночі на південь), відповідно до нахилу Подільської височини [7].

Серет – найбільша із приток Дністра в межах регіону. Утворюється зі злиття кількох потоків (Серет Правий, Серет Лівий, В'ятина, Граберка) біля с. Ратищі Зборівського району. Довжина – 242 км, площа басейну 3900 км<sup>2</sup>. Основна притока – Гніздна. Долина у верхній течії широка, симетрична, нижче м. Теревовля – каньйоноподібна. Заплава у верхів'ї двостороння, заболочена, у середній і нижній течії переривчаста, ширина – 0,1-0,2 км. Річище у верхів'ї помірно звивисте, нижче м. Тернопіль дуже звивисте, ширина від 10-20 до 35-50 м. Нахил річки 0,9 м/км. Зарегульована численними ставами та водосховищами [7].

Стрипа починається біля м. Зборів від злиття невеликих потічків. Довжина – 147 км, площа басейну – 1610 км<sup>2</sup>. Основні притоки: Восушка, Вільховець. Від витоків долина неглибока, з пологими схилами, нижче с. Соколів Теревовлянського району V-подібна, на окремих ділянках каньйоноподібна, пересічна ширина 0,6-1,0 км. Заплава двостороння, подекуди заболочена, завширшки 0,1-0,9 км. Річище помірно звивисте, у верхів'ї зарегульоване ставками. Нахил річки – 1,5 м/км [7].

Золота Липа бере початок з джерел біля с. Майдан Гологірський Золочівського району, протікає у Золочівському і Перемишлянському районах Львівської та Бережанському і Монастириському районах Тернопільської областей. Довжина – 127 км, площа басейну – 1440 км<sup>2</sup>. Основні притоки: Східна Золота Липа і Ценіївка. Долина переважно трапецієвидна, широка. Заплава двостороння, завширшки від 40 м до 1,5 км. Річище помірно звивисте, подекуди спрямлене. Ширина річища – 5-15 м, глибина – 0,5-2 м. Нахил річки – 1,4 м/км. На річці розміщено 21 греблю, з них 10 – греблі ГЕС. Є кілька ставків [7].

Живлення цих рік мішане: дощові, талі та підземні води. Найбільша водонасиченість спостерігається на весні – у березі-квітні, під час танення снігу, та в першій половині літа, під час випадання частих дощів. Хімічний склад річкових вод переважно гідрокарбонатно-кальцієвий, мінералізація 200-400 мг/л [7]. Води даних рік використовуються для побутових, сільськогосподарських і технічних потреб та рибництва.

Нами проаналізовано деякі гідрохімічні показники вод даних річок (табл.).

Аналіз гідрохімічного стану поверхневих вод малих річок Західного Поділля (M±m, n=5)

Показники	Серет	Стрипа	Золота Липа
pH	7,43±0,15	7,46±0,03	7,39±0,06
Твердість, мг-екв/дм <sup>3</sup>	5,53±0,12	5,10±0,07	4,67±0,37
Перманганатний індекс, мгО/л	6,91±0,44	4,00±0,39	5,62±0,36
Кисень, мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	5,95±0,06	7,73±0,19	6,86±0,22
Нітрати, мг/л (×10 <sup>-3</sup> )	12,38±0,39	84,32±3,10	30,07±0,99
Нітрити, мг/л (×10 <sup>-3</sup> )	0,50±0,02	0,58±0,05	0,25±0,03
Фосфати, мг/л	0,13±0,02	0,26±0,02	0,14±0,02

Величина рН води – один з найважливіших показників якості вод. Концентрація іонів водню має велике значення для хімічних і біологічних процесів, що відбуваються в природних водах. Від показника рН залежить розвиток і життєдіяльність водних рослин та тварин, а також він впливає на процеси перетворення різних форм біогенних елементів, змінює токсичність забруднюючих речовин. Величина рН вод досліджених малих річок перебуває практично на одному рівні (табл.) і за цим показником їх можна віднести до нейтральних вод для яких характерна наявність гідрокарбонатів Са(НСО<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, Mg(НСО<sub>3</sub>)<sub>2</sub> [5].

Твердість води – властивість природних вод, що залежить від наявності у ній розчинених солей кальцію та магнію. Сумарний вміст цих солей становить загальну твердість. У природних умовах іони металів, що обумовлюють твердість, надходять у воду шляхом взаємодії розчиненого вуглекислого газу з карбонатними мінералами, вимиванням сполук цих металів із ґрунтів та в результаті мікробіологічних процесів що відбуваються в ґрунтах та донних відкладах. Найвищий показник твердості (табл.) нами відмічено у р. Серет і він становить 5,53 мг-екв/дм<sup>3</sup>, дещо нижчий цей показник у р. Стрипа та в 1,2 рази він нижчий у р. Золота Липа. Води досліджених рік можна віднести до вод середньої твердості.

Вміст органічних речовин у природних водах формується під впливом багатьох факторів. До їх числа відносяться біохімічні процеси що проходять всередині водойм, надходження разом з атмосферними опадами, підземними, поверхневими та стічними водами. Органічні речовини різноманітні за своєю природою та хімічними властивостями і знаходяться в розчиненому, завислому і колоїдному станах. Встановлено, що вода із досліджених нами рік за хімічною окислювальністю відноситься до середніх [5], найменше значення цього показника спостерігається у р. Стрипа (табл.), на 40% цей показник вищий в р. Золота Липа та на 72% – в р. Серет.

Природні води завжди містять розчинені гази, серед яких із найбільш поширені – кисень, вуглекислий газ та азот. Кисень (О<sub>2</sub>) – відіграє важливу роль у формуванні хімічного складу поверхневих вод, оскільки його присутність визначає ступінь аерації та сприяє мінералізації органічних залишків і є необхідним субстратом для існування більшості водних організмів. Надходження кисню у воду відбувається внаслідок: абсорбції із атмосфери; процесу фотосинтезу водних рослин; разом із дощовими та сніговими водами. Найвищий вміст кисню нами відмічено у р. Стрипа (табл.), на 13% він нижчий в р. Золота Липа та на 29% – в р. Серет. Ймовірно нижчий вміст кисню у річках Золота Липа та Стрипа пов'язаний із більшим вмістом органічних речовин, про що свідчить величина перманганатного індексу, а як відомо в поверхневих водах кисень використовується на: біологічні (дихання організмів), біохімічні (дихання бактерій, окислення органічних речовин) і хімічні (окислення Fe<sup>2+</sup>, Mn<sup>2+</sup>, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, CH<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>S) потреби [5].

Присутність нітратів у поверхневих водах пов'язана із процесами нітрифікації амонійних іонів в присутності кисню, атмосферними опадами, стічними водами та зливом із сільськогосподарських угідь. Найвищий вміст нітратів відзначено (табл.) у р. Стрипа, майже в 3 рази він нижчий у р. Золота Липа та в 8 раз у р. Серет. Як відомо, основні процеси, що призводять до зниження концентрації нітратів – потреби фітопланктону та денітрифікуючі бактерії, котрі за дефіциту О<sub>2</sub> використовують кисень нітратів для окислення органічних

речовин. Саме цим і можна пояснити зниження вмісту нітратів у р. Серет, де показник розчиненого кисню є низьким.

Нітрити є проміжною ланкою в ланцюгу бактеріального окислення амонію до нітратів (в аеробних умовах) та відновлення нітратів до азоту і аміаку (при дефіциті кисню). Сезонні коливання вмісту нітритів характеризуються їх відсутністю взимку та появи навесні при розкладанні відмерлих органічних решток. Концентрація нітритів у досліджених річках не перевищує ГДК для рибогосподарського рівня. Так, найвища їх концентрація (табл.) спостерігається у р. Стрипа, на 16% вона нижча в р. Серет та на 32% – в р. Золота Липа. Фактори, які визначають концентрацію фосфатів, обмін між його неорганічними формами із одного боку та живими організмами з іншого. Це забезпечується завдяки протилежним процесам фотосинтезу та розпаду органічної речовини. При дослідженні вмісту фосфатів найвищий їх вміст (табл.) було відмічено в р. Стрипа і він майже вдвічі перевищує показники річок Серет та Золота Липа, у яких вони майже на одному рівні.

Іони металів є невід'ємними компонентами хімічного складу поверхневих вод. В залежності від умов середовища (рН, окислювально-відновлюваного потенціалу, наявності органічних лігандів) вони існують із різними ступенями окислення та входять до складу різноманітних неорганічних та органічних сполук, котрі можуть бути у розчинній, колоїдній формах та входити до складу завислих часток, обумовлюючи різноманітну міграційну властивість металів у водній екосистемі. Комплексні форми металів менш токсичні ніж вільні метали, тому для розуміння факторів, що регулюють концентрацію важких металів, їх біологічну доступність та токсичність, важливо знати частку вільних та зв'язаних форм металів. Однак при визначенні форм металу в природних водах існують певні труднощі, обумовлені малою абсолютною концентрацією та різноманітністю комплексних форм. Нами було проведено визначення валових концентрацій заліза, кобальту, марганцю, цинку та міді у воді річок Серету, Стрипи та Золотої Липи (рис. 1).

Ряд розподілу металів у річках Стрипа та Золота Липа виглядає наступним чином Fe→Mn→Zn→Cu→Co. Дещо інша картина спостерігається у воді р. Серет де ряд представлений Fe→Cu→Zn→Mn→Co. Причому вміст заліза у всіх трьох ріках знаходиться майже на одному рівні. Підвищені концентрації заліза та марганцю, ймовірно зумовлені, надходженням цих металів із донних відкладів внаслідок відновлення (в умовах дефіциту кисню) [3].

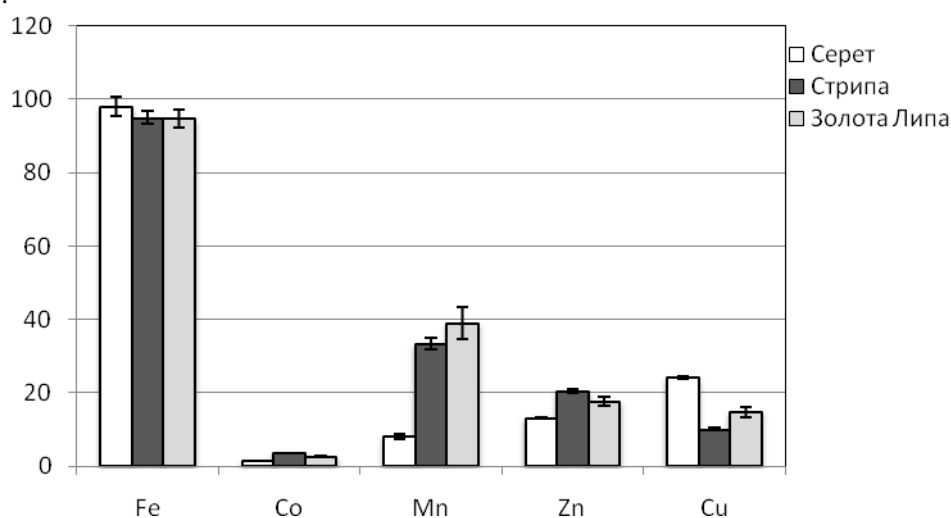


Рис. 1. Концентрація важких металів поверхневих вод малих річок Західного Поділля (мкг/л,  $M \pm m$ ,  $n=5$ )

Розподіл металів між завислими та розчиненими формами характеризується наступними особливостями. Переважна частина заліза, кобальту та марганцю перебуває у складі завислих часток, досягаючи до 98% валового вмісту [5]. В той же час для міді і цинку міграція у розчиненому стані є більш характерною [3].

Важливим фактором, що визначає екологічний статус водного об'єкту є донні відклади. Дослідження донних відкладів є одним із аспектів вивчення екологічного стану гідросистеми, що відображає стан забруднення даної території. В залежності від походження донні відклади поділяються на літогенетичні, утворені внаслідок ерозії ґрунтів та вивітрювання основних порід; в результаті реакції між мінеральними сполуками води та біотичні, котрі складаються із мінеральних часток біологічного походження і органічних речовин. В нашій роботі ми провели визначення концентрації рухомої та валової форм важких металів у донних відкладах досліджених річок.

Найвищий вміст іонів заліза зафіксований у валовій формі донних відкладів р. Стрипа і він майже в п'ятеро перевищує концентрацію цього металу у р. Серет (рис. 2б). Валова форма марганцю знаходиться майже на однаковому рівні у донних відкладах річок Серет і Золота Липа і в 1,8 рази цей показник нижчий у р. Стрипа. Слід відзначити значну відмінність концентрації цинку у донних відкладах р. Серет у порівнянні із р. Золота Липа та Стрипа. Вміст міді (12-17 мг/кг) та кобальту (8-10 мг/кг) значно нижчий та перебуває у донних відкладах всіх річок майже на одному рівні, за винятком міді у р. Серет, де він майже вдвічі вищий (29 мг/кг).

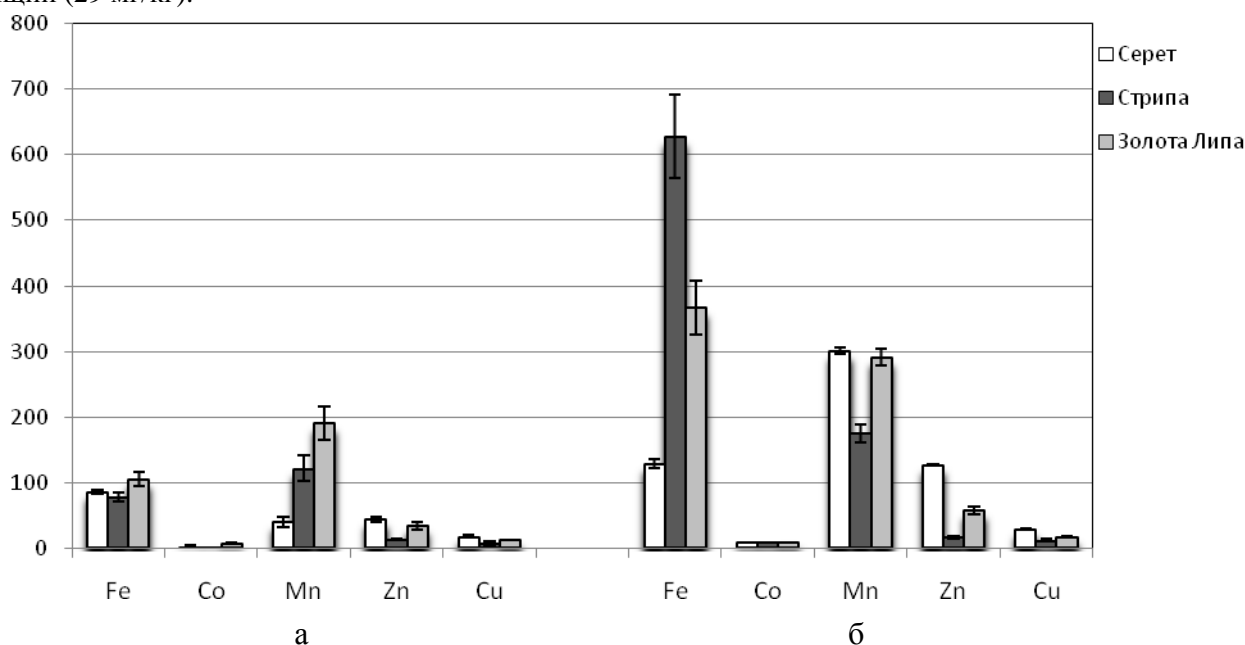


Рис. 2. Вміст рухомої (а) та валової (б) форм металів у донних відкладах малих річок Західного Поділля, (мг/кг,  $M \pm m$ ,  $n=5$ ).

Ряд розподілу валової форми металів р. Стрипа та Золота Липа аналогічний показникам у воді  $Fe \rightarrow Mn \rightarrow Zn \rightarrow Cu \rightarrow Co$ , а у р. Серет він має вигляд  $Fe \rightarrow Mn \rightarrow Zn \rightarrow Cu \rightarrow Co$ . Для рухомих форм донних відкладів він має форму  $Fe \rightarrow Mn \rightarrow Zn \rightarrow Cu \rightarrow Co$  для р. Стрипа і Золота Липа та  $Fe \rightarrow Zn \rightarrow Mn \rightarrow Cu \rightarrow Co$  – р. Серет (рис. 2а).

Підвищена, відносно карбонатів і алюмосилікатів, властивість гідроксидів заліза і марганцю адсорбувати інші метали є важливим фактором, котрий забезпечує перехід важких металів із розчинних форм у завислі. Велику роль у процесах сорбції металів із води також відіграє утворення гумінових комплексів, гумінових кислот, що входять до складу донних відкладів. Концепція рухомості металів у системі “вода – донні відклади” полягає у здатності переходу різних форм важких металів із одного середовища у інше за дії фізико-хімічних процесів та факторів котрі підсилюють, або знижують ці процеси (рН системи, окислювально-відновний потенціал, концентрація органічних і неорганічних комплексоутворювачів, мікробіологічні процеси) [6].

Як і донні відклади, ґрунт має здатність до акумуляції забруднюючих речовин. Вони надходять разом із атмосферними, паводковими та підземними водами, потрапляють та накопичуються інколи у великих кількостях у ґрунті. Нами було визначено вміст іонів заліза,

кобальту, марганцю, цинку та міді у береговому ґрунті. В більшості ґрунти берегу досліджуваних рік відносяться до легко- та середньосуглинкових [1], для цих ґрунтів характерний високий вміст мікро- та макроелементів порівняно із іншими [2].

Залізо в ґрунтах присутнє у вигляді оксидів та гідроксидів і за кислих умов середовища здатне переходити у розчинені форми Fe (II). Кобальт входить до складу мінералів миш'яку, сірки та селену та найчастіше зустрічається в мінералах заліза. Со (II) легко мігрує у розчиненій формі та за присутності комплексоутворювачів окислюється до Со (III) і переходить у малорозчинні сполуки. В геохімічних циклах кобальт тісно пов'язаний із залізом та марганцем. Як і сполуки Fe (II), сполуки Mn (II) перебувають у розчиненому стані. При підвищенні ступеню окислення цього елемента утворюються малорозчинні та нерозчинні сполуки Mn. Комплексні сполуки марганцю здатні містити деякі важкі метали (Co, Ni, Cu, Zn). Основними факторами, що контролюють рухомість цинку є вміст гумусних сполук, оксидів та величина рН. В межах високих значень рН на розчинність цього елемента впливають утворення цинк-органічних аніонних комплексів. Мідь виявляє схильність до хімічної взаємодії із мінеральними та органічними компонентами. Катіони міді легко осаджуються сульфідами, карбонатами або гідроксидами, перетворюючи Cu в малорухомий елемент ґрунтів.

Найвищий вміст валової форми заліза у річках Стрипа та Золота Липа, марганцю – р. Серет, цинку – р. Стрипа, міді – р. Серет (рис. 3б.).

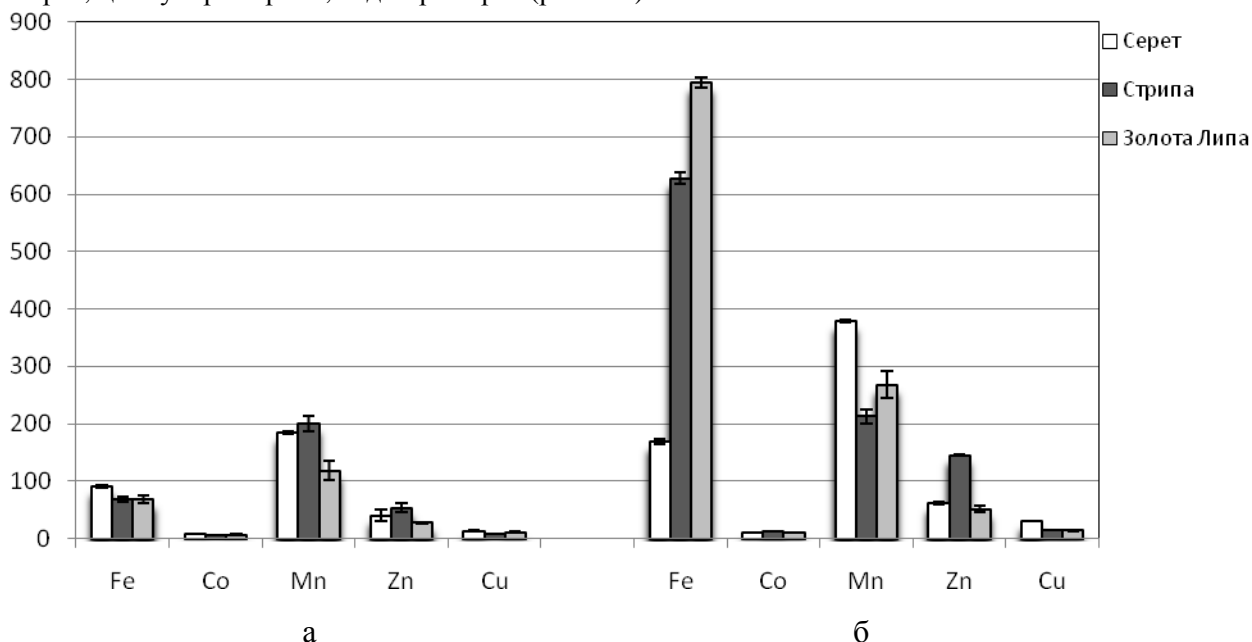


Рис. 3. Вміст рухомої (а) та валової (б) форм металів у береговому ґрунті малих річок Західного Поділля, (мг/кг,  $M \pm m$ ,  $n=5$ )

Дещо інший розподіл концентрації металів рухомої форми (рис. 3а.), він характеризується рядом  $Mn \rightarrow Fe \rightarrow Zn \rightarrow Cu \rightarrow Co$ . Високий вміст марганцю у розчинній формі, ймовірно, пояснюється здатністю цього елемента заміщувати катіони деяких елементів, а саме  $Fe^{2+}$ , в силікатах та оксидах.

### Висновки

Концентрація нітритів, нітратів та фосфатів в досліджених річках знаходиться в межах норми. Низький рівень розчиненого кисню, очевидно, пов'язаний з підвищеним вмістом органічних речовин. Висока концентрація заліза та марганцю у донних відкладах обумовлює зростання їх вмісту у воді.

1. *Застосування системи класифікації ґрунтів ФАО / WRB до ґрунтової карти Тернопільської області / Гнатишин Л. // Матер. наук. студент. конф., присвяченої 130-річчю Чернівецького університету. – Біологічні, хімічні та географічні науки. – Чернівці : Рута, 2005. – С.41-42.*



2. *Кадунас В.* Фоновые содержания (региональные кларки) микроэлементов в почвах Литвы / В. Кадунас // Літасфера. – 1998. – №8. – С. 125-130.
3. *Линник П.Н.* Тяжелые металлы в поверхностных водах Украины: содержание и формы миграции / П.Н. Линник // Гидробиол. журн.– 1999.– Т. 35, № 1.– С. 22-42.
4. Методи гідроекологічних досліджень поверхневих вод / [за ред. В.Д. Романенка]. – К. : Логос, 2006. – 408 с.
5. *Никаноров А.М.* Гидрохимия: Учебник / А.М. Никаноров. – [2-е изд., перераб. и доп.]. – СПб. : Гидрометеоздат, 2001. – 444 с.
6. *Папина Т.С.* Транспорт и особенности распределения тяжелых металлов в ряду: вода – взвешенное вещество – донные отложения речных экосистем = Transport and Peculiarities of Heavy Metals Distribution in the Row: Water – Suspended Substance – River Ecosystems Sludge: Аналит. обзор / Т.С. Папина. – Новосибирск, 2001. – 58 с. – (Сер. Экология. Вып. 62).
7. *Свинко Й.М.* Нарис про природу Тернопільської області: геологічне минуле, сучасний стан / Й.М. Свинко – Тернопіль : Навчальна книга–Богдан, 2007. – 192 с.
8. *Шильцова Г.В.* Тяжелые металлы и сера в почвах Валаамского архипелага / Шильцова Г.В., Морозова Р.М., Литинский П.Ю. Петрозаводск : Карельский научный центр РАН, 2008. – 109 с.

*В.Я. Бияк, Б.З. Ляврин, В.А. Хоменчук, В.З. Курант*

Тернопольський національний педагогічний університет ім. Володимира Гнатюка, Україна

#### АНАЛИЗ ГИДРОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ МАЛЫХ РЕК ЗАПАДНОГО ПОДОЛЬЯ

Исследовано гидрохимический режим малых рек Западного Подолья: Серета, Стрыпы, Золотой Лыпы.

*Ключевые слова: гидрохимические показатели, малые реки, донные отложения, береговая почва*

*V. Ya. Vyuyak, B.Z. Liavrin, V.O. Khomenchuk, V.Z. Kurant*

Volodymyr Hnatiuk Ternopil National Pedagogical University, Ukraine

#### ANALYSIS OF HYDROCHEMICAL INDEXES OF THE SMALL RIVERS OF WESTERN PODILLYA

It was analyzed the hydrochemical indexes of the headwater of Western Podillya, such as: Seret, Strypa and Zolota Lypa.

*Key words: hydrochemical index, headwater, sediments, soil waterside*

Рекомендує до друку

В.В. Грубинко

Надійшла 09.09.2010

УДК 595.78 (477.43)

Н.М. ГОРДІЙ

Кам'янець-Подільський національний університет ім. Івана Огієнка  
вул. Огієнка, 61, Кам'янець-Подільський, 32300

## **ДЕННІ ЛУСКОКРИЛІ (*LEPIDOPTERA, DIURNA*) АТОЛОПОДІБНИХ ТОВТР НПП «ПОДІЛЬСЬКІ ТОВТРИ»**

Досліджено фауну денних метеликів НПП «Подольське Товтри» і особливості їх існування в різних біотопах. Запропоновані заходи по збереженню їх різноманітності.

*Ключові слова:* лускокрилі, товтри, вид, ботанічний заказник

Дослідження видового різноманіття денних лускокрилих та особливостей їх існування у різних біотопах, а також розроблення заходів, спрямованих на збереження їх різноманіття та охорону рідкісних і зникаючих видів, є актуальним питанням.

Цікавим для дослідження денних лускокрилих є Товтровий кряж. За походженням вони є давнім бар'єрним рифом, що сформувався вздовж берегової лінії неглибокого, теплого міоценового моря, яке простягнувся вузькою смугою майже на 200 км через Подільську височину від Кременецького кряжу (с. Підкамінь) до річки Дністер у районі міста Кам'янець-Подільського.

Виділяють три відокремлені, але генетично поєдинані ділянки кряжу: Подільські, Прут-Дністровські та Мурафські товтри. Подільські Товтри (Медобори) простягаються від с. Підкаменя Львівської області до м. Кам'янець-Подільського майже на 200 км. Пересічна ширина 5-12 км, а висота до 440 м. Найвищою є центральна частина — плосковершинне головне пасмо, що складається з видовжених кряжів з похилими схилами, подекуди у вигляді скелястих урвищ. Бічні пасма — кряжі заввишки 20-25 м, атолоподібні групи (Нігинські, Вербецькі, Гуменецькі), атоли (на околицях сіл Біла, Чорна, Смотрич Хмельницької області).

Мікроклімат Кам'янецького Придністров'я формується саме Товтровим кряжем та каньйонами Дністра і його притоків, тому тут створилися особливі умови [7] для видового різноманіття денних лускокрилих.

Фауна денних метеликів НПП «Подільські Товтри» вивчена фрагментарно. Зважаючи на індикаторну роль денних метеликів для вивчення процесів трансформації природних екосистем «Подільських Товтр» [2, 10], з'ясування їх видового складу слід вважати одним з першочергових завдань при інвентаризації фауни безхребетних.

### **Матеріал і методи досліджень**

Для встановлення видового складу денних лускокрилих на атолоподібних товтрах обрали Товтру «Самовиту» та Товтру «Вербецьку» (або «Чотири кавалери»), розміщені на території НПП «Подільські Товтри». Обрані для дослідження товтри — це скеляста дугоподібна гряда, висота якої в межах Національного природного парку досягає 401 м над рівнем моря. Над оточуючою рівниною ця гряда піднімається на висоту 60-65 м.

Матеріал збирали протягом 2006-2009 рр. за допомогою ентомологічного сачка, а визначення проводилися за допомогою визначників [4, 6].

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

Ботанічний заказник місцевого значення Товтра «Вербецька» (рис. 1) входить до складу природно-заповідного фонду України, що охороняється як національне надбання, а також є складовою частиною системи природних територій та об'єктів, які перебувають під особливою охороною. Площа території заказника (суходіл) складає 9,3 га. Головним завданням ботанічного заказника місцевого значення є збереження унікальних видів рослин, занесених до Червоної книги України [5].



Рис. 1. Товтра Вербецька («Чотири кавалери»)

Товтра «Вербецька» — чітко виражена ділянка петрофільного степу. Тут зростають такі рідкісні види рослин: сон великий (*Pulsatilla grandis* Wend.), рутвиця смердюча (*Thalictrum foetidum* L.), первоцвіт високий (*Primula elatior* (L.) Hill.), астрагал австрійський (*Astragalus austriacus* Jasq.), астрагал монпельйський (*Astragalus monspessulanus* L.), зіновать біла (*Chamaecytisus albus* (Насq.) Rothm.), зіновать Блоцького (*Chamaecytisus Blockianus* (Pavl.) Klascova.), зіновать подільська (*Chamaecytisus podolicus* (Blocki) Klascova.), чебрець подільський (*Thymus podolicus* Klok. et Shost.), дикий салат (апозерис) смердючий (*Aposeris foetida* (L.) Less.), юриня дністровська (*Jurinea tyraica* Klok.), цибуля гірська (*Allium montanum* F.W. Schmidt.) [1].

Серед лучної рослинності трапляються люцерна румунська (*Medicago falcate* L. var *romanica* (Prod.)), конюшина лучна (*Trifolium pratense* L.), конюшина гірська (*Trifolium montanum* L.), конюшина альпійська (*Trifolium alpestre* L.), заяча конюшина багатоліста (*Anthyllis macrocephala* Wend.), горошок мишачий (*Vicia cracca* L.), буркун лікарський (*Melilotus officinalis* L. Pall.), подорожник середній (*Plantago media* L.).

Серед лісової флори зростають горицвіт весняний (*Adonis vernalis* L.), анемона лісова (*Anemona sylvestris* L.), анемона дібровна (*Anemona nemorosa* L.) тощо. Загалом нами встановлено кількісний видовий склад рослинності, що налічує 206 видів.

Товтра «Самовита» (рис. 2) — визначна пам'ятка природи загальнодержавного значення. Ця комплексна ландшафтно-ботанічна визначна пам'ятка є унікальним творінням природи часів сарматів. Аналогів вона не має на всьому відрізку Товтрового кряжа. Розташована недалеко від сіл Залуччя і Біле Кам'янець-Подільського району [5].



Рис. 2. Товтра «Самовита»

«Самовита» є відкритою товтрою, бо не вкрита лісом. Вона входить до складу бічних товтр, які створюють так звану «лагуну Ласкарева». «Самовита» від аналогічних товтр-одинок помітно відрізняється формою, оскільки більшість товтр мають конусоподібну вершину, а ця товтра представлена вузьким хребтом, який тягнеться зі сходу на захід завдовжки 80 м. Площа її складає 3,83 га, вона виступає над навколишньою рівниною заввишки до 35 м над рівнем моря. Завдяки своїй автономності товтра менше піддавалася антропогенному впливу, а тому є майже незайманою. Цьому сприяв також статус заповідності. Степова і лучно-стєпова рослинність краще представлена на схилах південної, східної і західної експозицій. Нами виявлено близько 156 видів рослин. Це єдина товтра, де в такому обсязі збереглися степові і лучно-стєпові угруповання рослинності Подільських товтр. Проте єдиної кількісної характеристики видового складу рослинності Самовитої і донині немає.

Товтра «Самовита» входить до складу природно-заповідного фонду України, яка охороняється як національне надбання, і є складовою системи природних територій та об'єктів, що перебувають під особливою охороною. Це ковила найкрасивіша (*S. pulcherrima* С. Koch.), півники угорські (*Iris hungarica* Waldst. et Kit.), льон жовтий (*Linum flavum* L.), цмин пісковий (*Helichrysum arenarium* (L.) Moench.), сон великий (*Pulsatilla grandis* Wend.) тощо [8]. Нині видовий склад денних лускокрилих вищезгаданих заказників нараховує всього 35 видів (табл.). З 98 видів денних лускокрилих, які зафіксовані на території НПП «Подільські Товтри» [3], на товтрі «Вербецькій» трапляється 32,7 % видів, а на «Самовитій» — 21,4 %. Така відмінність у фауні денних лускокрилих на досліджуваних товтрах пояснюється ценотичним різноманіттям рослинності.

Як видно з таблиці, в заказниках переважали такі види: *Pieris rapae*, *Pieris napi*, *Polyommatus icarus*, *Callophrys rubi*, *Inachis io*, *Vanessa cardui*, *Melanargia galathea*, *Coenonympha pamphilus*. Поодинокі трапляються представники *Pieris brassicae*, *Inachis io*, *Vanessa cardui*, *Boloria dia*, *Erynnis tages*, *Colias crocea*. Серед денних лускокрилих, які занесені до Червоної книги України [9], зафіксовано лише один вид – *Papilio machaon*.

Видовий склад денних лускокрилих атолоподібних товтр

№ з/п	Вид	Товтра	
		«Вербецька»	«Самовита»
1.	<i>Papilio machaon</i>	+	+
2.	<i>Pieris brassicae</i>	+	+
3.	<i>Pieris rapae</i>	++	++
4.	<i>Pieris napi</i>	++	++
5.	<i>Colias hyale</i>	+	+
6.	<i>Colias australis</i>	+	-
7.	<i>Colias crocea</i>	+	-
8.	<i>Gonepteryx rhamni</i>	+	-
9.	<i>Lycaena dispar</i>	-	+
10.	<i>Cupido minimus</i>	+	-
11.	<i>Cupido osiris</i>	+	+
12.	<i>Pseudophilotes vicrama</i>	+	-
13.	<i>Scolitantides orion</i>	-	+
14.	<i>Polyommatus icarus</i>	++	++
15.	<i>Polyommatus thersites</i>	+	+
16.	<i>Polyommatus bellargus</i>	+	-
17.	<i>Polyommatus coridon</i>	-	+
18.	<i>Callophrys rubi</i>	++	++
19.	<i>Inachis io</i>	++	++
20.	<i>Vanessa cardui</i>	++	++
21.	<i>Aglais urticae</i>	+	+
22.	<i>Boloria dia</i>	+	-
23.	<i>Melanargia galathea</i>	++	++
24.	<i>Maniola jurtina</i>	+	+
25.	<i>Aphantopus hyperantus</i>	+	+
26.	<i>Coenonympha pamphilus</i>	++	++
27.	<i>Lasiommata maera</i>	+	+
28.	<i>Erynnis tages</i>	+	-
29.	<i>Thymelicus lineola</i>	+	+
30.	<i>Thymelicus flavus (sylvestris)</i>	+	-
31.	<i>Ochlodes faunus (venatus)</i>	+	-
32.	<i>Zygaena carniolica</i>	+	-
33.	<i>Zygaena filipendulae</i>	+	-
34.	<i>Zygaena ephialtes</i>	+	-
35.	<i>Zygaena punctum</i>	+	-
	Разом	32	21

Примітки: «+» — трапляються поодинокі ; «++» — трапляються часто; «-» — вид незафіксований

### Висновки

Проведені дослідження показують, що кількісна характеристика фауни денних лускокрилих залежить від ценотичного різноманіття рослинності досліджуваної території. Оскільки

заказники знаходяться на території НПП «Подільські Товтри», то результати досліджень лягли в основу попереднього списку фауни денних метеликів парку.

1. Гордій Н.М. Видовий склад денних лускокрилих (*Lepidoptera, Diurna*) загальнодержавного ботанічного заказника «Товтра Вербецька» («Чотири Кавалери») / Н.М. Гордій // Наукові праці Кам'янець-Подільського державного університету: Збірник за підсумками звітної наукової конференції викладачів і аспірантів. – Випуск 6. В 3-х томах. – Кам'янець-Подільський: Кам'янець-Подільський державний університет, редакційно-видавничий відділ, 2007. – Т. 3. – С. 44 – 45.
2. Гордій Н.М. Денні лускокрилі (*Lepidoptera, Diurna*) як індикаторна таксономічна група // Сучасні проблеми збалансованого природокористування. Матеріали III міжнародної науково-практичної конференції (листопад, 2008 р., м. Кам'янець-Подільський). Кам'янець-Подільський Кам'янець-Подільський, 2008. – С. 44 – 46.
3. Гордій Н.М. Фауна денних метеликів (*Lepidoptera, Diurna*) НПП «Подільські Товтри» / Н.М. Гордій, Ю.В. Канарський // Наукові записки Державного природознавчого музею. – Львів, 2004. – 20. – С. 139 – 148.
4. Канарський Ю.В. Визначник комах західних регіонів України. Денні метелики: *Lepidoptera: Zugaenoidea, Hesperioidea, Papilionoidea*. – Львів, 2004. – 75 с.
5. Літопис природи НПП «Подільські Товтри» 2001 року. – Т. 5., Кам'янець-Подільський, 2002. – Т. 5. – С. 195 – 196.
6. Мамаев Б.М. Определитель насекомых европейской части СССР / Б.М. Мамаев // Учебн. пособие для студентов биол. специальностей пед. ин-тов. – М.: Просвещение, 1976. – 304 с.
7. Природа Хмельницької області / Під ред. К. І. Геренчука.. – Львів: Вища школа. Вид-во при Львів. ун-ті, 1980. – 152 с.
8. Фіторізноманіття національних природних парків України / Під редакцією Т. Л. Андриєнко і В.А. Онищенко. – К.: Наук.світ, 2003. – 143 с.
9. Червона книга України. Тваринний світ / за ред. І. А. Акімова. – К.: Глобалконсалтинг, 2009. – С. 141 – 199.
10. Gordiy N. Butterflies (*Lepidoptera, Diurna*) are an indicator group / Proceedings of the IV International Young scientist conference “Biodiversity. Ecology. Adaptation. Evolution”, dedicated to 180 anniversary from the birth of famous physiologist Ivan Sechenov (Odesa, September 16-19, 2009). – Odesa: Pechatniy dom, 2009. – P. 98 – 99.

*Н.М. Гордій*

Кам'янець-Подільський національний університет ім. Івана Огієнка, Україна

**ДНЕВНЫЕ ЧЕШУЕКРЫЛЫЕ (*LEPIDOPTERA, DIURNA*) АТОЛОПОДОБНЫХ ТОВТР НПП «ПОДІЛЬСЬКІ ТОВТРИ»**

Исследовано фауну дневных бабочек НПП «Подольские Товтры» и особенности их существования в различных биотопах. Предложены меры по сохранению их разнообразия.

*Ключевые слова: чешуекрылые, товтры, вид, ботанический заказник*

*N.M. Gordiy*

Ivan Ogienko Kamyanets-Podilsky state University, Ukraine

**BUTTERFLIES OF THE TOVTRY OF NATIONAL NATURAL PARK «PODILSKY TOVTRI»**

On this time research of specific variety of butterflies and features of their existence in different biotopes is actual, and also development of the measures directed on saving of their variety and guard of rare and vanishing prospects.

*Key words: butterflies, tovtrys, species, botanical reservation*

Рекомендує до друку

Надійшла 08.09.2010

В.З. Курант

УДК 574.3+579.834

О.В.ГУЛАЙ, В.В. ГУЛАЙ, Г.Ф. АРКУШИНА

Кіровоградський державний педагогічний університеті імені Володимира Винниченка  
Вул. Шевченка, 1, Кіровоград, 25006

## **ОСОБЛИВОСТІ ЕКОЛОГІЧНИХ ВЗАЄМОДІЙ МІЖ ПРЕДСТАВНИКАМИ РОДИНИ ХВОЩІ ТА ПАТОГЕННИМИ ЛЕПТОСПИРАМИ В УМОВАХ ПЕРЕЗВОЛОЖЕНИХ ЗЕМЕЛЬ**

*Ключові слова: хвощ річковий, хвощ болотний, патогенні лептоспіри, прижиттєві виділення, продукти розкладу стебел*

Переважно водний шлях передачі та досить широке розповсюдження роблять збудника лептоспірозу – патогенних лептоспір виду *Leptospira interrogans* одним з одних найбільш небезпечних інфекційних агентів. Природні вогнища цієї інфекції приурочені переважно до прісних водойм та прилеглих ділянок перезволожених земель. Здатність збудника лептоспірозу тривалий час зберігатись в об'єктах зовнішнього середовища – воді відкритих водойм, ґрунтах насичених вологою доведена чисельними дослідженнями [1, 2, 3, 6]. Однак, особливості екологічних взаємодій патогенних лептоспір з чисельними представниками біоти, які можуть значною мірою визначати тривалість перебування збудників лептоспірозу в об'єктах зовнішнього середовища, вивчені вкрай недостатньо. Особливо це стосується взаємодій з різноманітними видами рослин, здатність яких помітно впливати на формування угруповань водних та ґрунтових мікроорганізмів широко відома.

Найбільш поширеними видами родини хвощів (*Equisetaceae*) у фітоценозах перезволожених земель західного Лісостепу України є хвощ річковий (*Equisetum fluviatile* L.) та хвощ болотний (*Equisetum palustre* L.) – це багаторічні рослини, які завдяки вегетативному розмноженню кореневищами часто формують густі зарості [8]. З огляду на значне поширення ці два види хвощів були обрані нами у якості співоб'єктів досліджень.

### **Матеріал і методи досліджень**

Досліджували вплив прижиттєвих виділень та продуктів розкладу хвоща річкового та хвоща болотного на культури спірохет *Leptospira interrogans* серологічного варіанту *Icterohaemorrhagiae*.

Рослини для досліджень відбирали з природних стацій зростання – перезволожених земель у заплаві р.Інгул в околицях с. Велика Северинка Кіровоградського району Кіровоградської області.

*Метод одержання прижиттєвих виділень рослин.* Змиви з стебел живих хвощів одержували способом, що імітує дію невеликого дощу: 100 г цілих стебел пухко вміщували в широкогорлу колбу ємністю 0,5л, заливали 25 мл дистильованої води. Колбу закривали і обережно повертаючи, змочували всі стебла водою. Цю операцію повторювали кожні 4-5 хв і через 30 хвилин зливали змиви у вимірювальний циліндр. Кількість води, якої не вистачає до 25 мл, за допомогою іншого циліндру доливали у колбу і сполоснувши двічі стебла, зливали з рештою змивів, щоб одержати всього 25 мл рідини [4].

Дифузати з кореневищ одержували наступним чином: відібрані екземпляри хвощів поміщали у скляні ємності з водою для загоювання пошкоджених ділянок. Через 3 доби їх тричі промивали дистильованою водою і вміщували у ємності з стерильною дистильованою водою у співвідношенні 1:10 за масою. За умов природної зміни коливань освітленості та

температури рослини утримувались впродовж 5 діб. Після цього відбирали проби розчину для біотестування.

*Метод одержання продуктів розкладу опаду.* Після завершення вегетації відмерлі пагони хвощів збирались у природних умовах. В лабораторії до наважки взятого при природній вологості матеріалу додавали дистильовану воду у співвідношенні 1:10 за масою. Екстрагований матеріал не подрібнювався і зберігався при температурах +12...+16°C. Через 5 діб з ємності відбирались проби для проведення біотестів [4].

*Метод визначення щільності культур патогенних лептоспир.* Для визначення щільності клітин спірохет у дослідних та контрольних зразках використовували метод прямого підрахунку лептоспир у певному об'ємі [7].

*Метод підготовки та проведення дослідів з вивчення екологічної взаємодії рослин та патогенних лептоспир.* Для проведення експериментальних досліджень з метою встановлення характеру і ступеня впливу прижиттєвих виділень та продуктів розкладу вегетативних частин хвощів на патогенних лептоспир формувались дві групи зразків: дослідні та контрольні. У дослідних зразках використовували водні розчини, що містили біологічно-активні виділення рослин, методи одержання яких описані вище. Разом з тим ці розчини не були стерильними і містили певну кількість мікроорганізмів, які своєю присутністю у дослідних зразках могли б суттєво вплинути на результати досліджень, а відтак – спотворити дійсну картину від біохімічного впливу рослин на спірохет. Для усунення сторонньої мікрофлори проводилась холодна стерилізація змивів та водних витяжок рослин методом фільтрації через бактеріальний фільтр Зейтца.

А.М. Гродзінський вказує, що витяжки з рослин, які не знаходились під впливом опадів можуть містити дуже багато екстрактивних речовин, погано розділяться на хроматографах і повністю гальмувати ріст біотестів, що не дає змоги виявити їх відносну алелопатичну активність. Такі витяжки треба випробовувати при більших розведеннях (1:100, 1:1000) [4]. Враховуючи це алелопатична активність рослин відносно патогенних лептоспир випробовувалась нами у розведенні 1:1000.

Дослідні зразки містили 0,4 мл стерильного розведеного розчину з біологічно-активними виділеннями рослин в якій вносили 0,1 мл культур патогенних лептоспир. Контрольні зразки містили аналогічні співвідношення стерильної дистильованої води та культур лептоспир. У кожній серії експериментів інокуляти культур спірохет відбирались з однієї «материнської» культури, що забезпечувало однаковий початковий вміст спірохет у відповідних групах дослідних та контрольних зразків. Дослідні та контрольні зразки розміщували у лунки плексигласових пластинок, що використовуються у лабораторній практиці для проведення серологічних реакцій мікроаглютинації та лізису. Для запобігання потрапляння пилу та сторонніх мікроорганізмів пластинки накривали чистим склом. Пластинки розміщували при кімнатній температурі +18...+22°C в умовах лабораторії. Облік результатів досліджень проводили через 24 години, шляхом обліку та порівняння щільності лептоспир у дослідних та контрольних зразках.

В процесі аналізу та інтерпретації результатів досліджень використовували критерії оцінки характеру та ступеня впливу рослинності на патогенних лептоспир наведені у роботі [5].

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

В результаті проведених досліджень були одержані дані, що наведені у таблиці.



Порівняння щільності клітин патогенних лептоспир (млн. кл/мл) у дослідних та контрольних зразках із прижиттєвими та пожиттєвими виділеннями представників родини хвощі ( $P < 0,05$ )

№ п/п	Види рослин											
	Хвощ річковий						Хвощ болотний					
	Дифузати з кореневищ		Змиви з живих стебел		Змиви з відмерлих стебел		Дифузати з кореневищ		Змиви з живих стебел		Змиви з відмерлих стебел	
	Дослід	Контроль	Дослід	Контроль	Дослід	Контроль	Дослід	Контроль	Дослід	Контроль	Дослід	Контроль
1	32,0	77,0	17,0	47,5	14,0	38,0	25,0	44,0	2,0	50,5	17,0	47,5
2	37,0	67,0	14,5	51,5	12,0	33,5	18,0	42,0	6,0	44,0	14,5	39,5
3	44,0	50,0	13,5	51,0	15,5	40,0	26,5	43,5	5,5	55,0	21,5	41,5
4	39,5	49,5	15,0	54,0	13,5	41,0	23,5	46,5	4,0	51,5	15,0	42,5
5	49,5	75,0	16,5	53,5	16,0	40,0	22,0	39,0	5,0	50,0	19,5	46,0
6	33,5	59,5	14,0	51,0	19,0	35,5	19,5	38,5	2,5	48,5	16,5	47,0
7	39,0	71,0	11,5	49,0	18,0	39,0	21,5	45,0	5,5	54,5	15,5	48,5
8	34,0	62,5	13,0	55,5	21,0	34,5	20,0	44,5	5,5	52,0	18,0	49,5
9	38,0	66,5	14,5	57,5	18,5	37,0	25,0	47,0	3,0	49,0	20,5	49,0
10	32,5	51,5	15,5	52,0	23,0	39,5	24,0	46,0	6,0	50,0	15,5	48,0
11	40,0	73,0	13,5	59,5	17,0	36,0	24,5	45,5	3,5	48,5	16,5	46,5
12	37,5	75,5	11,5	63,0	19,5	35,0	19,0	43,0	4,5	47,0	17,5	48,0
13	37,0	70,0	16,5	58,0	20,0	41,5	21,0	44,5	4,0	53,5	19,0	46,5
14	38,5	70,5	15,0	60,0	17,5	39,5	26,0	45,0	4,5	53,0	18,0	49,5
15	34,0	68,0	18,0	57,5	18,0	38,0	26,5	45,0	5,5	50,5	17,5	47,5
M*	37,7	65,8	14,6	54,7	17,5	37,9	22,8	43,9	4,5	50,5	17,5	46,5
σ	4,6	9,3	1,9	4,5	2,9	2,5	2,9	2,5	1,3	2,9	2,0	3,0
m	1,2	2,5	0,5	1,2	0,8	0,7	0,8	0,7	0,3	0,8	0,5	0,8
t	10,0		30,8		19,2		19,9		48,4		30,8	

Примітка. \* У таблиці використані наступні скорочення: M – середнє арифметичне; σ – середнє квадратичне відхилення; m – середя похибка; t – критерій Стюдента.

Аналіз одержаних даних показав, що прижиттєві виділення та продукти розкладу відмерлих частин обох видів хвощів здійснюють пригнічуючий вплив на піддослідні культури патогенних лептоспир (див. рисунок). У найбільшій мірі він був виражений з боку виділень одержаних з змивів живих стебел, особливо хвоща болотного – щільність спірохет у дослідних зразках становила 8,9% від контролю (100%). Як видно з результатів досліджень, після відмирання у стеблах хвощів вміст біологічно-активних речовин, що обумовлюють токсичний вплив на культури патогенних лептоспир знижується. Так ефект пригнічення у зразках з екстрактами одержаними з відмерлих стебел хвоща болотного (щільність лептоспир 37,6% від контролю) був у 4 рази меншим ніж у зразках із виділенням з живих стебел цієї рослини. У зразках із виділеннями хвоща річкового ця різниця склала 1,75 рази, відповідно щільність спірохет становила – 46,2% та 26,3% від контролю.

Загалом необхідно відмітити, що виділення хвоща болотного мали більш виражений токсичний вплив на піддослідні культури ніж з боку хвоща річкового. Так, виділення з живих стебел хвоща болотного були у 3 рази токсичнішими для лептоспир ніж аналогічні виділення хвоща річкового. І хоча після відмирання стебел сила токсичного впливу цих двох видів рослин на лептоспир різко знижується, все ж вона залишається сильно вираженою.

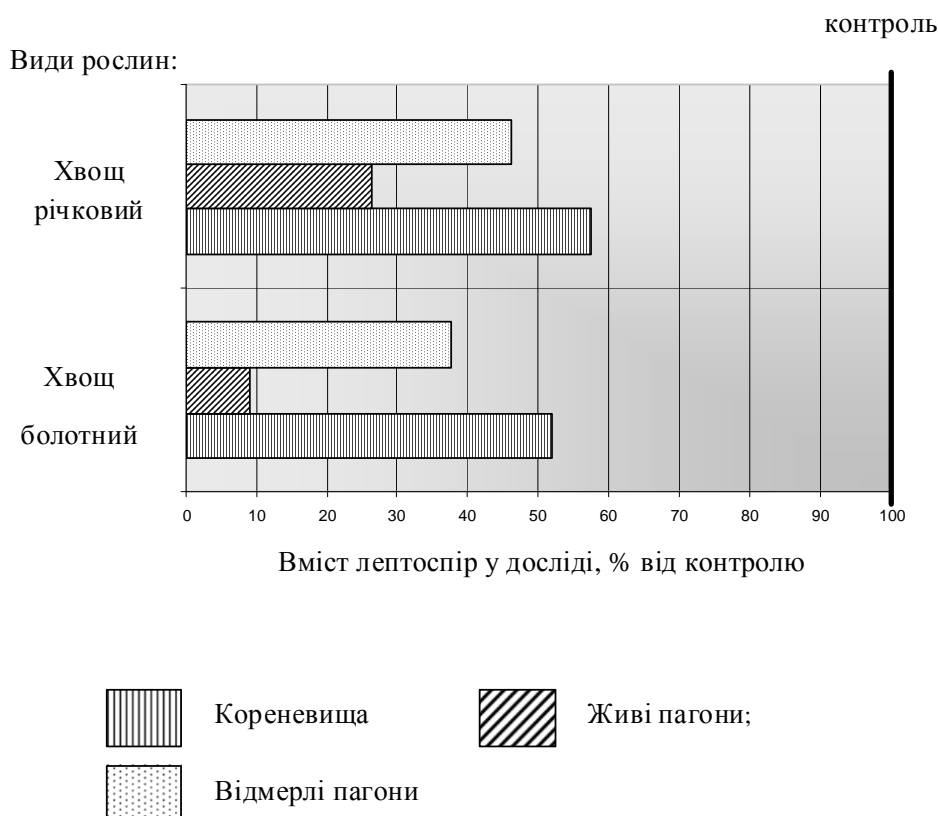


Рис. Вплив на культури лептоспир біологічно-активних речовин, що продукуються представниками родини хвощі

Помірна ступінь пригнічення культур лептоспир спостерігалась у зразках із виділеннями з кореневищ хвощів. Так щільність спірохет у дослідних зразках із виділеннями з кореневищ хвоща болотного становила 51,9% від контролю, а хвоща річкового – 57,3% від контролю.

### Висновки

1. Прижиттєві виділення представників родини хвощі здійснюють виразний пригнічуючий вплив на культури патогенних лептоспир.
2. У найбільшій мірі піддослідні культури пригнічувались у зразках, що містять змиви з живих пагонів хвощів. При цьому токсичний вплив з боку хвоща болотного був у 3 рази більшим ніж у хвоща річкового.
3. Після завершення вегетації сила алелопатичного впливу хвощів на культури лептоспир значно знижується, проте продовжує залишатись досить виразною.
4. Ділянки перезволожених земель на яких зростають представники родини хвощі, зокрема хвощ болотний та хвощ річковий є несприятливими для тривалого збереження збудників лептоспірозу в об'єктах зовнішнього середовища.

1. *Ананьин В.В.* Природная очаговость лептоспирозов / В.В.Ананьин // Зоологический журнал.– 1954. – Т.32. – Вып. 2. – С. 331-340.
2. *Голубев В.П.* О механизме поддержания заражающей способности почвы в природном очаге лептоспироза / В.П. Голубев, В.Ю. Литвин // Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунобиологии.– 1983.–№10.–С.43-45.
3. *Григорьев И.И.* Выживаемость лептоспир в жидкостях/ И.И. Григорьев // Военно-медицинский журнал. – 1952.– №9.– С. 71–72.
4. *Гродзінський А.М.* Основи хімічної взаємодії рослин / А.М. Гродзінський –Київ: Наукова думка, 1973.-205с.
5. *Гулай О.В.* Вивчення біоценотичних зв'язків лептоспир з водними рослинами: Методичні рекомендації / О.В. Гулай– Дніпропетровськ: ВФК “Оксамит-Прес”, 2004.– 14с.
6. *Мусаев М.А.* Лептоспироз крупного рогатого скота / М.А.Мусаев. – М.: Сельхозгиз.–1959.– 378с.

7. *Самострельський А.Ю.* Метод прямого счёта лептоспир в определенном объёме / А.Ю. Самострельский // Лабораторное дело.–1966.–№2.–С. 105–108.
8. *Чорна Г.А.* Рослини наших водойм. Атлас-довідник / Г.А. Чорна – Київ. Фітосоціоцентр, 2001.–134 с.

*А.В.Гулай, В.В.Гулай, А.Ф. Аркушина*

Кировоградский государственный педагогический университет им. Владимира Винниченко, Украина

**ОСОБЕННОСТИ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ МЕЖДУ ПРЕДСТАВИТЕЛЯМИ СЕМЕЙСТВА ХВОЩИ И ПАТОГЕННЫМИ ЛЕПТОСПИРАМИ В УСЛОВИЯХ ПЕРЕУВЛАЖНЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ**

Прежизненные выделения (дифузаты корневищ и смывы с живых стеблей), а также продукты разложения мертвых стеблей хвоща болотного и хвоща речного угнетают в сильной и умеренной степени *in vitro* культуры патогенных лептоспир серологического варианта *Icterohaemorrhagiae*.

*Ключевые слова:* хвощ речной, хвощ болотный, патогенные лептоспиры, прижизненные выделения, продукты разложения стеблей

*A.V.Gulay, V.V.Gulay, A.F. Arkushyna*

Vladimir Vinnichenko Kirovograd State Pedagogical University, Ukraine

**PECULIARITY OF ECOLOGICAL INTERACTIONS AMONG REPRESENTATIVES OF FAMILY *EQUISETACEAE* AND PATHOGENIC LEPTOSPIRES IN THE CONDITIONS OF WETLANDS TERRITORIES.**

Lifetime secretes (diffusions substances of rhizomes and washing alive stalks) and also substances of decomposed dead stalks of *Equisetum palustre* L. and *Equisetum fluviatile* L. are reduced *in vitro* cultures of pathogenic leptospires (serological variant *Icterohaemorrhagiae*) in the high and middle degrees.

*Key words:* *Equisetum fluviatile*, *Equisetum palustre*, pathogenic leptospires, lifetime secretes, substances of decomposed dead stalks

Рекомендує до друку

Надійшла 23.09.2010

В.В. Грубінко

УДК [576.314:576.344+581.522.5:582.263]

К. В. КОСТЮК, В. В. ГРУБІНКО

Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка  
вул. М. Кривоноса 2, Тернопіль, 46027

**СТРУКТУРНА РЕАКЦІЯ КЛІТИННИХ МЕМБРАН ВОДНИХ РОСЛИН НА ДІЮ ТОКСИКАНТІВ**

У статті наведено дані про вплив металів і нафтопродуктів водного середовища на мембраногенез в клітинах водних рослин – хлорели, елодеї та ряски. Вперше описано механізм адаптації водних рослин до хімічних речовин за рахунок індукції утворення в їх клітинах вторинних концентричних мембран.

*Ключові слова:* водні рослини, важкі метали, дизельне паливо, вторинні концентричні мембрани

Життєдіяльність клітин, особливо у водних організмів, які постійно контактують із середовищем існування, переважно визначається складом, структурою і функціональним

станом їх мембран. У стійкості рослин до дії чинників зовнішнього середовища, крім специфічних (щільність, в'язкість, проникність і ін), важливу роль відіграють і неспецифічні реакції мембран, які часто пов'язані з зміною їх структури і складу [8, 9].

Проте, донині тонкі механізми мембранних перебудов, особливо у водних рослин, при зміні хімічного складу середовища їх проживання детально не вивчені.

Метою дослідження є встановлення структурної перебудови мембран за дії токсикантів (важкі метали, дизельне паливо) у різних водних рослин, що відрізняються таксономічно та стійкістю до стрес-факторів.

### Матеріал і методи досліджень

Дослідження проводили на хлорелі *Chlorella vulgaris* Beijer., елодеї *Elodea canadensis* Michx і рясці *Lemna minor* L. Хлорелу вирощували в умовах накопичувальної культури в люменостаті при освітленні лампами денного світла (2500 лк) і температурі  $20 \pm 1$  °C на живильному середовищі Фітцджеральда в модифікації Цендера і Горхема (№ 11) [5]. Елодею і ряску вирощували в акваріумах з відстояною водопровідною водою при в тих самих умовах. В експериментах до культури рослин в кожному випадку окремо додавали водні розчини солей металів  $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$  і  $Pb(NO_3)_2$  з розрахунку на іон:  $Zn^{2+}$  – 1,0 мг/дм<sup>3</sup>, 2,0 и 5,0 мг/дм<sup>3</sup>;  $Pb^{2+}$  – 0,1 мг/дм<sup>3</sup>, 0,2 и 0,5 мг/дм<sup>3</sup>, що відповідає 1, 2 і 5 ГДК, а також дизельне паливо (ДП) в кількості 0,01 мг/дм<sup>3</sup>; 0,05; 0,1; 0,2; 0,3 мг/дм<sup>3</sup>, що становить 1, 5, 10, 20, 30 ГДК відповідно згідно рибогосподарських показників шкідливості [3]. Період інкубації водоростей з токсикантами становив 1, 3, 7 і 14 діб. Контролем були рослини, які росли в середовищі без токсикантів.

Клітинні мембрани виділяли за методикою Фіндлея і Еванза [7] з гомогенатів біомаси водних рослин (відділяли центрифугуванням при 1500 g, 20 хв), отриманих в механічному гомогенізаторі при 7000 об./хв. в 5 мМ трис-НСІ буфері (рН 7,6), що містив 0,5 М сахарози, 0,005 М ЕДТА, 0,01 М КСІ та 0,001 М  $MgCl_2$  (сиря маса:об'єм буфера – 1:5), центрифугуванням при 5000 об/хв протягом 15 хв. Осад, що містив клітинні мембрани, ресуспензували у верхній фазі розчину, отриманого змішуванням двофазної системи розчинів 0,25 М сахарози і 30%-ного поліетиленгліколю в 0,2 М розчині фосфату натрію, попередньо витриманого 24 год. при 4°C. Суспензію розподіляли порівну в три полікарбонатні пробірки об'ємом 50 мл, у кожену додавали 10 мл нижньої фази суміші розчинів, змішували і центрифугували при 2000 g 15 хв. у бакет-роторі. Мембранний матеріал відбирали в місці розділення фаз за допомогою шприца. Всі процедури здійснені при 4°C.

Мікроскопічне дослідження мембран (мікроскоп МБІ-15) здійснювали після їх фарбування фарбником “хлор – цинк – йод” (водний розчин  $ZnCl_2$  і КJ) [11].

### Результати дослідження та їх обговорення

Одним з фізіолого-біохімічних феноменів, який спостерігався нами раніше у клітинних мембранах водних рослин [4], є їх здатність після первинного ушкодження токсикантами і значної втрати функцій адаптуватися до токсичних чинників середовища проживання і з часом відновлювати функціональну активність, включно активність мембранних ферментів, насамперед АТФ-аз. Показано також, що при попаданні клітин у змінене середовище пошкоджена мембрана не тільки відновлює свої функції після припинення дії токсикантів, але і спостерігається унікальне явище, яке виявлено у декількох випадках, швидше за все, як результат захисно-компенсаторної реакції клітин до несприятливих чинників, але загальноприйнятої назви ще не має – “індуковане утворення вторинних концентричних мембран”. Це явище було виявлено на ранній стадії аскоспорогенезу у *Arthroderma vanbreuseghemi*, а пізніше у *Arthroderma simii* [13, 15], у яких аски містили перетинчасті структури, які становили мембранну систему з двох вставлених мембранних одиниць аморфного характеру подібно концентричним мембранним колам. Пізніше диференціювання гомогенної подвійної мембранної системи було виявлено протягом дозрівання аск [16]. Кільцевий мембранний комплекс виявлено і у процесі сперматогенезу *Fenneropenaeus chinensis* [18].

У рослин мультіламельярні перетинчасті профілі, асоційовані з плазматичною мембраною, бульбашками, ендоплазматичною сіткою і десмосомами, виявлені в сухому пилку груші *Pyrus communis* L. [17].

У роботі [12] показано, що концентрична система мембран присутня у ізолюваних нервових клітинах гвінейської свині. Пізніше тими ж авторами [14] при моделюванні внутрішньоклітинних мембран *in vitro* під впливом перманганату калію отримані електронні мікрофотографії мієлінових фосфоліпідів двох індивідуальних мембран різної щільності, що становлять концентричний масив, в якому попарно зв'язуються від 200 до 1000 мембран. В роботі зроблено висновок про можливість регуляції формування концентричної системи штучних фосфоліпідних мембран у аралдіті під впливом перманганату, що підтвердила модулююча здатність до утворення концентричних мембран не тільки біологічних стрес-станів, але і хімічних речовин.

Щодо водних рослин, то при вирощуванні клітин хлорели і мікрокока в середовищі, що містить від 6% до 9% важкої води (Н-і D-середовища), клітини хлорели мали товстішу клітинну стінку, ніж контрольні клітини, а на мікрофотографіях дейтерованих клітин виявлені ущільнені та електронно-прозорі ділянки щільно упакованих мембран, на зразок мезосом [6]. Ділянки при цьому відрізнялися від контрольних показниками вмісту жирних кислот із D-ліпідів. Зроблено висновок про те, що клітинна мембрана є однією з перших органел клітини, яка відчуває вплив важкої води, і тим самим компенсує реалогічні параметри мембрани (в'язкість, текучість, структурованість) зміною кількісного складу ліпідів.

Отже, утворення вторинної мембрани в клітинах пов'язане або з структурно-функціональними перебудовами при активній диференціації клітин, або з хімічним впливом. Разом з тим справжня причина і механізм розвитку цього процесу не встановлені, але в більшості випадків передбачається, що при утворенні вторинної мембрани відбувається молекулярна перебудова, яка призводить до кількісних та якісних змін її складу, супроводжується змінами її ферментативної активності, проникності та іонних потоків, внаслідок чого спостерігаються істотні зміни у метаболізмі та функціональній здатності клітини. Слід зауважити, що цю реакцію мембран спостерігали тільки в екстремальних станах клітин і проявлялася вона фенотипічно в різних модифікаціях. У зв'язку з останнім виявлене явище в кожному випадку авторами названо по-різному: “закутування мембранної системи” [18], “система подвійної мембрани” [16], “багаторазові мембрани концентричної мембранної системи” [13, 15], “присутність гомогенних внутрішніх і зовнішніх треків подвійної мембранної системи” [10]. Оскільки всі назви відображають явище з аналогічними змінами, дотримуємося визначення “подвійна концентрична мембрана”.

У нашому дослідженні за допомогою мікроскопії у клітинах, які росли у середовищі з важкими металами і дизельним паливом, порівняно з клітинами контрольних рослин, виявлені істотні морфологічні відмінності (рис. 1-4), які в основному стосувалися зміни товщини мембран і величини клітин.

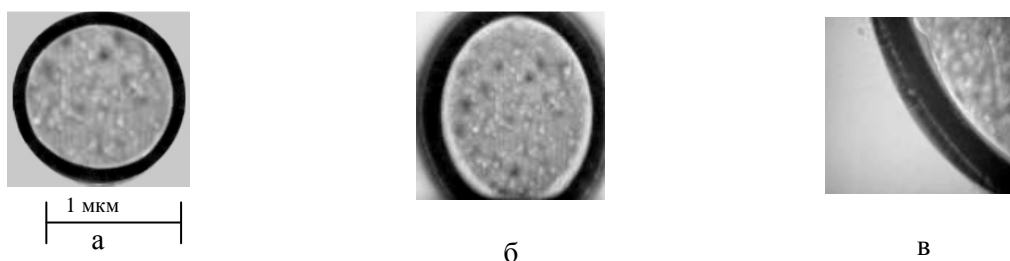


Рис. 1 Мікрофотографії контрольних клітин хлорели (а), елодеї (б) і ряски (в) (вказаний масштаб витриманий і на рис. 2-4)

В середовищі з додаванням іонів цинку вже протягом першої доби в клітинах хлорели збільшується зернистість цитоплазми. Після закінчення 3-ї доби в клітинах з'являється друге концентричне коло мембран, зернистість цитоплазми зростає, спостерігається підвищення вакуолізації і конденсації речовини білого кольору (рис. 2а). Протягом 7–14 діб дії  $Zn^{2+}$  концентрична мембрана потовщується, а площа ядро-цитоплазматичного простору зменшується.

У клітинах елодеї аналогічні зміни найбільш яскраво проявляються протягом 1–3 діб дії цинку, після чого чітко спостерігається деградація клітин, розриви мембран і втрата ядро-цитоплазматичного простору (рис. 2б).

Подібні зміни відзначені і у ряски (рис. 2в). Найпомітніший ефект мембраноутворення виявлено після закінчення 3-ї доби дії іонів цинку в концентрації 5 ГДК.

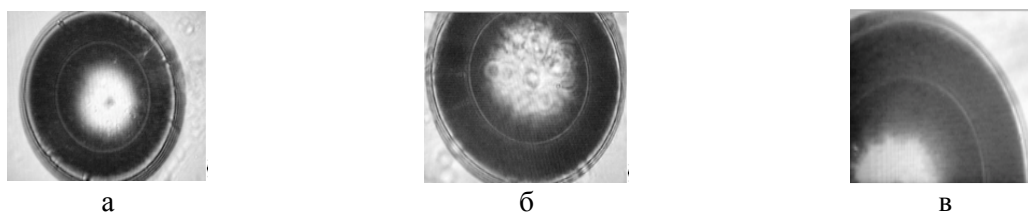


Рис. 2 Мікрофотографії клітин хлорели (а), елодеї (б) і ряски (в), які вирощені за дії іонів цинку

Іони свинцю індують утворення концентричних мембран у хлорели вже на першу добу дії, а починаючи з 3-ої доби і далі відбувається руйнування мембран, вихід вмісту цитоплазми (рис. 3а) з клітин, максимальне зменшення ядерно-цитоплазматичного простору. Останні ефекти у клітинах елодеї і ряски (рис. 3б, в) видно вже на першу добу дії токсиканту із посиленням зазначених ефектів як у міру зростання його концентрації, так і збільшення часу дії до 14 діб.

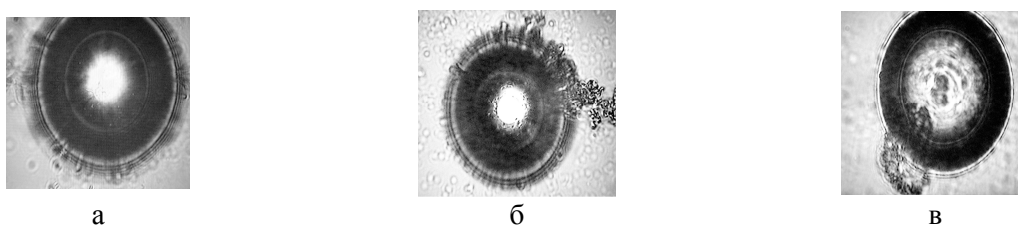


Рис. 3 Мікрофотографії клітин хлорели (а), елодеї (б) і ряски (в), які вирощені за дії іонів свинцю

Отже, дія свинцю викликає більш значні клітинні патології раніше і в менших концентраціях токсиканту, ніж дія цинку.

Дизельне паливо у хлорели викликає утворення вторинної концентричної мембрани при концентрації токсиканту 1 ГДК, потім у клітинах (5 ГДК) видно ущільнення, які формують виразну мембрану при 10 ГДК ДП (рис. 4а). У елодеї цей процес також розвивається при 1 ГДК токсиканту, а при зростанні його концентрації клітини гинуть (рис. 4б). У ряски при 10 ГДК ДП видно розриви мембран (рис. 4в), а концентрична мембрана утворюється вже при 1 ГДК цієї речовини.

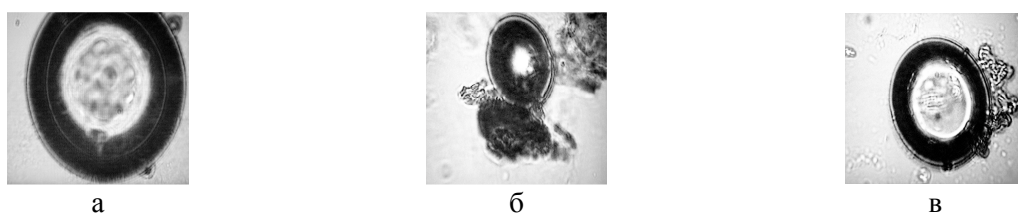


Рис. 4 Мікрофотографії клітин хлорели (а), елодеї (б) і ряски (в) при експозиції з дизельним паливом (14 день)

Процес утворення подвійної концентричної мембрани у всіх досліджених організмів універсальний і відбувається вже на першу добу дії стресорів незалежно від їх природи (біогенний цинк, токсичний свинець або неспецифічний токсикант дизельне паливо). Разом з тим, існує видоспецифічна реакція на токсикант в плані швидкості утворення, товщини і часу дезадаптивного руйнування внутрішньої концентричної мембрани. Зовнішня (первинна) мембрана при цьому консервативна за товщиною, в окремих випадках спостерігаються розриви і вихід з клітин вмісту цитоплазми.

**Висновки**

Реакції клітин у відповідь на дію токсикантів значною мірою зводяться до змін в її мембранних утвореннях, перш за все утворенню “подвійної концентричної мембранної системи”, що є компенсаторно-захисним механізмом. Висловлено припущення, що в основі мембранної адаптації рослин до несприятливих чинників може лежати гіперплазія ендоплазматичного ретикулума, а саме збільшення його кількості може супроводжуватися утворенням структур, які мікроскопічно часто видно як ділянки еозинофільної цитоплазми [1, 2, 8]. Біохімічно доведено, що в структурах, сформованих гладким ендоплазматичним ретикулоном, збільшується вміст ферментів, відповідальних за детоксикацію. Отже, це явище свідчить про участь мембран у процесах детоксикації, що співвідноситься з моделлю нашого дослідження, проте вимагає детальнішого вивчення.

Для більш глибоких висновків про природу і механізми утворення подвійних концентричних мембран необхідні експериментальні дослідження фізіологічних і біохімічних властивостей адаптованих клітин.

1. *Болдырев А. А.* Биологические мембраны и транспорт ионов / А. А. Болдырев. – М. : МГУ, 1985. – 207 с.
2. *Верещагин А. Г.* Биохимия триглицеридов / А. Г. Верещагин. – М. : Наука, 1972. – 307 с.
3. *Давыдова С. Л.* Тяжелые металлы как супертоксиканты XXI века: Учебн. пос. / С. Л. Давыдова, В. И. Тагасов. – М., 2002. – 140 с.
4. *Костюк К. В.* Вплив іонів  $Zn^{2+}$  та  $Pb^{2+}$  на активність АТФ-аз у одноклітинної водорості *Desmodesmus communis* (*Scenedesmus quadricauda*) Brev. / К. В. Костюк, О. І. Боднар, В. В. Грубінко // Наукові записки Тернопільського державного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія: Біологія. – 2008. – Вип. 2 (36). – С. 143 – 148.
5. *Методы физиолого-биохимического исследования водорослей в гидробиологической практике* / под ред. А. В. Топачевского. – К. : Наук. думка, 1975. – 247 с.
6. *Мосин О. В.* О феномене клеточной адаптации к тяжелой воде / О. В. Мосин. Режим доступу: <http://www.gaudeamus.omskcity.com>
7. *Финдлей Дж.* Биологические мембраны. / Дж. Финдлей, У. Эванз. – М. : Мир; 1990. – 423 с.
8. *Чиркова Т. В.* Клеточные мембраны и устойчивость растений к стрессовым воздействиям / Т. В. Чиркова // Соросовский образовательный журнал. – 1997. – № 9. – С. 12 – 17.
9. *Чиркова Т. В.* Пути адаптации растений к гипоксии и аноксии / Т. В. Чиркова. – Л. : Изд-во ЛГУ, 1988. – 244 с.
10. *Baerwald R. J.* Double membrane-bounded intestinal microvilli in *Oncopeltus fasciatus* / R. J. Baerwald, J. B. Delcarpio // Cell and Tissue Research. – 1983. – Vol. 232, № 3. – P. 593 – 600.
11. *Broda B.* Metody histochemii roslinnej / B. Broda. – Warszawa: Panstwowy zaklad wydawnictw lekarskich, 1971. – 255 p.
12. *Fawcett D. W.* Observations on the cytoplasmic membranes of testicular cells examined by phase contrast and electron microscopy / Fawcett D. W., Ito S. // J. Biophys. Biochem. Cytol. – 1958. — Vol. 4, № 2. – P. 135 – 142.
13. *Ito H.* Fine structure in ascosporegenesis of freeze-substituted *Arthroderma simii* / H. Ito, H. Hanyaku, T. Harada, S. Tanaka // Revista Iberoamericana de Micología (Bilbao, Spain). – 2000. – Ap. 699, E-48080. – P. 13 – 16.
14. *Revels J. P.* Electron Micrographs of Myelin Figures of Phospholipide Simulating Intracellular Membranes J. P. Revels, S. Ito, D. W. Fawcett // J. Biophys. and Biochem. Cytol. – 1958. – Vol. 4, № 4. – P. 495 – 501.
15. *Tanaka S.* Ultrastructure of the concentric membrane system in asci of *Arthroderma vanbreuseghemii* / S. Tanaka, T. Fujigaki, S. Watanabe // Sabouraudia. – 1982. – Vol. 20, № 2. – P. 127 – 136.
16. *Tanaka S.* Differentiation of the double membrane system during ascospore-maturation of *Arthroderma vanbreuseghemii* as revealed by periodic acid-alkaline bismuth staining / S. Tanaka, T. Fujigaki, S. Watanabe // Mycopathologia. – 1984. – Vol. 86, № 1. – P. 55 – 58.
17. *Tiwari S. C.* In dry pear (*Pyrus communis* L.) pollen, membranes assume a tightly packed multilamellate aspect that disappears rapidly upon hydration / S. C. Tiwari, V. S. Polito, B.D. Webster // Protoplasma. – 1990. – Vol. 153, № 3. – P. 157 – 168.

18. Xianjiang Kang. A transmission electron microscopy investigation: the membrane complex in spermatogenesis of *Fenneropenaeus chinensis* / Xianjiang Kang, Shaoqin Ge, Mingshen Guo, Guirong Liu, Shumei Mu. // Cytotechnology. – 2008. – Vol. 56, № 2. – P. 113 – 121.

*К.В. Костюк, В.В. Грубинко*

Тернопольский национальный педагогический университет им. Владимира Гнатюка, Украина

### СТРУКТУРНА РЕАКЦІЯ КЛЕТОЧНИХ МЕМБРАН ВОДНИХ РАСТЕНЬ НА ДІЙСТВО ТОКСИКАНТІВ

В статті розглядаються зміни мембран кліток водних рослин при впливі іонів цинку, свинцю та дизельного палива. Вперше описано механізм адаптації водних рослин до хімічних речовин за рахунок індукції утворення в їх клітках вторинних концентричних мембран.

*Ключові слова:* водні рослини, важкі метали, дизельне паливо, вторинні концентричні мембрани

*K.V. Kostyuk, V.V. Grubinko*

Volodymyr Hnatiuk Ternopil National Pedagogical University, Ukraine

### STRUCTURAL REACTION CELL MEMBRANES OF WATER PLANTS TO THE ACTION OF TOXICANTS

The article shows data of effects of toxic factors in the aquatic environment on plasma membranes of water plants and their role in the processes of adaptation. The mechanisms of adaptation of water plants are first considered due to induced formation of the double concentric membran.

*Key words:* water plants, heavy metals, diesel fuel, double concentric membrans

Рекомендує до друку

Надійшла 20.09.2010

М.М. Барна

УДК 582.923.1+574.3

О.Ю. МАЙОРОВА<sup>1</sup>, Л.Р. ГРИЦАК<sup>1</sup>, Г.І. ПАСІЧНИК<sup>1</sup>, І.В. БУДЗАН<sup>1</sup>, В.М. МЕЛЬНИК<sup>2</sup>, Н.М. ДРОБИК<sup>1</sup>

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

<sup>2</sup>Інститут молекулярної біології і генетики НАН України  
вул. Академіка Заболотного, 150, Київ, 03680

## **ЗМІНИ СТАНУ ПОПУЛЯЦІЙ *GENTIANA ASCAULIS* L. У ЧОРНОГОРІ (УКРАЇНСЬКІ КАРПАТИ)**

Проведено аналіз стану туркульської і реберської популяцій *G. acaulis*, які зростають у різних еколого-географічних умовах у Чорногорі. У 2002 і 2010 рр. досліджено основні популяційні характеристики: щільність, вікову структуру, здатність до відновлення і самопідтримання. Показано суттєві зміни цих параметрів, що свідчить про погіршення стану популяцій.

*Ключові слова:* *Gentiana acaulis* L., популяція, щільність, вікова структура, індекс відновлення, насіннева продуктивність

До переліку карпатських видів, чисельність популяцій яких невпинно скорочується, належить тирлич безстебловий (*Gentiana acaulis* L.). Цьому виду надано статус рідкісного і занесено до Червоної книги України (2009) [16]. Відомо, що *G. acaulis* зростає на скелях, кам'янистих



розсипах, щербенистих ґрунтах, на свіжозадернованих ділянках на висоті від 1500 м до 2000 м н.р.м. Результати аналізу власних хорологічних досліджень та літературних джерел [3, 5, 12] показали, що нині популяції *G. acaulis* збереглися у важкодоступних місцях та в умовах заповідання на Чорногірському, Свидовецькому, Горганському, Мармароському, Чивчинському та Бескидському гірських масивах. Причинами катастрофічного скорочення чисельності популяцій цього виду є зривання його генеративних пагонів у букети, випасання худоби та інші види господарської діяльності людини.

Розроблення природоохоронних заходів, спрямованих на збереження рідкісних видів, до числа яких належить тирлич безстебловий, потребує не лише вивчення стану природних популяцій рослин, але й виявлення факторів, що впливають на їх самопідтримання та відтворення.

Метою роботи було дослідження динаміки вікової структури і здатності до відтворення та самопідтримання популяцій *G. acaulis* на г. Туркул і г. Ребра. Під популяцією автори розуміють елементарні (часткові) популяції [14, 17], які в цьому випадку є складовими частинами Чорногірської популяційної системи (метапопуляції).

### Матеріал і методи дослідження

Досліджували популяції *G. acaulis*, що зростають на південних схилах г. Туркул (1850-1900 м н.р.м.) і г. Ребра (1650 м н.р.м.) Чорногірського масиву Карпат (зона заповідання Карпатського національного природного парку). Чисельність та склад популяцій досліджували на двадцяти пробних ділянках розміром 50×50 см, які закладали методом випадкових чисел на площі 10×10 м [9, 15]. На кожній ділянці підраховували кількість особин та визначали їх віковий стан. Для оцінки інтенсивності відновлення популяції розраховували індекс відновлення (ІВ) за формулою:

$$IB = \frac{j + im + v}{g} \times 100\% , de$$

*j*, *im*, *v*, *g* – кількість відповідно ювенільних, іматурних, віргінільних і генеративних рослин на 1 м<sup>2</sup> [4].

Характер самопідтримання у популяції визначали за співвідношенням між кількістю особин генеративного та вегетативного стану. У більшості досліджених рослин насінневу продуктивність (НП) вивчали диференційовано за методиками Т.О. Работнова [9], І.В. Вайнагія [2] та В.І. Вайнагія [1]. Визначали кількість генеративних пагонів на особинах, кількість квіток (суцвіть) і плодів на пагонах, а також кількість незапліднених насінневих зачатків (ННЗ) і насіння (Н) у плодах. Елементарною одиницею НП вважали плід.

Добуток середньої кількості насінневих зачатків (ННЗ+Н) в елементарній одиниці НП на середню кількість квіток на пагонах визначали як потенційну НП (ПНП), добуток середньої кількості Н у плодах на середню кількість плодів на пагонах – як фактичну НП (ФНП), а відношення ФНП до ПНП (%) – коефіцієнт НП. Кількісні дані опрацьовували статистично [7].

### Результати досліджень та їх обговорення

За результатами досліджень, проведених у 2002 р., з'ясовано, що популяція *G. acaulis*, яка за нашими припущеннями знаходиться в оптимальних для виду еколого-географічних умовах (г. Ребра, 1650 м н.р.м.), відноситься до нормальних повночленних, а популяція на межі висотного ареалу виду (г. Туркул, 1850-1900 м н.р.м.) – до нормальних неповночленних з лівостороннім віковим спектром. У віковому спектрі останньої популяції відсутні особини сенільної групи, її самопідтримання відбувається переважно шляхом вегетативного розмноження [3].

Дослідження стану цих популяцій у 2010 р. та порівняння з даними 2002 р. дозволило встановити зміни вікової структури та здатності до відтворення і самопідтримання. Зокрема, виявлено істотне зменшення щільності для обох популяцій: щільність туркульської популяції зменшилася більше, ніж у 2 рази (23,9 особин/м<sup>2</sup> у 2002 р. проти 10,5 ос/м<sup>2</sup> у 2010 р.), а реберської – майже втричі (з 23,3 ос/м<sup>2</sup> до 8 ос/м<sup>2</sup>).

Встановлено, що віковий спектр туркульської популяції протягом аналізованого періоду істотно не змінився (рис. 1 А) – вона належить до нормальних неповночлених. Як у 2002 р., так і в 2010 р. максимум у віковому спектрі припадав на прегенеративну групу, частка якої практично не змінилася (54,4 % і 54,5 % відповідно). У прегенеративній групі продовжували переважати віргінільні особини, кількість яких зменшилася з 34,0 % до 24,5 %. Частка генеративних особин за цей період змінилася мало – з 42,9 % до 44,4 % відповідно. У 2002 р. у складі популяції на особини субсенільної групи припадало 2,7 %, а у 2010 р. – 1,1 %. Особин сенільної групи у популяції нами не виявлено.

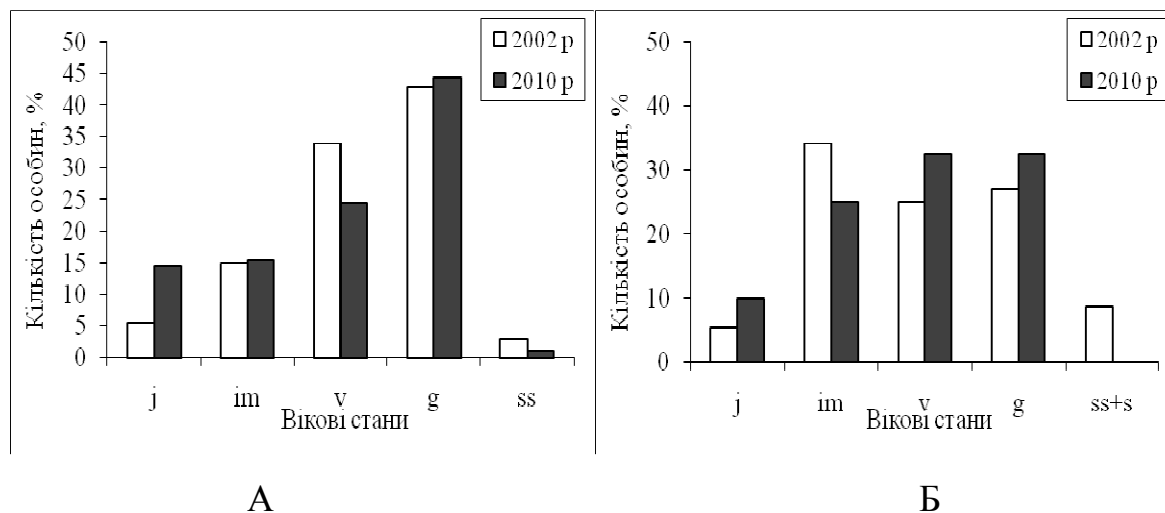


Рис. 1. Динаміка вікової структури популяцій *G. acaulis* з г. Туркул (А) та з г. Ребра (Б) за період 2002-2010 рр.; j – ювенільні особини, im – іматурні, v – віргінільні, g – генеративні, ss – субсенільні, s – сенільні

Потягом дослідженого періоду реберська популяція внаслідок випадання постгенеративних стадій розвитку (субсенільної і сенільної) з нормальної повночленної змінилася на неповночленну. Максимум у віковому спектрі припадав на прегенеративну групу, частка якої у 2002 р. становила 64,1%, а у 2010 р. збільшилася до 67,5%. При цьому у 2002 р. серед особин прегенеративної групи переважали іматурні рослини (33,5%), а в 2010 р. – віргінільні (32,5%). Кількість генеративних особин зросла з 27,2% до 32,5% відповідно. У 2010 р. не знайдено рослин постгенеративної групи, тоді як у 2002 р. їх частка складала 8,7% (рис. 1 Б).

Загальна тривалість онтогенезу рослин *G. acaulis* туркульської популяції становила 17-20 років, а реберської 15-17 років. З'ясовано, що в обох популяціях прегенеративний період тривав 6-7 років, проте є певні відмінності щодо протікання генеративного періоду. Так, рослини реберської популяції на  $g_1$  стадії знаходилися 3-4 роки, в той час, як у більшості рослин туркульської популяції ця стадія тривала 6-7 років. Змінювався й час проходження  $g_2$  стадії: у реберській – 3-4 роки, а у туркульській – 2-3 роки. На стадії старих генеративних рослин особини обох популяцій знаходилися приблизно 1-2 роки. Тривалість субсенільної стадії у рослин реберської популяції становила 2-3 роки. Такі відмінності життєвого циклу рослин туркульської популяції порівняно з онтогенезом особин реберської популяції, ймовірно, є компенсаторною реакцією до екстремальних умов зростання на межі висотного ареалу. На користь цього припущення свідчить відсутність у туркульській популяції особин сенільної групи, а також випадання в окремих випадках вікових станів ( $g_1$  або  $g_2$ ).

Відомо, що самопідтримання *G. acaulis* відбувається як генеративним, так і вегетативним шляхом, зокрема шляхом партикуляції кореневища [13]. Як показали результати наших досліджень, до вегетативного розмноження особини цього виду здатні переважно на іматурній (г. Ребра) або віргінільній (г. Туркул) стадіях онтогенезу, про що свідчить поява бруньок відновлення на кореневищі. У зв'язку з цим інколи в одному клоні може нараховуватися до 14-

20 особин. Встановлено, що для туркульської популяції характерним є переважання вегетативного розмноження, частка якого за досліджений період зросла з 63,6 % (2002 р.) до 80,4 % (2010 р.). Відповідно, частка рослин генеративного походження знизилася майже вдвічі. Слід зазначити, що в реберській популяції у 2002 р. переважали рослини генеративного походження, а в 2010 р. – вегетативного. Частка особин генеративного походження знизилася з 81,1 % до 24 %, і навпаки, кількість особин вегетативного походження зросла в 4 рази. В обох популяціях поряд з збільшенням частки рослин вегетативного походження з 2002 до 2010 р. встановлено тенденцію до зменшення чисельності особин постгенеративної групи (г. Туркул) аж до їхнього зникнення (г. Ребра). У літературі це явище пояснюється тим, що у рослин з інтенсивним вегетативним розмноженням постгенеративні стадії розвитку часто випадають [10].

Відомо, що індекс відновлення популяцій є чутливим показником, що відображає їх здатність до самопідтримання [6]. ІВ за період 2002–2010 рр. зменшився для туркульської популяції з 126,9% до 122,5%, а для реберської – з 235,7% до 207,7%. Як видно з отриманих даних, його значення для туркульської популяції, що знаходиться в екстремальних умовах на межі висотного ареалу, є майже вдвічі меншими, ніж для реберської популяції, що піддається значному антропогенному навантаженню. Подібна тенденція спостерігалася і для інших високогірних видів. Наприклад, для чорногірських популяцій *Astrantia major* L., які росли на висоті понад 1700 м н.р.м., ІВ становив 122-128%, а за антропогенного пресу цей показник був значно більшим – 443,5% [6].

На популяційному рівні репродуктивну здатність, крім кількості генеративних особин, можна оцінити за величиною індивідуальної насінневої продуктивності. Для туркульської популяції *G. acaulis* характерні доволі високі показники потенційної ( $368 \pm 15,2$ ) і фактичної ( $306,3 \pm 11$ ) насінневої продуктивності, а також коефіцієнта НП (83,2). Кількість насіння у плоді коливалася від 116 шт. до 344 шт. ( $x \pm S_x = 255,3 \pm 11,7$ ;  $C_v = 24,5$ ), а незапліднених насінневих зачатків – від 7 шт. до 103 шт. ( $y \pm S_y = 51,5 \pm 6,7$ ;  $C_v = 14$ ).

Отже, показники насінневої продуктивності туркульської популяції досить високі, незважаючи на те, що її самопідтримання відбувається більшою мірою за рахунок вегетативного розмноження. Однією з причин низької частки особин генеративного походження як у туркульській, так і в реберській популяціях, на нашу думку, є недорозвиненість зародка та нежиттєздатність насіння. Підтвердженням цього є отримані нами результати схожості насіння *G. acaulis in vitro* [11]. Утворення недорозвиненого зародка та нежиттєздатного насіння у рослин *G. acaulis* можна пояснити тим, що у нього, як і в інших високогірних видів, які зростають в екстремальних еколого-географічних умовах, реалізація репродуктивного потенціалу знаходиться у складній залежності від абіотичних (температура, вологість) та біотичних факторів [8]. Ще однією причиною зменшення чисельності особин генеративного походження за відносно невеликий проміжок часу є збільшення антропогенного навантаження (витоптування, зривання тощо), що призводить до утворення недостатньої для генеративного поновлення популяцій кількості насіння.

### Висновки

Досліджено динаміку щільності, вікової структури і здатності до відновлення та самопідтримання двох чорногірських популяцій *G. acaulis* (г. Туркул, г. Ребра). Протягом восьмирічного періоду виявлено істотне зменшення (у 2-3 рази) щільності обох популяцій. Їхній віковий спектр змінився у бік збільшення відсотка прегенеративної та зменшення частки постгенеративної групи. Протягом дослідженого періоду кількість рослин генеративного походження у популяціях зменшилася в 2,0-3,4 рази. Причинами таких суттєвих змін стану популяцій, на нашу думку, є перебування у несприятливих еколого-географічних умовах (г. Туркул) та вплив антропогенних факторів (г. Ребра).

*Автори статті висловлюють подяку директору Інституту екології Карпат НАНУ д.б.н. Козловському М.П., а також співробітникам відділу популяційної екології цього інституту за сприяння під час експедиційних досліджень у Карпатах.*

1. *Вайнагий В.И.* Методика определения семенной продуктивности представителей семейства *Ranunculaceae* Juss / В. И. Вайнагий // Бюл. Глав. ботан. сада. – 1990. – Вып. 155. – С. 86 – 90.
2. *Вайнагий И.В.* О методике изучения семенной продуктивности растений / И. В. Вайнагий // Ботан. журн. – 1974. – Т. 59, № 6. – С. 826 – 831.
3. *Види роду Gentiana L.* флори України у природі та культурі *in vitro* / Н.М. Страшнюк, Л.Р. Грицак, О.М. Леськова [та ін.] // Укр. ботан. журн. – 2005. – Т. 62, №3. – С. 337 – 348.
4. *Жукова Л.А.* Динамика ценопопуляций растений (очерки популяционной биологии) / Л.А. Жукова. – М.: Наука, 1988. – С. 102 – 116.
5. *Кобів Ю.* Поширення, стан популяцій та характеристика оселищ рідкісних і загрожених видів рослин у північній частині Свидівця (Українські Карпати) / Кобів Ю., Прокопів А., Гелеш М., Борсукевич Л. // Вісник Львів. ун-ту. Серія біологічна. – 2009. – 49. – С. 63 – 82.
6. *Копитко У.* Структура популяцій *Astrantia major* L. в Чорногорі (Українські Карпати) / Уляна Копитко // Вісник Львів. ун-ту Серія біологічна. – 2008. – Вип. 46. – С. 83 – 88.
7. *Лакін Г.Ф.* Биометрия: Учебное пособие для биологических специальностей вузов / Г. Ф. Лакін. – М.: Высш. школа, 1980. – 293 с.
8. *Левина Р.Е.* Репродуктивная биология семенных растений. Обзор проблемы / Р.Е. Левина – М.: Наука, 1983. – 96 с.
9. *Работнов Т.А.* Методы определения возраста и длительности жизни у травянистых растений / Т.А. Работнов // Полевая геоботаника. – М., Л.: Изд-во АН СССР – 1960. – № 2. – С. 249 – 261.
10. *Работнов Т.А.* Экспериментальная фитоценология: учеб.-метод. пособие / Т.А. Работнов – М.: Узд-во МГУ, 1987. – 160 с.
11. *Страшнюк Н.М.* Використання біотехнологічних методів для збереження *Gentiana acaulis* L. в Українських Карпатах / Страшнюк Н.М., Грицак Л.Р., Леськова О.М. // Науковий вісник Чернівецького університету. Зб. наук. праць.: Біологія. – 2002. – Вип. 145. – С. 154 – 159.
12. *Структура популяцій рідкісних видів флори Карпат* / [Малиновський К.А., Царик Й.В., Жилиєв Г.Г. та ін.]. – К.: Наук. думка, 1998. – 176 с.
13. *Флора УРСР* / [відп. ред. Д.К. Зеров]. – К.: Вид. АН УРСР, 1957. – Т.8. – С. 236 – 256.
14. *Царик Й. В.* Метапопуляційна організація *Astrantia major* L. на північному макросхилі Чорногори (Українські Карпати) / Й. В. Царик, У. І. Копитко // Екологія та ноосферологія. – 2008. – Т. 19, № 1. – 2. – С. 53 – 58.
15. *Ценопопуляції* растений (основные понятия и структура). – М.: Наука, 1976. – 217 с.
16. *Червона книга України. Рослинний світ* / [за ред. Я.П. Дідуха] – К.: Глобалконсалтинг, 2009. – С. 489.
17. *Яблоков А.В.* Популяционная биология / А.В. Яблоков – М.: Высш. шк., 1987. – 304 с.

*О.Ю. Майорова, Л.Р. Грицак, Г.И. Пасичник, И.В. Будзан, В.Н. Мельник, Н.М. Дробык*  
Тернопольский национальный педагогический университет им. Владимира Гнатюка, Украина  
Институт молекулярной биологии и генетики НАН Украины, Киев

#### ІЗМЕНЕННЯ СОСТОЯНИЯ ПОПУЛЯЦИЙ *GENTIANA ACAULIS* L. В ЧЕРНОГОРЕ (УКРАИНСКИЕ КАРПАТЫ)

Проведен анализ состояния туркульской и реберской популяций *G. acaulis*, произрастающих в различных эколого-географических условиях в Черногоре. В 2002 и 2010 гг. исследованы основные популяционные характеристики: плотность, возрастная структура, способность к восстановлению и самоподдержанию. Показаны существенные изменения этих параметров, что свидетельствует об ухудшении состояния популяций.

*Ключевые слова:* *Gentiana acaulis* L., популяция, плотность, возрастная структура, индекс восстановления, семенная продуктивность

*O.Yu. Mayorova, G.I. Pasichnyk, L.R. Grytsak, I.V. Budzan, V.M. Mel'nyk, N.M. Drobyk*  
Volodymyr Hnatiuk Ternopil National Pedagogical University, Ukraine  
Institute of Molecular Biology and Genetics of NAN of Ukraine, Kyiv

#### THE CHANGES OF *GENTIANA ACAULIS* L. POPULATIONS STATE IN CHORNOHORA (THE UKRAINIAN CARPATHIANS)

There was analyzed the state of Turkul and Rebra populations of *G. acaulis* that grow in different ecological-geographical conditions in Chornohora. In 2002 and 2010 years major population characteristics such as compactness, age structure, ability to renewal and self-maintenance were

investigated. Essential changes in these population parameters suggesting the worsening of populations' state were shown.

Рекомендує до друку  
М.М. Барна

Надійшла 17.09.2010

УДК [631.41+502.62]

Ж.О. МАРТИНЕНКО

ВСП Національного університету біоресурсів і природокористування «Бережанський агротехнічний інститут»  
вул. Академічна, 20, Бережани, Тернопільська область, 47501

## **ХАРАКТЕРИСТИКА ҐРУНТІВ ГОЛИЦЬКОГО БОТАНІКО-ЕНТОМОЛОГІЧНОГО ЗАКАЗНИКА У ЗВ'ЯЗКУ З ЕКОЛОГІЧНИМИ УМОВАМИ ЇХ ФОРМУВАННЯ**

Розглядається геологічне походження, формування, фізична характеристика та хімічний склад ґрунтів Голицького ботаніко-ентомологічного заказника. Показано, що досліджувані ґрунти сформувалися унаслідок тривалих геологічних та екологічних процесів, характеризуються незначним ступенем агротехнічної трансформації та хімічного забруднення з побутових та техногенних джерел, що суттєво не вплинули на природні властивості і родючість ґрунтів.

*Ключові слова:* Голицький ботаніко-ентомологічний заказник, ґрунти, структура, склад

Фізико-хімічні властивості ґрунтів – одна з найважливіших характеристик, що визначає їх якісний стан, впливає на морфологічні властивості та разом з біологічними складовими визначає родючість. Негативний вплив на ґрунти, зокрема на їхній фізико-хімічний стан, здійснюється за трансформації природного середовища. Докорінно змінені людиною екосистеми із переважанням у структурі угідь орних земель, значною строкатістю елементів територіальної структури і порушеними речовинно-енергетичними потоками, порушують природну рівновагу у ґрунтового середовищі, що, відтак, позначається на розвиткові рослинного світу, продуктивності екосистем, їх біорізноманітті і стійкості [11, 13].

Удосконалення структури землекористування ґрунтується на концепції еколого-господарського балансу території [8], згідно з якою землі, зайняті природною рослинністю (ліси, луки), розглядають як землі екологічного фонду, з яких формується екологічний каркас території. У разі оптимального співвідношення і просторового розміщення лісові насадження у поєднанні з сільськогосподарськими угіддями й іншими компонентами екосистем утворюють єдину систему і формують новий вид антропоекосистеми – лісоаграрну, у якому відновлюється екологічна і біологічна рівновага [11, 12].

Раніше нами проаналізовано вплив на ґрунтовий покрив та використання земель Голицького ботаніко-ентомологічного заказника клімато-географічних та антропоічних (земле- та природо- користування) факторів та визначено проблеми його екологізації [9, 10]. Обґрунтовано необхідність оптимізації схеми екологічної мережі Голицького ботаніко-ентомологічного заказника, його розширення, формування системи лісових насаджень у межах водозбору з урахуванням особливостей рельєфу, ґрунтів, умов формування поверхневого стоку, стокового навантаження та інтенсивності водно-ерозійних процесів, здатних підтримувати природну рівновагу.

Разом з тим, вивченню структури та складу ґрунтів цієї унікальної природно-географічної одиниці Опілля, що має заповідне і рекреаційне значення поряд з агро- і лісо-

господарським використанням, та є перспективним для входження у один з екокоридорів Північно-Західного Поділля [9], увага не приділялася.

Метою дослідження було вивчення формування, фізичних і хімічних властивостей ґрунтів Голицького ботаніко-ентомологічного заказника.

### **Матеріал і методи досліджень**

Об'єктом дослідження були сірі опідзолені ґрунти, модальні для Північно-Західного Опілля, предмет вивчення – їх фізичні властивості і хімічний склад. Період дослідження – 2008-2009 рр. Для вивчення фізичних властивостей цих ґрунтів проби відбирали в околицях сіл, що знаходяться в межах території заказника.

Голицький ботаніко-ентомологічний заказник – частина Подільського горбогір'я, розташований між селами Куряни і Демня в південній частині Бережанського району Тернопільської області [2, 9]. Територія заказника витягнута вузькою смугою з північного заходу на південний схід приблизно на 2270 м. Середня ширина заказника близько 160 — 240 м, у найширшому місці 400 м, а в найвужчому — 60 м. Загальна площа 60 га [2].

Для відбору ґрунтів обрано типові дослідні ділянки, з яких здійснено забір зразків ґрунту га глибині 10-15 см. для лабораторних досліджень. У відібраних зразках за загальноприйнятими методиками визначено такі фізичні властивості: гранулометричний склад та мікроагрегатний склад (за Качинським); структурно-агрегатний склад (сухе просіювання ситовим методом); щільність твердої фази (пікнометричним методом) [1]. Хімічний склад ґрунтів досліджували згідно стандартних методик дослідження ґрунтів в лабораторіях Тернопільської обласної агрохімлабораторії.

### **Результати дослідження і їх обговорення**

*Геологічні особливості території та формування ґрунтів.* В геоструктурному відношенні територія заказника розміщена в межах Волино-Подільської плити [4]. Плита ділиться на геоструктурні райони. В одному з таких районів, Львівському прогині, розташований Голицький ботаніко-ентомологічний заказник. В геологічній будові території Голицького заказника беруть участь осадові породи верхнього протерозою, палеозою, мезозою і кайнозою, що залягають на розмитій поверхні кристалічного фундаменту платформи. Найдавнішими утвореннями, що виходять на поверхню на території заказника, є відклади крейдової системи мезозойської групи, які представлені білими і сірими мергелями. Зверху на розмитій поверхні відкладів крейдової системи залягає шар щільних, місцями глинистих літотамнієвих вапняків тортонського ярусу неогенової системи [3, 4].

Описуючи рельєф заказника, можна виділити такі морфоскульптури в напрямку з північного заходу на південний схід: з східної сторони заказник обмежує балка з добре вираженою пологою, сильно задернованою долиною. У верхній частині балка роздвоюється, верхівка виходить за межі заказника і зникає у лісі [14]. У гирлі балки наявний уламковий матеріал, що свідчить про ерозійну роботу тимчасових водних потоків. Верхня частина балки виходить за межі заказника [2].

На вершині гори товщина морських верхньокрейдових і неогенових відкладів покрита невеликим шаром четвертинних лесоподібних суглинків і лесів, на яких утворилися сучасні ґрунти. На схилах четвертинні утворення представлені елювіально-делювіальними відкладами різної потужності і складу, на яких розвиваються сучасні ґрунти. Ґрунти Голицького ботаніко-ентомологічного заказника формувалися під впливом взаємодії двох процесів – ендегенних і екзогенних. Ендегенні створили основні нерівності земної поверхні – морфоструктури. Екзогенні процеси зумовлені дією поверхневих вод (тимчасовими і постійними водотоками), вітру, рослинних і тваринних організмів та інших факторів, діючи на ці морфоструктури урізноманітнюють їх поверхню, утворюючи морфоскульптури. Під дією тимчасових водотоків, на схилі заказника утворилися балки, вимоїни і невеликий обрив. Незначний вплив на рельєфотворення має постійний водний потік в межах заказника.

Найпоширенішими ґрунтоутворючими породами заказника є четвертинні відклади. Це, насамперед, покривні лесовидні суглинки та делювіально-алювіальні відклади. Ці породи

підстелені вапняками і опоками. Опоки на крутих схилах, де товща покривних суглинків повністю, або майже повністю змита, виходять на денну поверхню і беруть участь у ґрунотворенні. В післяльодовикову епоху активне гниття організмів сприяло утворенню верхнього родючого шару – гумусу. На окремих ділянках сформувалися лесовидні суглинки та опідзолені чорноземи, які вважаються самими родючими ґрунтами з зернистою структурою. В окремих ділянках ґрунти вкриті мулом з піском та глиною.

В ґрунтовому покриві Голицького ботаніко-ентомологічного заказника переважають чорноземи неглибокі карбонатні середньо- і слабо- змиті, дерново-карбонатні середньо- і слабо- змиті, сірі опідзолені середньозмиті в поєднанні з сильнозмитими.

Вершину гори Голиця займають середньозмиті сірі опідзолені ґрунти в поєднанні з сильнозмитими. Площа їх становить 8,6 га. Вони приурочені до нижніх і середніх спадистих і сильноспадистих третин коротких випуклих схилів горбів. Цей тип ґрунту зустрічається на малопотужних товщах, завдяки чому у нижніх горизонтах трапляються уламки опок. Забезпеченість ґрунту гумусом і поживними речовинами низька, тому що гумусовий горизонт змитий, їх родючість низька і незначна [5].

Західну частину території заказника займають неглибокі чорноземи карбонатні слабозмиті. Площа цих ґрунтів становить 19,8 га. Сформувалися ці ґрунти під сухими степовими ценозами. Загальна глибина гумусового горизонту сягає 60–80 см, на схилах внаслідок денудаційних процесів – 40–50 см. Східніше на площі 11,5 га представлені дерново-карбонатні середньозмиті ґрунти. Далі на схід, займаючи всю східну територію заказника, розташовані дерново-карбонатні слабозмиті ґрунти. Загальна їх площа становить 18,5 га. Ґрунти приурочені до сильно спадистих та крутих схилів г. Голиця [2].

В днищах балок утворилися лучні ґрунти з дерновим типом ґрунотворення. їх особливістю є те, що вони формуються в різко виявлених гідроморфних умовах, при постійному зв'язку і особливому режимі поверхневих вод. Ґрунти цієї групи характеризуються оглеєністю не тільки материнської породи, а також і частин профілю, глибина якої визначається інтенсивністю зволоження, що залежить від глибини залягання ґрунтових вод, тривалості затоплення і інших чинників [6].

Для ґрунтів Голицького ботаніко-ентомологічного заказника характерний такий негативний процес як ерозія. Природними факторами, які визначають інтенсивність ерозії є геоморфологічні умови та особливості клімату.

Сприятливі ґрунтово-кліматичні умови на Опіллі зумовили тут розвиток землеробства. Ці землі займали території, що були вкриті дубовими, дубово-грабовими, грабово-буковими лісами й остепненими масивами з ясно-сірими, сірими, темно-сірими опідзоленими ґрунтами і чорноземами. Так поступово площа ріллі зростала і нині вона становить 45% площі району. Багатовікова освоєність території дослідження по-різному вплинула на ґрунтовий покрив. Проблема вивчення трансформації морфологічних ознак, фізичних, фізико-хімічних властивостей ґрунтів під дією сільськогосподарського використання потребує досліджень.

**Фізична характеристика ґрунтів.** За гранулометричним складом значних відмін у ґрунтів сільськогосподарських угідь та лісу не виявлено. Панівною гранулометричною фракцією є фракція грубого пилу (частинки 0,01–0,05 мм). Друга за розміром є фракція дрібного піску (20–25 %). Вміст мулистих частинок (<0,001 мм) становить 8,4–8,8 % і поступово зростає з глибиною до 12–16%. Характерна особливість гранулометричного складу досліджуваних ґрунтів – низький вміст фракції грубого піску (частинки розміром 0,25–1,0 мм). Вміст елементарних ґрунтових частинок розміром <0,001 мм у ґрунтовому профілі значно збільшується в межах ілювіальних горизонтів. Це зумовлено поєднанням двох елементарних процесів ґрунтоутворення: опідзолення і лесиважу.

Гранулометричний склад – досить стійка характеристика ґрунту, тому потрібен тривалий час окультурення, щоб суттєво змінити вміст чи співвідношення фракцій у ґрунтовому профілі.

Мікроагрегатний склад: фактор дисперсності коливається в межах 7,5–15,0%, мікроструктура ґрунтів досить міцна; фактор структурності, що характеризує водостійкість

мікроагрегатів, досить високий (88–92%) і показує здатність ґрунтів до формування міцної водостійкої мікроструктури; ступінь агрегованості становить 25–35% і засвідчує задовільну мікроагрегованість елементарних ґрунтових частинок. Отримані дані свідчать про те, що протягом досить тривалого використання у землеробстві ґрунти не втратили потенційних можливостей до формування мікроструктурних агрегатів.

Результати структурного аналізу засвідчують, що ґрунти мають невисокий вміст (до 50%) агрономічно цінних агрегатів розміром 0,25–10,0 мм. Зокрема, вміст таких агрегатів у гумусо-елювіальному горизонті становить 36,68–42,83%. За вмістом агрономічно цінних агрегатів (30–40 %) ґрунти мають досить високий рівень деградації.

Важливим показником структури ґрунту є коефіцієнт структурності, значення якого для ґрунтів під лісом становить 0,58–0,75, що пов'язано з високим вмістом агрономічно цінних агрегатів. У структурно-агрегатному складі ґрунтів домінують агрегати розміром понад 10 мм. Вміст їх у гумусо-елювіальному горизонті становить 62,54%, що зумовлює брилуватість, низьку шпаруватість, високу щільність будови. Вміст пилюватих агрегатів розміром до 0,25 мм у досліджуваних ґрунтах невисокий і коливається в межах 1–4%.

Загальні фізичні властивості ґрунтів під дією антропогенного навантаження зазнали змін. Щільність будови із глибиною частково зростає від 2,56 г/см<sup>3</sup> до 2,66 г/см<sup>3</sup>, що зумовлено наявністю у верхніх гумусових горизонтах легких органічних речовин. В орних ґрунтах зміни щільності будови упродовж року залежать від виду і терміну обробітку, вирощуваної культури, сільськогосподарської техніки. У підорних горизонтах зафіксовано зростання щільності будови до 1,56 г/см<sup>3</sup>. З глибиною цей показник поступово збільшується. Такі зміни щільності будови зумовлені тиском на ґрунт техніки, особливостями морфологічної будови (наявність елювіального й ілювіального горизонтів), неоднорідністю ґрунтоутворної породи.

У ґрунтах простежується закономірне зменшення загальної шпаруватості з глибиною від 58,6% до 36,0%. В окультурених ґрунтах, що тривалий час розорюються, загальна шпаруватість в орному горизонті становить 46,2%, що зумовлено збільшенням щільності будови. Загальну шпаруватість у межах 40–50%, характерну для орних горизонтів досліджуваних ґрунтів, оцінюють як незадовільну.

Отже, на підставі аналізу результатів досліджень виявлено такі зміни фізичних властивостей ґрунтів у процесі агротехногенної трансформації: гранулометричний і мікроагрегатний склад досліджуваних ґрунтів суттєво незмінені, ґрунти не втратили потенційних можливостей до формування мікроструктурних агрегатів; має місце зміна класичної дрібнозернистої структури, властива антропогенно-непорухеним ґрунтам, на грудкувато-брилувату структуру в окультурених ґрунтах; спостерігається підвищення щільності будови у орному горизонті, сильне ущільнення підорного горизонту, наявність підплужної підшви і, відповідно, зменшення кількості й розміру шпар орних ґрунтів. Цілинні ґрунти за фізичними властивостями суттєво не змінені.

**Хімічний склад ґрунтів.** Звертає на себе увагу закислений стан аналізованих ґрунтів, низький вміст в них гумусових речовин та загального азоту, які великою мірою визначають родючість ґрунтів (табл.). Остання в характеризованому ґрунті забезпечується за рахунок мінеральних компонентів родючості – P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> та K<sub>2</sub>O. Відмітимо також високий вміст піскових компонентів та кальцифікацію, що, в основному, спричинені карбонатами і частково сульфатами. Рівень сполук магнію і бору, що є потрібними для рослин мікроелементами, досить низький.

Щодо групи металів, то вміст жодного з них не перевищує ГДК. Відмітимо переважання вмісту сполук металів групи заліза – марганцю, кобальту, заліза. Вміст як біогенних (алюміній, мідь, кобальт), так і небіогенних (свинець, нікель, хром) металів значно нижчий допустимих рівнів, що свідчить про низький екотоксикологічний профіль аналізованих ґрунтів. Низький ступінь коливання показників хімічного складу ґрунтів протягом декількох років свідчить про відсутність суттєвого забруднення та геологічної і антропогенної геохімічної трансформації території.



Деякі показники хімічного складу ґрунтів Голицького ботаніко-ентомологічного заказника

Показники	Роки			ГДК, мг/кг [7]
	2003	2006	2008	
pH	4,4	4,1	4,3	–
гумус, %	0,9	0,8	0,8	–
загальний азот, мг/кг	0,11	0,10	0,08	–
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , мг/кг	110,15	80,79	92,07	–
K <sub>2</sub> O, мг/кг	92,31	70,79	80,56	–
кремній, мг/кг	52,03	52,15	52,78	–
натрій, мг/кг	3,27	3,12	3,82	–
Кальцій, мг/кг	14,03	13,83	14,65	–
магній, мг/кг	0,40	0,42	0,45	–
бор, мг/кг	0,89	0,61	0,76	–
залізо, мг/кг	1,29	1,26	0,84	23,0
алюміній, мг/кг	0,12	0,15	0,11	3,0
хром, мг/кг	0,07	0,08	0,08	3,0
мідь, мг/кг	0,042	0,037	0,046	3,0
свинець, мг/кг	0,063	0,068	0,073	20,0
нікель, мг/кг	0,065	0,063	0,064	3,0
марганець, мг/кг	4,26	4,16	3,58	–
кобальт, мг/кг	2,52	2,55	2,49	23,0

В цілому при досить низьких потенційних можливостях ґрунтів щодо родючості, їх біологічна цінність визначається набором мінеральних елементів з переважанням таких складових родючості як Р та К і наявністю біологічно адекватних концентрацій металів, що є для рослин мікроелементами.

### Висновки

Гранулометричний і мікроагрегатний склад досліджуваних ґрунтів суттєво незмінні, ґрунти не втратили потенційних можливостей до формування мікроструктурних агрегатів, відбулася зміна класичної дрібнозернистої структури, властива антропогенно-непорушеним ґрунтам, на грудкувато-брилувату структуру в окультурених ґрунтах, має місце ущільнення підорного горизонту, наявність підплужної підшви і, відповідно, зменшення кількості й розміру шпарних ґрунтів. Цілинні ґрунти за фізичними властивостями суттєво не змінені.

Досліджені ґрунти мають хімічний склад, що передбачає низьку родючість, а біологічна цінність визначається набором мінеральних елементів з переважанням таких складових родючості як Р та К і наявністю біологічно адекватних концентрацій металів, що є для рослин мікроелементами.

1. Андрущенко Г. О. Ґрунти Західних областей УРСР. Ч. 1. / Г. О. Андрущенко. – Львів; Дубляни: Вільна Україна, 1970. – 184 с.
2. Барна М. М. Голицький ботаніко-ентомологічний заказник загальнодержавного значення / М. М. Барна, Л. П. Царик, В. М. Черняк [та ін.]. – Тернопіль: Лілея, 1997. – 64 с.
3. Богуцький А. Б. Лесові відклади Волино-Подільської височини / А. Б. Богуцький // Матер. до вивчення природних ресурсів Поділля. – Тернопіль-Кременець: Вища осв.УРСР, 1963. – С. 12 – 13.
4. Бондарчук В. Г. Геологія України / В. Г. Бондарчук. – К.: Вид-во АН УРСР, ін-т геолог. наук, 1959. – 832 с.
5. Геренчук К. И. Область Ростоцьа и Ополя. Западно-Подольская область / К. И. Геренчук // Физико-географическое районирование Украинской ССР. – Изд-во Киевского ун-та, 1968. – С. 173 – 198.
6. Геренчук К. И. Природа Тернопільської області / К. И. Геренчук. – Львів: Вища школа, 1979. – 300 с.
7. Давыдова С. Л. Тяжелые металлы как супертоксиканты XXI века: Учебн. пос. / Давыдова С. Л., Тагасов В. И. – М., 2002. – 140 с.

8. *Кочуров В. И.* Экологические требования при радикальном изменении сельскохозяйственного землепользования / Кочуров В. И., Иванов Ю. Г. // География и природные ресурсы. – 1993. – № 1. – С. 33 – 40.
9. *Лісова Н. О.* Екологічний стан та охорона рослинного покриву природно-заповідних територій (опільсько-кременецький округ) : автореф. дис. на здоб нак. ступеня канд. біол. наук. Спеціальність 03.00.16 «Екологія» / Н. О. Лісова. – Київ, 2008. – 20 с.
10. *Мартиненко Ж. О.* Природно-географічні та антропогенні фактори навантаження на екосистему Голицького ботаніко-ентомологічного заказника і їх екологічне значення / Ж. О. Мартиненко, Н. О. Лісова, В. В. Грубінко // Наук. зап. Терноп. нац. пед. ун-ту ім. В. Гнатюка. Сер. Біологія. – 2009. – Т. 39, № 1-2. – С. 113 – 123.
11. *Пилипенко О. І.* Оптимізація зональних лісоаграрних екологічних систем / О. І. Пилипенко // Лісовий журн. – 1994. – № 3. – С. 11 – 12.
12. *Приходько М. М.* Ґрунтоводоохоронні біоінженерні комплекси та оптимізація ландшафтів у басейнах малих річок західного регіону України / М.М. Приходько. – Івано-Франківськ, 1996. – 83 с.
13. *Свинко Й. М.* Розвиток сучасних фізико-географічних процесів на території Західного Поділля та його негативні наслідки / Й. М. Свинко, Д. І. Ковалишин, О. В. Кіресва // Наук. зап. Терноп. держ. пед. ун-ту. Сер.: Географія. – 1998. – № 7. – С. 26 – 28.
14. *Цись П. М.* Геоморфологія УРСР / П. М. Цись. – Львів : Вид. Львів. ун-ту, 1962. – 224 с.

*Ж.А. Мартыненко*

ОСП Национального университета биоресурсов и природопользования «Бережанский агротехнический институт», Украина

#### ХАРАКТЕРИСТИКА ПОЧВ ГОЛИЦЬКОГО БОТАНИКО-ЭНТОМОЛОГИЧЕСКОГО ЗАКАЗНИКА В СВЯЗИ С ЭКОЛОГИЧЕСКИМИ УСЛОВИЯМИ ИХ ФОРМИРОВАНИЯ

Рассматривается геологическое происхождение, формирование, физическая характеристика и химический состав почв Голицького ботанико-энтмологического заказника. Показано, что исследуемые почвы сформировались в результате длительных геологических и экологических процессов, характеризуются незначительной степенью агротехнической трансформации и химического загрязнения из бытовых и техногенных источников, которые существенно не повлияли на естественные свойства и плодородие почв.

*Ключевые слова:* Голицький ботанико-энтмологический заказник, почва, структура, состав

*Zh.O. Martynenko*

Separate structural subdivision of the National university of bioresources «Berezhani agrotechnical institute», Ukraine

#### DESCRIPTION OF SOILS OF GOLITSKIY BOTANI-ENTOMOLOGICAL RESERVE IN CONNECTION WITH ECOLOGICAL TERMS THEIR FORMINGS

A geological origin, forming, physical description and chemical composition of soils of areas Golitskiy botani-entomological reserve, is examined. It is rotined that the investigated soils were formed as a result of the protracted geological and ecological processes, characterized by the insignificant degree of agrotechnical transformation and chemical contamination from domestic and technogenic sources which substantially did not influence on natural properties and fertility of soils.

*Key words:* Golitskiy botani-entomological reserve, soil, structure, composition

Рекомендує до друку

Надійшла 16.09.2010

В.В. Грубінко

УДК [582.711.712:581.57] + 58.032

Н.В. РОСІЦЬКА

Національний ботанічний сад ім. М.М. Гришка НАН України  
вул. Тімірязєвська, 1, Київ, 01014

## АДАПТИВНІ РЕАКЦІЇ РОСЛИН *ROSA CANINA* L. ДО РІЗНИХ УМОВ ЗРОСТАННЯ

Представлені результати експериментів вивчення впливу водного режиму листя *Rosa canina* на динаміку накопичення продуктів перекисного окислення ліпідів і проліну, що свідчать про підвищення адаптивного потенціалу рослин до водного дефіциту протягом доби.

*Ключові слова:* водний дефіцит, перекисне окиснення ліпідів, пролін, вуглеводи, каталаза, пероксидаза

Різке загострення екологічної ситуації у світі в результаті глобального потепління, аридизації клімату, зменшення кількості опадів, вологості ґрунту, розширення площ посушливих регіонів, підвищення у повітрі концентрації вуглекислого газу роблять проблему вивчення формування комплексу адаптивних реакцій у рослин актуальною. Водний стрес є одним з найпоширеніших абіотичних факторів довкілля. Зокрема, Україна належить до найменш водозабезпечених європейських держав: сумарні водні ресурси України в середньоводний рік становлять 48,8 км<sup>3</sup>, а у багатоводні роки – 83,5 км<sup>3</sup> [7].

Однією із швидких і неспецифічних реакцій рослинних клітин на будь-який стрес, включно водний дефіцит, є накопичення продуктів перекисного окиснення ліпідів (ПОЛ). Наслідками активації ПОЛ є зміни жирнокислотного складу ліпідів, в'язкості клітинних мембран та їх проникності для іонів і води, що, у свою чергу, впливає на каталітичну активність мембранозв'язаних ферментів та позначається на інтенсивності метаболічних процесів і функціонуванні рослин. Характер відзначених змін великою мірою залежить від напруженості дії несприятливого чинника, тобто його інтенсивності та тривалості впливу, а також чутливості та стадії розвитку рослинного організму тощо [1].

Початковим етапом ПОЛ є утворення дієнових кон'югатів. Наступні етапи пероксидації пов'язані із збільшенням гідропероксидації ліпідів. Кінцевим продуктом цього процесу є малоновий діальдегід (МДА) – високотоксична сполука, яка порушує метаболізм у клітині. Проміжні і кінцеві продукти ПОЛ, які нагромаджуються при активації цього процесу за дії стресу, виявляють певний модифікуючий вплив на мембрани та деякі ферменти. Посилене утворення МДА є наслідком окиснення лінолевої й ліноленової кислот, фосфоліпідів та галактоліпідів мембран хлоропластів, які беруть участь в організації реакційних центрів ФС I і 2. МДА спроможний взаємодіяти з вільними аміногрупами білків, компонентами фосфоліпідів, ініціювати появу в мембранах етилену, що може призвести до змін властивостей як окремих компонентів, так і мембран в цілому [4]. Продукти ПОЛ є не лише відображення окислювальної деструкції ліпідів, а й можуть бути задіяні на етапі старіння. Крім того, МДА під час старіння рослин бере участь в утворенні ліпофусцинових сполук – так званих пігментів старіння [1].

Показником інтенсифікації перекисного окиснення може бути не лише збільшення кількості продуктів ПОЛ, але й швидкість залучення антиоксидантних ресурсів, що здатні підтримувати ПОЛ у фізіологічно безпечних межах [5]. Тому збалансованість між перекисним окисненням і антиоксидантною активністю є необхідною умовою для підтримання нормальної життєдіяльності рослинного організму. Зокрема, пролін завдяки своїм антиоксидантним властивостям здатний послаблювати процеси перекисного окиснення [18; 10]. Особливості структурної будови і висока гігроскопічність молекули проліну сприяють зв'язуванню і утримувannya пулів води в клітинних компартментах за дії водного стресу, при цьому звільнюється енергія при синтезі глютамінової кислоти, яка утилізується на синтез АТФ та білка. Взаємодія молекул проліну з білками підвищує розчинність і сприяє захисту білків від денатурації в умовах посухи. Зміна осмотичного потенціалу „запускає” синтез проліну, який утворюється за дії посухи, в основному, за рахунок синтезу *de novo* [4]. Крім того, зміни його

вмісту можуть відбуватися не лише за умов зміненого середовища, але й бути пов'язаними із фізіологічними процесами, що протікають в рослинних організмах [19].

Метою роботи було дослідження добового накопичення продуктів пероксидного окиснення ліпідів та вільного проліну, а також вмісту цукрів, біогенних елементів та активність антиоксидантних ферментів у листках шипшини собачої за дії водного дефіциту.

### Матеріал і методи досліджень

Експериментальна робота виконувалась у відділі алелопатії Національного ботанічного саду ім. М.М. Гришка НАН України у квітні–травні 2008–2010 р.р. Об'єкти досліджень – одновікові рослини *Rosa canina* L., які зростають на колекційній ділянці з дотриманням необхідної агротехніки (контроль) та на ботаніко-географічній ділянці „Степи України” без будь-якого догляду. Протягом доби через кожні дві години відбирали листки рослин для дослідження пероксидації ліпідів за вмістом тіобарбітурової кислоти активних продуктів (ТБКАП). Концентрацію ТБКАП визначали за вмістом МДА [6], а ступінь адаптації рослин до стрес-фактору, зокрема посухи, – за вмістом проліну [17]. Водний режим листків аналізували за І.П. Григорюком та ін. [16], вміст біогенних елементів у рослинах – за методикою Г.Я. Рінькіса [14], цукрів – за Г.Є. Бертраном [13], каталази – за А.Н. Бахом і А.І. Опаріним [13], пероксидази – за А.М. Бояркіним [13]. Повторність дослідів 6-10-ти кратна.

### Результати досліджень та їх обговорення

У результаті проведених досліджень виявлено суттєві відмінності у забезпеченні рослин шипшини собачої вологою протягом доби (рис. 1).

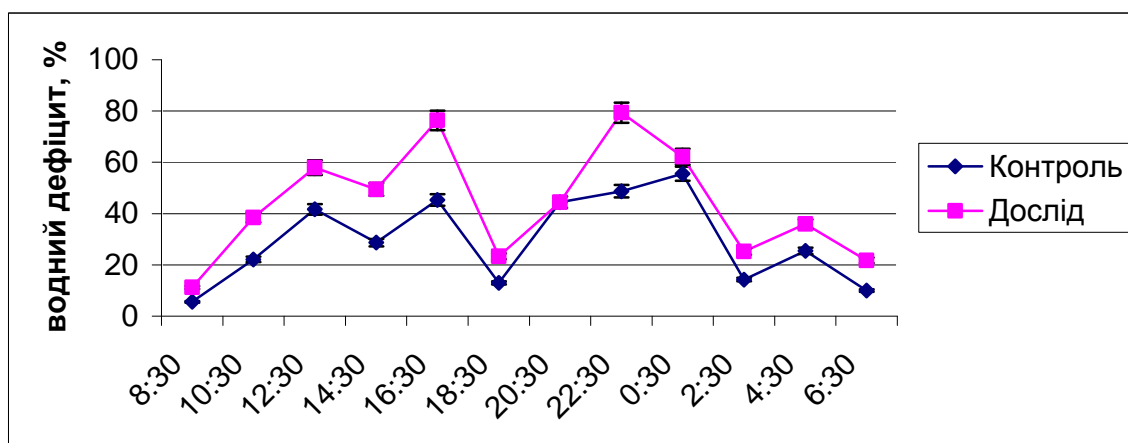


Рис.1. Добова динаміка водного дефіциту *R. canina*

Експериментально доведено, що з 6<sup>30</sup> до 8<sup>30</sup> год. ранку водний дефіцит (ВД) листків низький і становить 6–10% для рослин з контрольної ділянки та 11–22% з дослідної. Надалі спостерігається стрімке збільшення ВД на 16<sup>30</sup> год. (45% у рослин шипшини з колекційної ділянки та 76% з ботаніко-географічної). О 18<sup>30</sup> год. ВД швидко зменшується у 3,3–3,75 рази, але о 20<sup>30</sup> ВД зростає до 44 % в обох варіантах. З 22<sup>30</sup> до 24<sup>30</sup> год. ВД досягає максимальних показників (48–56 % у рослин контрольного варіанту та 62–79% – дослідного). О 2<sup>00</sup> ВД у рослин з колекційної ділянки зменшується у 4, а з дослідної – у 2,5 рази. Проте через 2 год. ВД зростає у 1,4 (дослід) та 1,8 (контроль) рази. Отже, експериментально показано, що у рослин шипшини, які зростають на ботаніко-географічній ділянці „Степи України”, показники ВД листків протягом доби у 1,1–2,3 рази вищі порівняно з листками рослин на колекційній ділянці.

Суттєві розбіжності виявлено також і в концентрації біогенних елементів в листках шипшини собачої (табл.1). Найбільші відмінності спостерігались у концентрації калію і кальцію, які відповідають за водний статус рослин. Так, вміст калію у *R. canina* на ботаніко-географічній ділянці „Степи України” в 1,6 раза менший, а кальцію – в 2,5 раза більший порівняно з рослинами на колекційній ділянці. Відомо, що рослини із високим вмістом калію краще утримують воду і більш раціонально використовують її, що є наслідком поліпшеного контролю за механізмом відкриття та закриття продихів [9]. Дефіцит вологи спричиняє значне підвищення рівня кальцію в клітинах листків, що, з одного боку, відіграє певну роль в

збільшенні стійкості і адаптації рослин до недостатнього водозабезпечення, а з іншого – приводить до дисбалансу іонного обміну [8].

Таблиця 1

Вміст біогенних елементів у листках шипшини собачої, %

Вид	Місцезростання	Елемент				
		N	P	K	Ca	Mg
Шипшина собача	Колекційна ділянка	1,35 ± 0,0544	0,55 ± 0,0222	17,07 ± 0,5671	0,72 ± 0,0315	1,03 ± 0,0340
	Ділянка „Степи України”	0,11 ± 0,0036	0,84 ± 0,0327	10,67 ± 0,5140	1,80 ± 0,0752	0,87 ± 0,0148

Азотне голодування веде до порушення синтезу амінокислот, білків, викликає хлороз листків і, зрештою гальмує ріст клітин. Характерною ознакою магнієвого голодування є втрата хлорофілу старими листками між жилками, спад інтенсивності фотосинтезу і асиміляції [2]. Зокрема, у рослин з колекційної ділянки концентрація азоту в 12 раз вища, ніж у рослин з ботаніко-географічної, а марганцю – в 1,2 рази. Неоднакове накопичення поживних речовин в тканинах рослин свідчать про різну пристосованість рослинних організмів до умов середовища [11]. Головним результатом фотосинтезу в листках за нормальних умов функціонування рослин переважно є утворення вуглеводів, які служать основним живильним, енергетичним і структурним матеріалом для росту і розвитку клітин і тканин [3]. У рослин цукри є фізіологічними сигналами, які активують або репресують експресію генів, відповідальних за більшість основних процесів – фотосинтез, дихання, синтез і деградацію крохмалю, захист від патогенів [15]. Особливості вуглеводного обміну за недостатнього водозабезпечення клітин визначають швидкістю, глибиною і тривалістю зневоднення клітин, а також фізіологічним станом і біологічними особливостями рослин [12]. Зневоднення клітин починається з втрати вільної води, зменшення водної оболонки білків. Порушується функціональність білків-ферментів, спадає активність ферментів синтезу, активізуються гідролітичні процеси [2]. Гідроліз полісахаридів призводить до збільшення у тканинах мобільних вуглеводів, моноцукрів, дисахаридів, первинний синтез і відтік яких в корені сповільнений [3]. Вміст моноцукрів і сахарози на початку в'янення рослин зменшується, а потім вміст сахарози збільшується, що пояснюється посиленням гідролізу і зменшенням кількості геміцелюлоз [12]. Підвищення рівня цукрів пригнічує ріст, зменшує ефективність фотосинтезу, спричинює акумуляцію антоціанів, скручування, хлороз і некроз листків [16]. У непристосованих рослинах нагромадження сахарози та інших цукрів провокує інтенсивне дихання [3].

Аналіз отриманих результатів показав (табл.2), що вміст цукрів у рослин шипшини собачої із ділянки з недостатнім водозабезпеченням у 1,3 раза вищий ніж у рослин з достатнім водозабезпеченням. При цьому концентрація сахарози вища у 1,4, а глюкози – у 1,2 рази.

Таблиця 2

Вміст цукрів у листках шипшини собачої, %

Вид	Місцезростання	Моноцукри	Дицукри	Загальна кількість
Шипшина собача	Колекційна ділянка	5,11 ± 0,2044	5,810 ± 0,2649	10,92 ± 0,3491
	Ділянка „Степи України”	6,22 ± 0,2177	8,30 ± 0,3320	14,52 ± 0,5953

Отже, збільшення вмісту простих вуглеводів у листках не у результаті активізації фотосинтезу, а за умов водного дефіциту – це неспецифічна адаптивна реакція стійких здорових рослин на несприятливі умови [2].

Оцінка інтенсивності ПОЛ за величиною накопичення МДА є одним з критеріїв ранньої діагностики стресу. Аналіз отриманих результатів показав (рис.2), що з 8<sup>30</sup> до 22<sup>30</sup> години спостерігається відносно стабільна концентрація МДА, з підвищенням о 16<sup>30</sup>. При цьому вміст МДА у рослин з ботаніко-географічної ділянки „Степи України” у 1,1 – 1,7 раза більший ніж з колекційної ділянки. З 24<sup>30</sup> год. відбувається швидке накопичення МДА до максимальних

показників о 2<sup>30</sup> годині. О 4<sup>30</sup> год. концентрація МДА зменшується з наступним підвищенням о 6<sup>30</sup>.

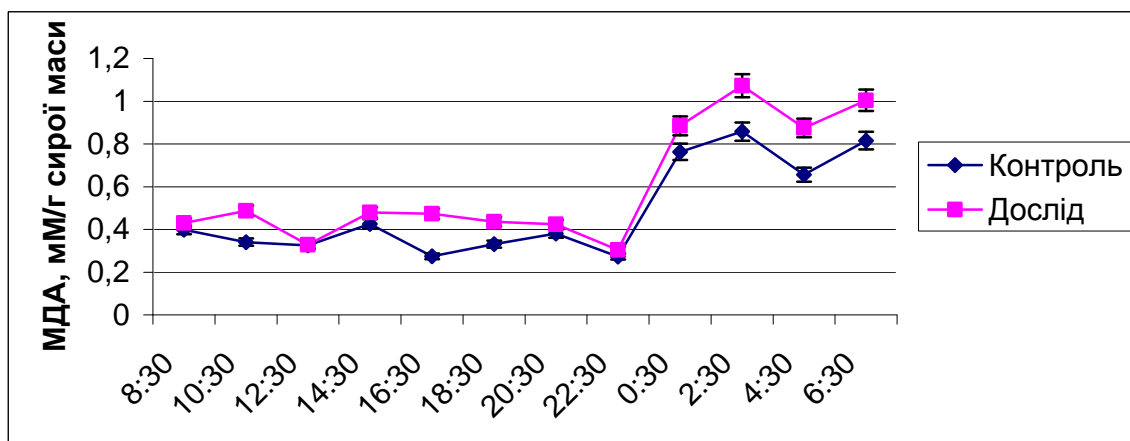


Рис. 2. Динаміка вмісту МДА у листках *R. canina* протягом доби

Зміни, які відбуваються в клітині в результаті впливу стресу і продуктів ПОЛ, очевидно можуть бути пусковими для відповідних механізмів захисту. Про це свідчить, зокрема, підвищення активності каталази та пероксидази [4]. Так, активність каталази у *R. canina* на ботаніко-географічній ділянці „Степи України” зростала в 1,5 рази, а пероксидази – в 1,2 рази порівняно з рослинами на колекційній ділянці.

Значні розбіжності виявлено також у кількісних показниках проліну (рис. 3), вміст якого в рослинах, що знаходяться у пригніченому стані був більшим. Концентрація цієї амінокислоти є незначною з 8<sup>30</sup> до 12<sup>30</sup>, хоча у рослин з дослідної ділянки її вміст вищий у 4,5–5,5 рази. З 14<sup>30</sup> год. спостерігається швидке накопичення вільного проліну і досягання максимального вмісту о 16<sup>30</sup>, при чому концентрація проліну у дослідних рослин у 2,6 рази вища, ніж у контрольних. Протягом наступних годин вміст проліну знижується до мінімуму о 24<sup>30</sup> год., а потім поступово збільшується до 6<sup>30</sup> у 3 – 9 разів.

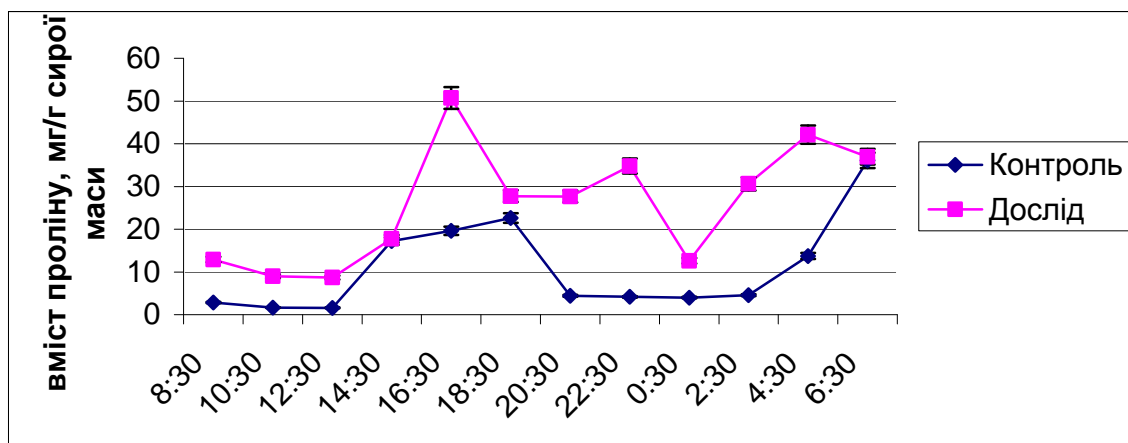


Рис. 3. Динаміка вмісту проліну у листках *Rosa canina* протягом доби

### Висновки

Отримані результати дозволяють стверджувати, що порушення водного забезпечення рослин супроводжується інтенсивним накопиченням МДА та вільного проліну. Виявлено залежність між ступенем оводненості листків шипшини собачої та активністю антиоксидантної системи захисту рослин. Виявлено підвищення водного дефіциту протягом доби вдвічі. Істотне підвищення концентрації МДА, проліну та вуглеводів у тканинах свідчить про підвищення адаптивного потенціалу рослин до водного стресу протягом доби.

1. Бараненко В. В. Пероксидне окиснення ліпідів у листках *Sium latifolium* L. за різних умов водозабезпечення / В. В. Бараненко // Укр. ботан. журн. – 2009. – Т. 66, № 5. – С. 713 – 721.
2. Гнатів П. С. Вуглеводи в листках як показник адаптації бука лісового в техногенному середовищі / П. С. Гнатів, Д. В. Артемовська // Наукові основи збереження біотичної різноманітності. – 2002. – Вип. 4. – С. 195 – 201.
3. Гнатів П. С. Дендрофізіологічні проблеми інтродукції рослин в антропогенно трансформоване середовище / П. С. Гнатів // Наукові праці лісівничої академії наук України: Зб. наукових праць. – Львів: НУ „Львівська політехніка”. – 2002. – №1. – С. 99 – 103.
4. Григорюк І. П. Фізіологічні основи регуляції посухостійкості картоплі. / І. П. Григорюк, Т. П. Нижник – Хмельницький – Київ: Вид-во Сергія Пантюка, 2004. – 236 с.
5. Гришко В. М. Перебіг процесів пероксидного окиснення ліпідів та роль аскорбінової кислоти у формуванні адаптаційного синдрому рослин за сумісної дії кадмію та нікелю / В. М. Гришко, Т. А. Демура. // Доп. НАН України. – 2009. – №2. – С. 154 – 162.
6. Кабашникова Л. Ф. Методы оценки физиологического состояния растений в условиях засухи. / Кабашникова Л. Ф., Пшибытко Н. Л., Абрамчик Л. М. – Минск: Белорусская наука. – 2007. – 42 с.
7. Качинський А. Б. Порівняльний аналіз стану навколишнього середовища України та окремих держав світу / А. Б. Качинський, С. І. Лавриненко // Стратегічна панорама. – 1999. – №4. – С.140 – 149.
8. Клеточные механизмы адаптации растений к неблагоприятным воздействиям экологических факторов в естественных условиях / [Кордюм Е. Л., Сытник К. М., Бараненко В. В. и др.]; под ред. чл.-корр. НАН Украины Е. Л. Кордюм. – К. : Наук. думка, 2003. – 277 с.
9. Коць С. Я. Мінеральні елементи і добрива в живленні рослин / С. Я. Коць, Н. В. Петерсон. – К. : Логос, 2005. – 150 с.
10. Маменко Т. П. Вплив саліцилової кислоти на активність антиоксидантних процесів в озимій пшениці за умов різного водозабезпечення / Т. П. Маменко, Л. В. Роїк // Физиол. и биохим. культ. раст. – 2008. – Т. 40, № 1. – С. 69 – 77.
11. Моренець Ю. М. Накопичення розчинних білків в рослинах роду *Spigaea* L., інтродукованих в степове Придніпров'я / Моренець Ю. М., Долгова Л. Г., Чернікова О. В. // Молодь та поступ біології: Зб. тез третьої Міжнар. конф. студентів та аспірантів. 23–27 квітня 2007 р., м. Львів. – Львів, 2007. – С. 432.
12. Орлюк А. П. Морфологічні і фізіологічні показники посухостійкості *Triticum aestivum* L. / А. П. Орлюк, Л. О. Усик // Чорноморський ботанічний журнал. – 2005. – Т.1, №1. – С. 90 – 98.
13. Плешков Б. П. Практикум по биохимии растений. / Б. П. Плешков. – М. : Агропромиздат, 1985. – 255 с.
14. Ринькис Г. Я. Сбалансированное питание растений макро- и микроэлементами. / Г. Я. Ринькис, В. Ф. Ноллендорф – Рига: Зинатне, 1982. – 202 с.
15. Сиваш О. О. Цукри як ключова ланка в регуляції метаболізму фотосинтезуючих клітин / Сиваш О. О., Михайленко Н. Ф., Золотарьова О. К. // Укр. ботан. журн. – 2001. – Т. 58, №1. – С. 121 – 127.
16. Современные методы исследований и оценки засухо- и жароустойчивости растений / [Григорюк И. А., Ткачев В. И., Савинский С. В., Мусиенко Н. Н.] – К. : Наук. світ, 2003. – 139 с.
17. Стаценко А. П. Биохимический прогноз жаростойкости у зерновых и бобовых культур / А. П. Стаценко // Достижения науки и техники – АПК. – 1999. – № 7. – С. 29 – 30.
18. Чижикова О. А. Активність ключових ферментів синтезу та розкладу проліну в проростках кукурудзи за умов засолення та обробки синтетичними регуляторами росту / О. А. Чижикова, Т. О. Паладіна // Доп. НАН України. – 2007. - № 3. – С. 191 – 195.
19. Чижикова О. А. Вміст вільного проліну та водорозчинних цукрі в листках *Sium latifolium* L. та *Alisma plantago-aquatica* L. різних екотипів / О. А. Чижикова, Н. В. Слюсарєва // Молодь та поступ біології: Зб. тез третьої Міжнар. конф. студентів та аспірантів. 23–27 квітня 2007 р., м. Львів). – Львів, 2007. – С. 101.

Н.В. Росицкая

Национальный ботанический сад им. Н.Н. Гришко НАН Украины, Киев

#### АДАПТИВНЫЕ РЕАКЦИИ РАСТЕНИЙ *ROSA CANINA* L. К РАЗНЫМ УСЛОВИЯМ ПРОИЗРОСТАНИЯ

Приведены результаты экспериментов по изучению влияния водного режима листьев *Rosa canina* на динамику накопления продуктов пероксидного окисления липидов и пролина,

свидетельствующие о повышении адаптивного потенциала растений к водному дефициту в течение суток.

*Ключевые слова: засуха, продукты пероксидного окисления липидов, пролин, каталаза, пероксидаза*

*N. V. Rositska*

M.M. Gryshko National Botanical Gardens, National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv

#### ADAPTIVE REACTIONS OF *ROSA CANINA* L. ON DIFFERENT GROWTH CONDITIONS

The results of investigation water regime influence on the content accumulation of lipid peroxidation product and free proline in *Rosa canina* leaves were shown. The direct relationship between antioxidant activity defense system of plants and water degree in the *Rosa canina* leaves was established. The increasing water deficit was seen twice during the day. The significant increasing of lipid peroxidation product content and free proline in leaves during the day has been shown growth adaptive potential in plants.

*Key words: drought stress, lipid peroxidation product, free proline, catalase, peroxidase*

Рекомендує до друку

Надійшла 22.09.2010

М.М. Барна

УДК 911.9:502

Л.П. ЦАРИК

Тернопільський національний педагогічний університет ім. Володимира Гнатюка  
вул. М.Кривоноса, 2, Тернопіль, 46027

### **РЕПРЕЗЕНТАТИВНІСТЬ ТЕРИТОРІЙ ТА ОБ'ЄКТІВ ПРИРОДНО-ЗАПОВІДНОГО ФОНДУ У ФУНКЦІОНАЛЬНІЙ СТРУКТУРІ ПЕРСПЕКТИВНОЇ ЕКОМЕРЕЖІ ПОДІЛЛЯ**

Досліджено функціонально-просторову структуру територій та об'єктів природно-заповідного фонду з позиції їх використання як структурних елементів перспективної екомережі Поділля. Запропоновано 41 ключову територію національного, регіонального і локального рівнів, які репрезентують біотичне і ландшафтне різноманіття фізико-географічних районів.

*Ключові слова: заповідна мережа, екомережа, ключова територія, сполучна територія, фізико-географічний район*

Формування перспективних екомереж передбачає реалізацію трисидної мети з чітко окресленими природоохоронними, соціальними і економічними завданнями, що є втіленням у практичну площину стратегічних підходів сталого розвитку території. Заповідні мережі, території та об'єкти природно-заповідного фонду є реальними структурними елементами формування перспективної природоохоронної системи. Тому аналіз функціонально-просторової структури наявної мережі заповідних територій та об'єктів з позиції їх ролі у перспективній екомережі є необхідною передумовою ефективної реалізації регіонального проекту.

#### **Матеріал і методи досліджень**

Вихідними матеріалами для дослідження стали звіти обласних управлінь з охорони навколишнього природного середовища за 2006-2008 роки та матеріали експедиційних досліджень автора. В процесі роботи використовувалися статистичний, історико-географічний,



методи оцінки і аналізу, моделювання та оптимізації ландшафтно-екологічної структури території.

### Результати досліджень та їх обговорення

Аналіз наявної мережі природоохоронних територій і об'єктів свідчить про низький рівень її функціональної структурованості, невисоку частку заповідних площ у структурі земельного фонду більшості адміністративних районів (0,1-5,0%), відсутність у частини природних районів заповідних об'єктів, які б гарантували збереження ландшафтного різноманіття (площею понад 500-1000 га), не виправдано низьку кількість соціально орієнтованих заповідних категорій – НПП (4) та РЛП (4), малу ефективність загальнозоологічних заказників, пам'яток природи тощо. Одним із головних завдань реконструкції природно-заповідної мережі Поділля є досягнення її ефективної функціонально-територіальної структури, яка б репрезентувала якомога більше категорій заповідання у їх доцільних просторових співвідношеннях у межах кожного ландшафтного району [1].

Найзбалансованішою категорією заповідного фонду Поділля є заказники, частка яких за чисельністю заповідних об'єктів складає 26%. Вагомою є їх частка у структурі заповідних площ мережі – 25,13%. Площа пересічного заказника становить 323,6 га, що визначає провідне місце цієї категорії у заповідній мережі Поділля з урахуванням їх загальної чисельності – 356 одиниць. Ці заповідні об'єкти є головними ареалами, ядрами збереження видового і ландшафтного різноманіття Поділля і слугуватимуть першоосновою виокремлення ключових територій (природних ядер) локального значення регіональної екомережі.

До провідних категорій заповідної мережі Поділля можна віднести регіональні ландшафтні та природні національні парки, частка яких у структурі заповідних площ складає близько 65%. Враховуючи динамічне зростання чисельності національних природних парків за 2009 – 2010 рр. (створення НПП „Кременецькі гори”, „Дністровський каньйон” та „Кармелюкове Поділля”) та перспективу формування десятка нових регіональних ландшафтних парків до 2015 року можна вважати їх базовими структурними елементами перспективних ключових та сполучних територій регіонального та національного значення перспективної екомережі [1].

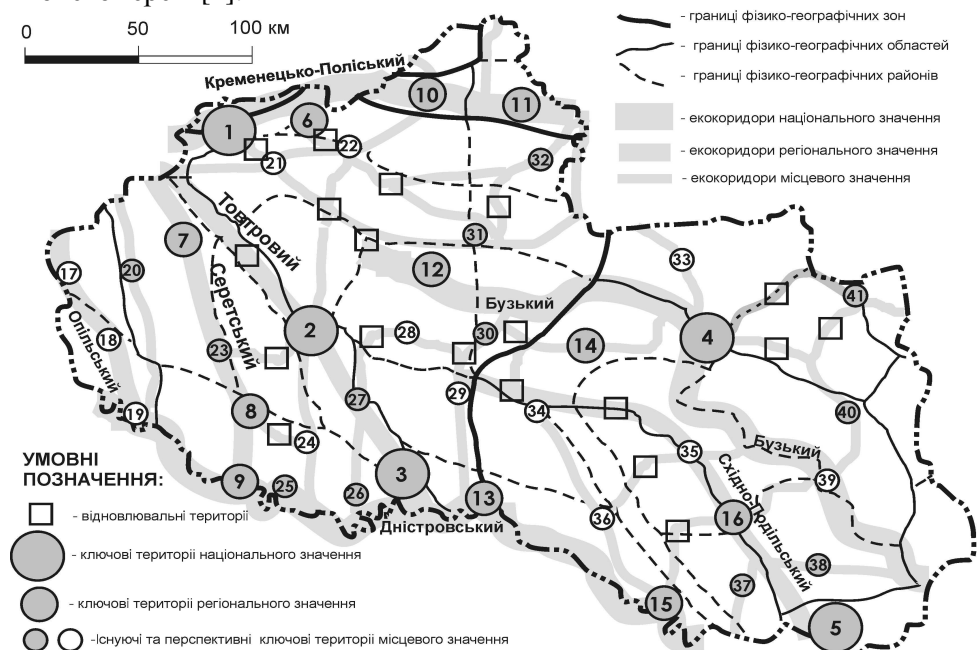


Рис. 1. Структурна схема екомережі Поділля

Єдиний в регіоні природний заповідник «Медобори» з прилеглими до нього Сатанівським лісовим та Іванковецьким ландшафтним заказниками належно репрезентуватимуть ключову територію національного рівня в межах Товтрового природного

округу. Обґрунтована автором структурна схема екомережі Поділля складається з 41 ключової території національного, регіонального та локального рівнів (рис. 1), які репрезентують біотичне і ландшафтне різноманіття фізико-географічних районів зон мішаних і широколистяних лісів та лісостепової зони.

Необхідно зауважити, що не у всіх фізико-географічних районах Поділля є базові заповідні території, які б відповідали критеріям створення ключових територій [4]. Тому нами запропоновано розширення наявних або об'єднання декількох заповідних територій для створення ключових територій локального рангу. Відповідність заповідних територій зображеним на картосхемі ключовим територіям відображена у табл.

Таблиця

Ключові території в межах головних ландшафтів Поділля

Назва ключов. територ. (№ на картосх.)	Ландшафтна приуроченість, типові угруповання	Заповідні території та об'єкти, площа (га)	Статус
<b>Зона мішаних лісів</b>			
Михельсько-Клиновецьке (10)	Малополіський л-т, болотно-лісові	Михельський, урочище „Клиновецьке”, „Голубе озеро” зак. (1400 га)	рег.
Мальованківське (11)	Л-т Жит. Полісся, лісово-лучно-болотні	РЛП „Мальованка” (16900 га)	рег.
<b>Зона широколистяних лісів</b>			
<b>Кременецьке (1)</b>	<b>Середньо- подільський л-т, степово-лучно-ліс.</b>	<b>НПП „Кременецькі гори” (1000 га)</b>	<b>нац.</b>
Суразьке (6)	Середньо- подільський л-т, лучно-лісові	Суразький лісовий заказник (3864 га)	рег.
<i>Верхньогоринське (21)</i>	<i>Середньо- подільський л-т, лучно-болотно-лісові</i>	<i>Перспективний РЛП „Горинський” (500 га)</i>	<i>місц.</i>
<i>Голицько-Підвисоцьке (17)</i>	<i>Опільський л-т, лучно-степово-лісові</i>	<i>Голицький, Гутянський зак., перспективний РЛП „Бере-жанське Опілля” (1000 га)</i>	<i>місц.</i>
<i>Стрипсько-Дністровське (19)</i>	<i>Опільсько-дністр. л-т, наскельно-степово-лучно-лісові</i>	<i>НПП „Дністровський каньйон” (500 га)</i>	<i>місц.</i>
<i>Підгаєцьке (18)</i>	<i>Опільський л-т, лучно-степово-лісові</i>	<i>Заказник „Рудники” (500 га)</i>	<i>місц.</i>
Верхньосе-ретське (7)	Західнопод. л-т, водоболотно-лучні	Заказники Серетський, Чистилівський (1500 га)	рег.
<i>Семиківське (20)</i>	<i>Західноподільський л-т, водоболотно-лучні</i>	<i>Заказн. Семиківський, Ішківський (1500 га)</i>	<i>місц.</i>
<i>Яблунівське (23)</i>	<i>Західноподільський ландшафт, лісові</i>	<i>Яблунівський бот. заказник (2100 га)</i>	<i>місц.</i>
Галілейське (8)	Західноподільський ландшафт, лісові	Лісовий заказник „Дача Галілея” (1850 га)	рег.
<b>Медоборсько-Сатанівське (2)</b>	<b>Красненський та товтровий ландшафт, степово-лучно-лісові</b>	<b>Прир. зап. „Медобори”, Сатанівський, Іванковецький заказники (11790 га)</b>	<b>нац.</b>
<i>Скала-Подільське (24)</i>	<i>Західноподільський ландшафт, лісові</i>	<i>Перспективний РЛП „Подільське надзбруччя” (500 га)</i>	<i>місцевий</i>
<i>Шупарське (25)</i>	<i>Західноподільський ландшафт, лісові</i>	<i>Шупарський ботанічний заказник (695 га)</i>	<i>місцевий</i>
Заліщицьке (9)	Західноподільський л-т, наскельно-степ.-лучно-лісові	Касперівський, уроч.е „Криве” зак., НПП „Дністровський каньйон” (1000 га)	регіональний
<b>Княжпільсько-Совняр. (3)</b>	<b>Товтровий л-т, степово-лучно-лісові</b>	<b>Заказники „Княжпільський”, „Совий Яр” (1650 га)</b>	<b>нац..</b>
Бужоцьке (12)	Середньопод. л-т, лучно-водоболотні	Зак. Моломолинецький, Щедрівський (3000 га)	рег.
<i>Білогірське (22)</i>	<i>Середньопод. л-т, лучно-водоболотні</i>	<i>Перспективний заказник (500 га)</i>	<i>місц.</i>
<i>Хоморське (32)</i>	<i>Середньопод. л-т, лісово-лучно-водоболотні</i>	<i>Великобerezнянський орнітологічний заказник (500 га)</i>	<i>місц.</i>
<i>Кузьминське (31)</i>	<i>Середньопод. л-т, лучно-водоболотні</i>	<i>Кузьминський орнітол. заказник (920 га)</i>	<i>місц.</i>
<i>Ярмолинецьке (28)</i>	<i>Середньопод. л-т, лучно-лісові</i>	<i>Зак. „Соколовицина”, Свеліна, Чорний ліс, „Березина” (1200 га)</i>	<i>місцевий</i>

## ЕКОЛОГІЯ

Продовження таблиці			
Вінковоцьке (29)	Середньопод. л-т, лучно-лісові	Перспективний лісовий заказник (700 га)	місц.
Вовчанське (30)	Середньопод. л-т, лучно-водоболотні	Вовчанський гідролог. заказник (1630 га)	місц.
Циківське (27)	Товтровий л-т, степово-лучно-лісові	Ландш. зак-и „Сокіл” Циківський, (500 га)	місц.
Панівецьке (26)	Західноподільський л-т, наскельно-степово-лучно-лісові	Ландшафтний заказник „Панівецька дача” (920 га)	місцевий
Лісостепова зона			
Згарське (14)	Середньобуський л-т, водно-болотно-лучно-лісові	Загальнозоологічний заказник „Згарський” (2020 га)	рег.
<b>Буго-Деснянське (4)</b>	<b>Середньобуський, Придніпр. л-т, водобол.-лучно-лісові</b>	<b>Загальнозоологічний заказник „Буго-Деснянський” (1073 га)</b>	<b>нац.</b>
Погребищецьке (41)	Придніпровський л-т, водно-болотно-лучно-лісові	Гопчицький ландшафтний заказник (780 га)	місцевий
Сниводське (33)	Північно-Західно-Придніпров. л-т, водно-болотно-лучні	Перспективний ландшафтний заказник (500 га)	місцевий
Іллінецько-Дашівське (40)	Середньобуський, Придніпровський л-л-т, лісово-степові	Ботанічні заказники „Іллінецьський”, „Дашівський” (500 га)	місцевий
Ладизинське (39)	Середньобуський л-т, водно-болотно-лучно-степові	Ландшафтний заказник „Коростовецький”, перспект. РЛП (500 га)	місцевий
Бершадське (38)	Середньобуський л-т, водно-болотно-лучно-степові	Ботанічний заказник „Гайдамацька балка” (1220 га)	місцевий
Журавлівське (16)	Середньобуський л-т, лісово-лучно-степові	Ботанічний заказник „Журавлівська дача” (600 га)	рег.
Шпиківське (35)	Середньобуський л-т, лісово-лучні	Перспективний лісовий заказник (800 га)	місц.
Барське (34)	Придністровсько-Східно-Подільський, лісові	Перспективний ландшафтний заказник (800 га)	місцевий
Ушицько-Наддністрянське(13)	Придністровсько-Східно-Подільськ. л-т, лісово-степові	Заказники „Дністер”, „Дніст-ровський”, „Калюський” (2750 га)	рег.
Мурафське (36)	Придністровсько-Східно-Подільський л-т, лучно-степові	Заказник „Мурафа”, перспективний РЛП (500 га)	місцевий
Ямпільське (15)	Придністровсько-Східно-Подільський л-т, лучно-степові	Заказник „Білянський ліс”, перспективний РЛП (500 га)	рег.
Горячківське(Піщанське) (37)	Придністровсько-Східно-Подільський л-т, лучно-степові	Ботанічний заказник „Горячківська дача” (774 га)	місцевий
<b>Чечельницьке (5)</b>	<b>Південноподільський л-т, лісово-степові</b>	<b>Бритавський ботан. заказник (4000 га)</b>	<b>нац.</b>

\* парк-пам'ятка садово-паркового мистецтва

Отже, функції ключових територій перспективної екомережі виконуватимуть природний заповідник, заповідні зони національних природних та регіональних ландшафтних парків, а також всі підкатегорії заказників, крім загально-геологічного та палеонтологічного, які відсутні на Поділлі. Важливу роль відіграють заповідні території при формуванні та функціонуванні екокоридорів. Екокоридорами або сполучними територіями загальнодержавного значення, які проходять територією Подільського регіону, є субширотний Галицько-Слобожанський та два субмеридіональні – Буський і Дністровський екокоридори (рис.1).

Формування екологічних коридорів приурочено до річкових долин, ареалів збереженої лісової, лучної і водоболотної рослинності, горбогірних пасм тощо. Проведений аналіз структури землекористування автором у попередніх публікаціях [1] в межах сполучних територій та оцінка ступеня їх заповідності показали розбалансовану структуру землекористування та відносно високу заповідність. Так, в межах Дністровського екокоридору зосереджено 51509 га заповідних територій, в межах Кременецько-Слуцького – 27396 га, Тоттровою – 26821 га, Серетського – 5153 га, Опільського – 2240 га, Збруцького – 1657 га, Бузького – 7208 га, Східно-Подільського – 6403 га. Однак структура землекористування на ряді відтинків річкових долин не відповідає функціональному призначенню екокоридорів, тому

першочерговими пропонуються заходи із відновлення режимів водоохоронних зон, ренатуралізації річкових заплав, заліснення річкових терас і крутосхилів, впорядкування землекористування прируслових частин населених пунктів, зменшення антропогенного навантаження на водні екосистеми.

Перспективна регіональна екомережа Поділля буде складною природоохоронною системою, у якій органічно пов'язуватимуться різнорангові ключові території сполучними територіями. Основними її структурними елементами виступатимуть ключові території (природні ядра) національного рангу (Кременецьке, Медоборсько-Сатанівське, Князпільсько-Совіярське, Буго-Деснянське, Чечельницьке) та екокоридори національного рангу – Галицько-Слобожанський субширотний, Дністровський та Південно-Бузький субмеридіональні. Окрім них контактними елементами екомережі Поділля з сусідніми екомережами виступатимуть Товтровий екокоридор – з екомережею Покуття на півдні та екомережею Малого Полісся на північному заході; Опільський екокоридор – як зв'язуючий елемент між Гологоро-Вороняцьким горбогірним районом, Західним Опіллям та Прикарпаттям; Серетський екокоридор, що сприятиме зв'язкам між Малополіськими та Дністерсько-Покутськими ландшафтами[2].

Оскільки екомережа Поділля знаходиться у пограниччі зон широколистяних лісів і лісостепу, вона має важливе значення у забезпеченні надійних міграційних зв'язків широтного характеру. Цю функцію виконуватимуть Галицько-Слобожанський екокоридор, який на Поділлі розгалужується на північну частину Кременецького-Слуцького (Кременецько-Поліського) екокоридору та південну частину Товтровою екокоридору, який сполучається із Дністровським екокоридором. Разом з тим, в межах Поділля важливу сполучну функцію між ландшафтами широколистяних лісів і лісостеповими ландшафтами виконуватиме Південно-Бузький (Бузький) екокоридор, який в границях Східного Поділля має чітко виражений субширотний характер.

Екомережа Поділля знаходиться також на перетині міграційних шляхів між поліськими і покутсько-прикарпатськими ландшафтами. Завдяки Опільському, Серетському, Товтровому та Південно-Бузькому екокоридорам відбуватимуться міграційні зв'язки між біотою Полісся і Прикарпаття. Окрім того, функцію екокоридорів могли б виконувати у перспективі лісоволучні ландшафти вододільних територій Подільської височини, які простежуються по лінії населених пунктів Бритавка-Цибулівка-Журавлівка-Шпиків-Строїнці-Чернятин-Бар-Летичів; а також сполучний коридор між Бужоцьким і Князпільсько-Совіярським природними ядрами, який сприятиме налагодженню міграційних зв'язків між південно-бузькими і дністровськими ландшафтами[2].

## Висновки

Результати проведеного дослідження територій та об'єктів ПЗФ Поділля з позиції їх функціональної ролі у збереженні біотичного і ландшафтного різноманіття дали можливість зробити такі узагальнення:

- повноцінне збереження ландшафтного і біотичного різноманіття Поділля можливе лише за умови наявності в усіх фізико-географічних районах Поділля базових заповідних територій, що відповідають біоекологічним, ландшафтним і просторовим критеріям вибору структурних елементів екомережі;
- функції базових структурних елементів регіональної екомережі (41 ключової території) виконуватимуть наявні об'єкти природно-заповідного фонду категорій природний заповідник, НПП, РЛП, заказник, які відповідають встановленим критеріям і репрезентують ландшафтне і біотичне різноманіття;
- функціональна роль регіональної екомережі обумовлена її унікальними положеннями на перетині міграційних шляхів субширотного і субмеридіонального напрямів і збереженні третього за біорізноманіттям, після Карпат і Криму, регіону України.

1. Царик Л.П. Географічні засади формування і розвитку регіональних природоохоронних систем (концептуальні підходи, практична реалізація) / Л.П. Царик. – Тернопіль: Підручники і посібники, 2009. – 320 с.

2. Царик Л.П. Роль і функціональне значення екомережі Поділля / Л.П. Царик // Мат. міжнародної науково-практичної конференції [Розвиток заповідної справи в Україні і формування Пан'європейської екологічної мережі.] (м.Рахів, 11-13 листопада 2008). Ред. колег: Гамор Ф.Д. (відп. ред.) [та ін.]. – Рахів, 2008. – С. 434 – 439.
3. Царик Л.П. Регіональна екомережа: географічні аспекти формування і розвитку (на матеріалах Тернопільської області) / Л.П. Царик – Тернопіль: Видавн. відділ ТНПУ, 2005. – 172 с.
4. Шеляг-Сосонко Ю.Р. Концепция, методы и критерии создания экосети Украины / Ю.Р. Шеляг-Сосонко, М.Д. Гродзинский, В.Д. Романенко. – К.: Фитосоцицентр, 2004. – 144 с.

*Л.П. Царик*

Тернопольский национальный педагогический университет им. Владимира Гнатюка, Украина  
РЕПРЕЗЕНТАТИВНОСТЬ ТЕРРИТОРИЙ И ОБЪЕКТОВ ПРИРОДООХРАННОГО ФОНДА В  
ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СТРУКТУРЕ ПЕРСПЕКТИВНОЙ ЭКОСЕТИ ПОДОЛЛЯ

Исследовано функціонально-пространственную структуру территорий и объектов природно-заповедного фонда с позиции их использования в качестве структурных элементов перспективной экосети Подолья. Предложено 41 ключевую территорию национального, регионального и локального уровней, которые репрезентируют биотическое и ландшафтное разнообразие физико-географических районов.

*Ключевые слова: заповедная сеть, экосеть, ключевая территория, соединительная территория, физико-географический район*

*L. P. Tsaryk*

Ternopil National V.Hnatiuk Pedagogical University, Ukraine

REPRESENTATIVENESS OF TERRITORIES AND OBJECTS OF NATURE PROTECTION  
FUND AT FUNCTIONAL STRUCTURE PERSPECTIVE ECONET OF PODILLYA

It is investigated the functional-spatial structure of territories and objects of the natural-protected fund from a position of their use as structural elements perspective econet of Podillya.

It has been suggested 41 key territory of national, regional and local levels, which present the biotic and landscape variety of physical -geographical areas.

*Keywords: protected network, econet , key territory, connecting territory, physical -geographical area.*

Рекомендує до друку

Надійшла 09.09.2010

В.В. Грубінко

# БІОХІМІЯ

УДК [546.711:(591.04:597.551.2)]

В.О. АРСАН

Українська лабораторія якості і безпеки продукції АПК Національного Університету біоресурсів і природокористування України  
вул. Героїв Оборони, 15, Київ, 03041

## **ВМІСТ ПІРУВАТУ, ЛАКТАТУ ТА СПІВВІДНОШЕННЯ ВІЛЬНИХ НАД-ПАР В ТКАНИНАХ КОРОПА ЗА ДІЇ ЙОНІВ МАРГАНЦЮ**

Досліджували вплив іонів марганцю в різних концентраціях (5; 20; 50 і 100 мкг/дм<sup>3</sup>) на вміст пірувату, лактату і співвідношення вільних НАД-пар в печінці, зябрах і м'язах коропа. Встановлено, що іони марганцю водного середовища в концентраціях 5-50 мкг/дм<sup>3</sup> не є токсичними для риб, а підсилюють аеробний шлях генерування енергії в їх організмі. Високі концентрації іонів марганцю (100 мкг/дм<sup>3</sup>) пригнічують аеробне окислення вуглеводів і підсилюють гліколіз.

*Ключові слова:* риба, піруват, лактат, співвідношення вільних НАД-пар, гліколіз, аеробне дихання

Вміст марганцю у воді внутрішніх водойм коливається в досить широких межах [1, 4], створюючи небезпечну ситуацію для життєдіяльності гідробіонтів, включно риб.

Необхідно зазначити, що наявна у фаховій літературі інформація щодо дії іонів марганцю в різних концентраціях на риб не містить пояснень про їх вплив на фізіолого-біохімічні процеси в організмі. Виходячи з цього, метою дослідження було з'ясування впливу йонів марганцю в різних концентраціях на вміст пірувату, лактату та співвідношення вільних НАД-пар в тканинах коропа.

### **Матеріал і методи досліджень**

Досліди проводили на коропі (*Cyprinus carpio* L.), які були вирощені на Білоцерківській гідробіологічній станції Інституту гідробіології НАН України, та попередньо аклімовані 2 місяці до умов аквакомплексу інституту. По 6 екземплярів риб масою 200-220 г поміщали у 100 л – акваріуми, заповнені відстояною водопровідною водою та обладнані термо – і газорегуляторами. Концентрації іонів марганцю 5; 20; 50 і 100 мкг/дм<sup>3</sup>, які відповідали 0,5; 2; 5 і 10 рибогосподарським ГДК досягались додаванням у воду акваріумів розрахункових по катіону кількостей  $MnSO_4 \times 5H_2O$ . Фоновий вміст марганцю у воді контрольних акваріумів становив  $2,38 \pm 0,24$  мкг/дм<sup>3</sup>. Період аклімації риб до таких умов водного середовища складав 14 діб. Такий час, на думку [5], є необхідним для формування адаптивних механізмів до дії абіотичних факторів водного середовища, включно іонів важких металів.

З метою запобігання впливу екзометаболітів на риб та підтримання на постійному рівні певних концентрацій іонів марганцю у воді акваріумів раз на два дні проводили її заміну з додаванням відповідних кількостей іонів даного металу.

Контролем були величини досліджуваних показників в тканинах риб, які знаходились у воді акваріумів без додавання марганцю. Вміст – O<sub>2</sub> у воді акваріумів становив  $7,52 \pm 0,19$  мг/л; CO<sub>2</sub> –  $2,34 \pm 0,13$  мг/л, а величина рН –  $7,64 \pm 0,13$ . Температура води в акваріумах під час проведення дослідів підтримувалась автоматично на рівні 20<sup>0</sup>С.

Досліджували печінку, зябра та м'язи риб, які заморожували в рідкому азоті, розтирали в порошок. Вміст пірувату і лактату в тканинах риб визначали загальноприйнятими ферментними методами [6, 7]. Вміст пірувату виражали в мкмольх на 100 г сирової тканини.

Значення  $[НАД^+]/[НАДН]$  в цитоплазмі клітин тканин розраховували за формулою  $[НАД^+]/[НАДН] = 1 / K_{лдг} \times [піруват] / [лактат]$ , де  $K_{лдг}$  – константа лактатдегідрогеназної системи. Вона дорівнює  $0,9 \times 10^{-4}$  [2]. Отримані дані оброблені статистично з застосуванням відповідно методики та t-критерію Стьюдента [3].

### Результати досліджень та їх обговорення

За дії на коропів протягом 14 діб іонів марганцю в концентрації  $5 \text{ мкг/дм}^3$  у м'язах зростає (на 41,7%) вміст пірувату, а у печінці і зябрах спостерігається тільки тенденція до підвищення (відповідно на 12,0 і 19,8%) величини цього показника (табл.1).

Таблиця 1

Вміст пірувату (мкмоль/100г) в тканинах коропа за дії іонів марганцю водного середовища ( $M \pm m, n=5$ )

Концентрація іонів марганцю, мкг/дм <sup>3</sup>	ПЕЧІНКА	ЗЯБРА	М'ЯЗИ
контроль	8,04±1,17	5,34±0,89	4,15±1,08
5	9,01±1,0*	6,40±0,55*	5,88±1,11
20	11,01±1,0	7,20±0,84	6,89±1,11
50	13,21±1,10	9,00±1,00	8,92±1,11
100	6,00±0,71	3,60±0,55	3,25±1,11

Примітка. \*- різниця невірогідна порівняно з контролем

В печінці, зябрах і м'язах коропа вміст лактату зменшується, відповідно на 21,0; 33,6 і 15,9% (табл. 2) порівняно з контролем. Вказні зміни показників свідчать про посилення функціонування в цих умовах в тканинах риб аеробного шляху генерування енергії і пригнічення гліколізу.

Таблиця 2

Вміст лактату (мкмоль/г) в тканинах коропа за дії іонів марганцю водного середовища ( $M \pm m, n=5$ )

Концентрація іонів марганцю, мкг/дм <sup>3</sup>	ПЕЧІНКА	ЗЯБРА	М'ЯЗИ
контроль	3,00±0,14	2,09±0,13	5,86±0,26
5	2,37±0,13	1,42±0,11	4,93±0,26
20	1,94±0,11	1,30±0,07	3,99±0,55
50	1,32±0,07	1,17±0,07	2,50±0,19
100	4,89±0,24	3,37±0,13	8,01±0,30

Це підтверджується також зростанням в цих тканинах відношення вільних  $НАД^+/НАДН$  (табл. 3). Нікотинамідні коферменти, як відомо, є регуляторними чинниками метболізму. На підставі співвідношення їх окиснених і відновлених форм у цитоплазмі клітин можна судити про зміни інтенсивності і спрямованості гліколітичних і аеробних процесів, стану лактатдегідрогеназної реакції та динаміки пірувату і лактату.

Таблиця 3

Співвідношення нікотинамідних коферментів ( $[НАД^+]/[НАДН]$ ) в тканинах коропа за дії іонів марганцю водного середовища ( $M \pm m, n=5$ )

Концентрація іонів марганцю, мкг/дм <sup>3</sup>	ПЕЧІНКА	ЗЯБРА	М'ЯЗИ
контроль	300,0±34,2	275,9±31,6	74,8±1,2
5	422,6±40,3	502,2±35,3	131,2±24,5
20	630,1±50,5	615,1±47,6	191,9±18,0
50	1111,9±136,2	835,1±81,0	414,3±44,2
100	137,2±21,0	119,2±20,5	44,8±14,2

Необхідно зауважити, що за дії на риб підвищених ( $20 \text{ мкг/дм}^3$ ) концентрацій іонів марганцю водного середовища подібні зміни стають значнішими. За таких умов в печінці, зябрах і м'язах коропа відмічено зростання рівня пірувату (відповідно на 36,9; 34,8 і

66,0%)(табл.1) та зменшення вмісту лактату (відповідно на 35,3; 39,2 і 31,9%)(табл.2) порівняно з контролем. Наведені результати дають підставу стверджувати, що енергозабезпечення адаптації риб до таких умов здійснюється, в основному, за рахунок аеробних процесів, оскільки роль гліколізу при цьому значно послаблена. На користь цього твердження свідчить також і зростання співвідношення нікотинамідних коферментів в тканинах риб (табл.3), які характеризують їх окисну здатність.

Найістотніші зміни величин досліджуваних показників спостерігаються в тканинах за дії 50 мкг/дм<sup>3</sup> іонів марганцю водного середовища. При цьому в печінці, зябрах і м'язах риб значно зростає вміст пірувату (відповідно на 64,3; 68,5 і 114,9%)(табл.1) та знижується вміст лактату (відповідно на 56,0; 45,3 і 57,3%)(табл.2), порівняно з контролем. Одержані дані свідчать про посилення ролі більш ефективного шляху генерування енергії, яким є цикл трикарбонових кислот, та пригнічення функціонування енергетично менш ефективного – гліколізу. Це підтверджується, зокрема, зростанням в печінці, зябрах і м'язах риб співвідношення вільних нікотинамідних коферментів (відповідно на 270,6, 202,7 і 453,9%) порівняно з контролем (табл. 3).

Необхідно наголосити, що шляхи енергозабезпечення адаптації коропа до зростання вмісту іонів марганцю у водному середовищі (до 100 мкг/дм<sup>3</sup>) дещо відрізняються від описаних вище. У м'язах знижується рівень пірувату (відповідно на 21,7%)(табл.1) та зростає вміст лактату (відповідно на 36,7%)(табл.2) порівняно з контролем. Ці дані свідчать про те, що основним шляхом енергозабезпечення процесів адаптації риб до таких умов є гліколіз, оскільки іони марганцю в концентрації 100 мкг/дм<sup>3</sup> пригнічують функціонування іншого більш ефективного з точки зору генерування енергії шляху – циклу трикарбонових кислот. Підтвердженням цього є також зростання відновленості НАД-пар в цитоплазмі тканин щодо контролю (табл. 3).

Аналіз отриманих нами даних показав, що найбільшим вмістом пірувату харктеризується печінка контрольних і дослідних риб. Наступними за кількістю метаболіту є зябра і м'язи. Такий розподіл величин вказаних показників пояснюється тканинною специфікою процесів, що протікають в організмі риб за дії іонів марганцю. Щодо лактату, то найвищий його рівень був зафіксований в м'язах контрольних і дослідних риб. Це пов'язано з тим, що саме в цій тканині активно функціонує гліколіз.

## Висновки

Енергозабезпечення адаптації коропа до змін іонів марганцю у водному середовищі в діапазоні концентрацій 5-50 мкг/дм<sup>3</sup> здійснюється, в основному, за рахунок аеробного окислення, а за вищих концентрацій (100 мкг/дм<sup>3</sup>) головну роль в цьому процесі відіграє гліколіз.

1. *Варенко Н.И.* Динамика содержания марганца в Днепродзержинском и Днепровском водохранилищах / Н.И. Варенко, В.Т. Чуйко // Гидрохим. мат.-лы. – 1975. – Т. 64. – С. 71–76.
2. *Великий Н.Н.* Роль окислительно-восстановительного состояния никотинамидных коферментов в регуляции клеточного метаболизма / Н.Н. Великий, П.К. Пархомец // Витамины. – 1976. - №9. – С. 3–15.
3. *Лакин Г.Ф.* Биометрия / Г.Ф. Лакин. – М.: Высшая школа, 1990. – 351 с.
4. *Линник П.Н.* Формы миграции металлов в пресных поверхностных водах / П.Н. Линник, Б.И. Набиванец. – Л.: Гидрометеиздат, 1986. – 270 с.
5. *Хлебович В.В.* Акклимация животных органов змов / В.В. Хлебович. – Л.: Наука, 1981. – 135 с.
6. *Hohorst H.J., Beim M.L.* // Methods of enzymatic analysis. – Weinheim: Chemie, 1963. – P. 328–332.
7. *Hohorst H.J.* Determination with lactic dehydrogenase and DPN / H.J. Hohorst // Methods of enzymatic analysis. – Weinheim: Chemie, 1963. – P. 266-270.

*В.О. Арсан*

Украинская лаборатория качества и безопасности продукции АПК Национального Университета биоресурсов и природопользования Украины, Киев

## СОДЕРЖАНИЕ ПИРУВАТА, ЛАКТАТА И СООТНОШЕНИЕ СВОБОДНЫХ НАД-ПАР В ТКАНЯХ КАРПА ПОД ВЛИЯНИЕМ ИОНОВ МАРГАНЦА

Исследовали влияние ионов марганца в различных концентрациях (5; 20; 50 и 100 мкг/дм<sup>3</sup>) на содержание пирувата, лактата и соотношение свободных НАД-пар в печени, жабрах и мышцах карпа. Установлено, что концентрации ионов марганца водной среды 5-50 мкг/дм<sup>3</sup> не являются токсическими для рыб. Они усиливают аэробный путь генерирования энергии в их организме.



Высокие (100 мкг/дм<sup>3</sup>) концентрации ионов марганца подавляют процессы аэробного окисления углеводов и усиливают гликолиз.

*Ключевые слова: рыба, пируват, лактат, соотношение свободных НАД-пар, гликолиз, аэробное дыхание*

*V.O. Arsan*

Ukrainian Laboratory of Quality and Safety of AIC Products, Kyiv, Ukraine

#### THE CONTENT OF PIRUVATE, LACTATE, NAD-CORRELATION IN CARP TISSUES UNDER THE INFLUENCE OF MANGANESE IONS

The impact of different concentration (5; 20; 50 и 100 мкг/л) of manganese ions on content of piruvate, lactate, NAD-correlation in carp tissues (liver, branchiae, muscle) was researched. It has been found out that concentrations of manganese ions (5-50 мкг/л) in water are not toxic for fish. These concentrations strengthen the aerobic way of energy generation in fish. High concentrations (100 мкг/л) of manganese ions are toxic for fish. The supression of processes of aerobic oxidation of carbohydrates and strengthening of glycolisis was shown.

*Key words: fish, piruvate, lactate, NAD-correlation, glycolisis, aerobic oxidation*

Рекомендує до друку

Надійшла 15.09.2010

В.В. Грубінко

УДК 616.345-092: [612.015.113+612.015.14]-085.356-092.9

І.Б. ГРЮК<sup>1</sup>, Н.Р. ШАМРО<sup>2</sup>, О.Я. СКЛЯРОВ<sup>3</sup>

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

<sup>2</sup>Рівненський державний гуманітарний університет  
вул. С. Бандери, 12, Рівне, 33028

<sup>3</sup>Львівський національний медичний університет імені Данила Галицького  
вул. Пекарська, 69, Львів, 79010

### **ЗМІНА АКТИВНОСТІ NO-СИНТАЗ ТА ВМІСТУ ПРОДУКТІВ ТІОБАРБІТУРОВОЇ КИСЛОТИ У СЛИЗОВІЙ ОБОЛОНЦІ ТОВСТОЇ КИШКИ ЗА ПОЄДНАНОЇ ДІЇ ВІТАМІНУ С ТА L-АРГІНІНУ ПРИ СТРЕСІ**

В експериментах на щурах визначали вплив вітаміну С на активність NO-синтаз і вміст тіобарбітурової кислоти в умовах самостійної і сумісної з L-аргініном дії в слизовій оболонці товстого кишечника щурів при стресі. Стрес моделювали інтраперитонеальним введенням адреналіну в дозі 2 мг/кг. Вітамін С і L-аргінін вводили самостійно і сумісно в дозі 150 і 300 мг/кг, відповідно, внутрішньом'язово, за 15 мін до моделювання впливу стресу. Встановлено, що введення вітаміну С супроводжується зменшенням вмісту оксиду азоту, активності iNOS і процесів ліпопероксидації в СOTК та збільшенням вмісту L-аргініну в плазмі крові. Сумісна дія вітаміну С і L-аргініну на тлі стресу викликає зниження активності загальної NOS, незначне зменшення активності iNOS і виражене зменшення активності cNOS. Концентрація L-аргініну в плазмі крові збільшується в порівнянні з впливом вітаміну С.

*Ключові слова: адреналін, вітамін С, L-аргінін, NO-синтаза, СOTК, стрес, ТБК, щури*

Стрес може бути причиною багатьох захворювань різних органів, включно товстої кишки [10]. До чинників стресу належить адреналін [3]. Одним з найважливіших біологічних медіаторів,

залучених у численні біохімічні процеси, є оксид нітрогену (NO), що відіграє важливу роль як у цитопротекторних, так й в ульцерогенних механізмах травного тракту. Взаємодія NO з кисневими радикалами призводить до утворення пероксинітриту, що пошкоджує структуру клітини та впливає на процеси метаболізму [13]. NO бере участь у реалізації багатьох фізіологічних функцій, як от: вазодилатація, передача нервового імпульсу, призводить до зниження агрегації тромбоцитів, моделює реакції імунної системи, стану пам'яті тощо.

NO постійно синтезується в організмі з L-аргініну за участі NO-синтаз (NOS). Нині ідентифіковано три ізоформи NOS : NOS-1 – нейронна (nNOS), NOS-2 – індукбельна (iNOS), NOS-3 – ендотеліальна (eNOS), серед яких NOS-1 і NOS-3 є конститутивними (сNOS). Система L-аргінін/NO відіграє значну роль у забезпеченні захисту організму від впливу чинників стресу. За фізіологічних умов пошкоджуючій дії стресу запобігає антиоксидантна система, що забезпечує контроль за вмістом активних форм кисню, інших вільних радикалів, продуктів пероксидного окислення ліпідів (ПОЛ).

Ефективним антиоксидантом, що відіграє важливу роль у регуляції окисно-відновних процесів в організмі, є вітамін С [15]. Протекторна та антиоксидантна дія вітаміну С виявлена при нейро- та гепатотоксичних станах, дії оксидативного стресу на клітини крові, експериментальному діабеті, токсичному ушкодженні нирок. Антиоксидантна та протизапальна дія вітаміну С пов'язана з тим, що аскорбінова кислота здатна зв'язувати пероксинітрит та супероксидний радикал, знижувати експресію iNOS, інгібувати циклооксигеназа- (ЦОГ-2) стимульовану продукцію простагландину ПГЕ<sub>2</sub>, попереджувати адгезію нейтрофілів до ендотелію шляхом зв'язування активних форм кисню, що вивільняються активованими нейтрофілами та зменшувати інфільтрацію нейтрофілів та експресію mRNA прозапальних цитокінів - інтерлейкіну -1 $\beta$  та фактору некрозу пухлин  $\alpha$ , активувати експресію mRNA антиоксидантних ензимів – СОД, глутатіонпероксидази та каталази [7, 9, 10, 13].

Серед прекурсорів NO особливе місце належить L-аргініну. В організмах людини та тварин він синтезується з глютаміну, глютамаму та проліну. Деградація L-аргініну відбувається різними шляхами й за участі різних ензимів - аргінази, NO-синтаз, аргінін-гліцин-амідінотрансферази та аргініндекарбоксилази. У наслідок цього утворюються нітроген оксид, поліаміни, пролін, глютамат, креатин, агматин [12].

Попередньо проведені нами дослідження показали, що одноразове введення вітаміну С на фоні стресу виявило виразний антиоксидантний ефект, який проявлявся у різкому зниженні вмісту активних продуктів тіобарбітурової кислоти (ТБК) та NO у гомогенаті слизової оболонки товстого кишечника (СОТК) щурів. Як було зазначено вище, субстратом для синтезу NO є L-аргінін.

Метою цього досліджень було визначення впливу вітаміну С на активність NOS та вміст продуктів ТБК у СОТК за умов його самостійної та поєднаної з L-аргініном дії у слизовій оболонці товстої кишки щурів при стресі.

### **Матеріал і методи досліджень**

Дослідження проведені на 42 білих щурах згідно міжнародних умов проведення експериментів з лабораторними тваринами. Щури утримувались на стандартному раціоні виварію. При проведенні досліду тварин брали натщесерце, забезпечуючи їм безперешкодний доступ до води.

Стрес викликали інтраперитонеальним введенням адреналіну (2 мг/кг) за методом Белостоцького Н.И. [2]. Забір матеріалу для досліджень проводили під уретановим знечуженням (1,1 мг/кг). Для оцінки системи NOS/NO визначали у СОТК активність NO-синтаз за методом Сумбаєва В.В. [6]; вміст нітрит-аніону (NO) за методом Green L.C., David A.W. [11], L-аргініну в плазмі крові - за методом Алейникової Т.Л., Рубцової Г.В. [1].

Для оцінки ліпопероксидації у СОТК визначали вміст продуктів ТБК (Тимурбулатов М.А., Селезнева Е.И., 1981) [7] та активність СОД (Чевари С., Андял Т., Штрєнгер Я., 1991) [8]. Контролем розвитку стресової реакції в організмі за дії адреналіну була наявність деструктивних ушкоджень у слизовій оболонці шлунка.

Вітамін С (150 мг/кг) та L-аргінін (300 мг/кг) вводили внутрішньом'язово за 15 хв до моделювання стресу. Дослідження були проведені на 5-ти групах тварин: перша група – контрольна; друга – тварини, в яких моделювали дію стресу шляхом введення адреналіну; третя – тварини, яким вводили вітамін С на фоні стресу; четверта – тварини, яким вводили L-аргінін на фоні стресу; п'ята - тварини, яким одночасно вводили вітамін С та L-аргінін на тлі стресу.

Результати досліджень оброблені методом варіаційної статистики з визначенням t-критерію Стюдента.

### Результати досліджень та їх обговорення

У СОТК інтактних тварин загальна активність NOS становила -  $0,922 \pm 0,099$  нмоль/хв•г, активність cNOS -  $0,687 \pm 0,148$  нмоль/хв•г, активність iNOS -  $0,235 \pm 0,086$  нмоль/хв•г, що відповідає результатам, отриманим раніше іншими авторами [5]. Це свідчить про те, що за фізіологічних умов у СОТК переважає активність cNOS, а серед них - ендотеліальної ізоформи, експресія якої відзначається в епітеліальних та ендотеліальних клітинах СОТК, тоді як експресія iNOS є незначною і обумовлена потраплянням ліпополісахаридів мікрофлори з порожнини кишки у поверхневі епітеліоцити (Dong W.G., Mei Q., 2003; Rumi G., 2004) [10,13]. Вміст нітрит-аніону за цих умов становив –  $15,8 \pm 2,08$  нмоль/л, концентрація  $47, 2 \pm 9,5$  мкг/мл.

Дія стресу призводила до підвищення у СОТК загальної активності NOS на 54% ( $p < 0,05$ ) і становила  $1,997 \pm 0,258$  нмоль/хв•г (рис.1-А), при цьому різко зростала активність iNOS - у 6 разів ( $1,411 \pm 0,213$  нмоль/хв•г,  $p < 0,01$ ) (рис. 1-Б), тоді як активність cNOS майже не змінювалась ( $0,585 \pm 0,120$  нмоль/хв•г). Вміст нітрит-аніону у СОТК зростав на 43% ( $26,75 \pm 4,026$  мкмоль/л,  $p < 0,05$ ) (рис. 2.-А). Концентрація L-аргініну у плазмі крові зменшилась з  $47,2 \pm 9,5$  мкг/мл до  $29,3 \pm 2,88$  мкг/мл (на 37%,  $p < 0,05$ ).

Зростання активності iNOS обумовлено як вазоконстрикцією, так і порушенням цілостності слизового бар'єру СОТК. При цьому відбувається активація експресії iNOS у макрофагах, нейтрофілах, епітеліальних та ендотеліальних клітинах, що призводить до зростання продукції нітрит-аніону та пероксинітритру у СОТК та зниження концентрації L-аргініну у плазмі крові (Vallance B.A., 2004; Sharma J.N., 2007) [14,16].

Самостійна дія вітаміну С на фоні стресу у СОТК призводила до зменшення активності загальної NOS на 29%, активності iNOS - на 59% ( $p < 0,05$ ), у той же час активність eNOS мала тенденцію до зростання. Вміст нітрит-аніону зменшувався на 36% ( $p < 0,05$ ), а концентрація L-аргініну в плазмі крові зростала на 48% ( $p < 0,05$ ).

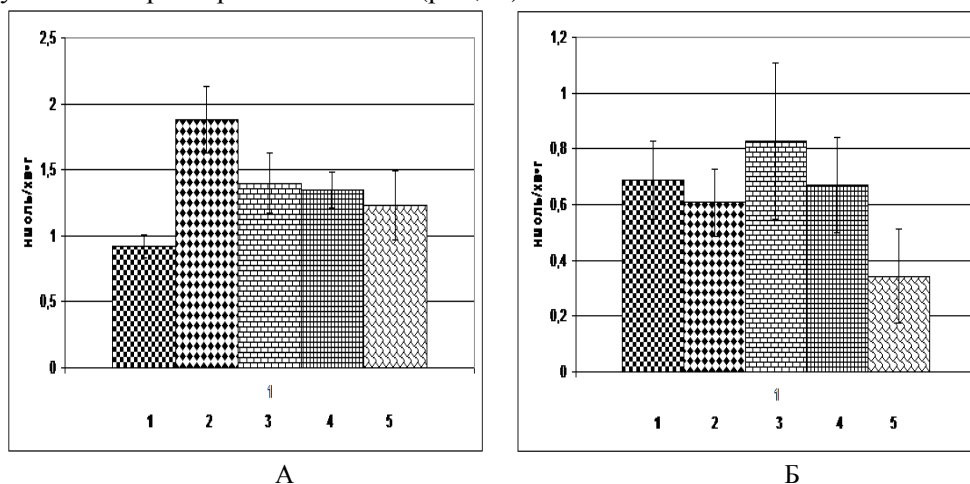


Рис. 1 Поєднаний вплив вітаміну С та L-аргініну на загальну активність NOS (А) та активність eNOS (Б) у СОТК за умов стресу: 1 - контрольні тварини; 2 - вплив стресу; 3 - вплив вітаміну С на фоні стресу; 4 - вплив L-аргініну на фоні стресу; 5 - поєднаний вплив вітаміну С та L-аргініну

Введення L-аргініну на фоні стресу викликало зменшення активності загальної NOS на 32%, активності iNOS - на 51% ( $p < 0,05$ ), активність eNOS суттєво не змінювалась. Вміст

нітрит-аніону у СOTК знижувався на 34%, концентрація L-аргініну у плазмі крові зростала у два рази ( $p < 0,05$ ) у порівнянні з показниками при дії стресу.

Поєднана дія вітаміну С та L-аргініну порівняно з самостійним впливом вітаміну С за стресу у СOTК призводила до таких змін NO-синтаз: активність загальної NOS зменшувалась на 11% (рис.1-А); активність eNOS зменшувалася - на 58% ( $p < 0,05$ ) (рис.1-Б).

Активність iNOS за одночасного поєднаного впливу вітаміну С та L-аргініну зростає з  $0,577 \pm 0,269$  до  $0,893 \pm 0,250$  нмоль/хв•г (на 35%). При цьому спостерігалась тенденція до одночасного зростання вмісту нітрит-аніону з  $16,83 \pm 4,82$  до  $20,57 \pm 3,21$  (на 18%) (рис.2-Б).

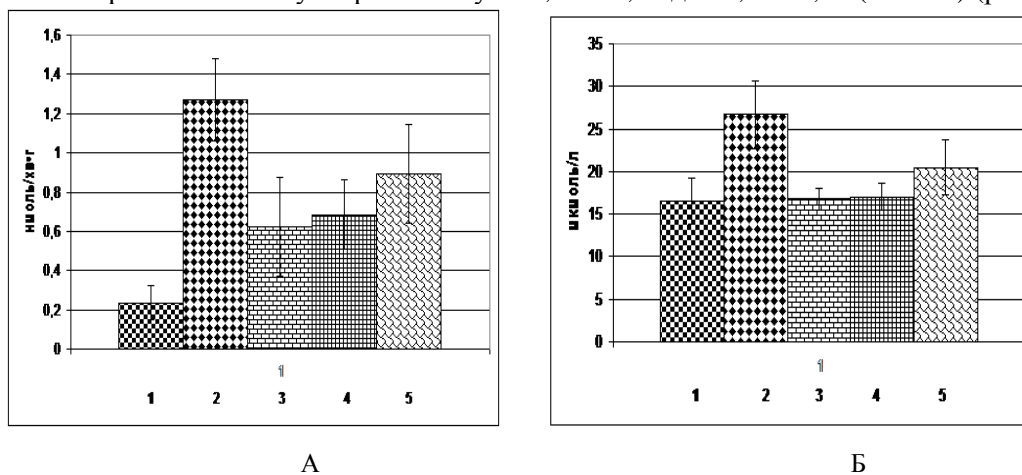


Рис. 2. Поєднаний вплив вітаміну С та L-аргініну на активність iNOS (А) та вміст NO (Б) у СOTК за умов стресу: 1 - контрольні тварини; 2 - вплив стресу; 3 - вплив вітаміну С на фоні стресу; 4 - вплив L-аргініну на фоні стресу; 5 - поєднаний вплив вітаміну С та L-аргініну

Концентрація L-аргініну у плазмі крові за поєднаного впливу вітаміну С та L-аргініну становила  $43,56 \pm 2,9$  мкг/мл, що було на 23% менше порівняно з показниками, отриманими за самостійної дії вітаміну С на фоні стресу (рис. 3).

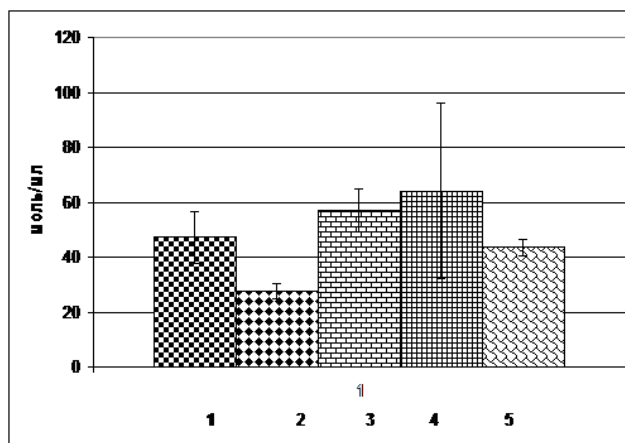


Рис. 3. Вплив вітаміну С та L-аргініну на концентрацію L-аргініну у плазмі крові за умов стресу: 1 - контрольні тварини; 2 - вплив стресу; 3 - вплив вітаміну С; 4 - вплив L-аргініну на фоні стресу; 5 - поєднаний вплив вітаміну С та L-аргініну

Отже, отримані дані свідчать про те, що за поєднаної дії вітаміну С та L-аргініну відбувається зміна активностей NO-синтаз. При цьому спостерігалось зменшення активності eNOS та зростання активності iNOS. Слід відзначити, що зростання активності iNOS супроводжується синхронним підвищенням вмісту нітрит-аніону у СOTК та зменшенням концентрації L-аргініну в плазмі крові у порівнянні з дією тільки вітаміну С. Отже, L-аргінін

модулює дію вітаміну С, що проявляється у підвищенні активності iNOS і, відповідно, при зменшенні активності eNOS зменшується протекторний потенціал СОТК.

За стресу у СОТК різко зростає вміст продуктів ТБК з  $244,4 \pm 28,23$  мкмоль/г•тк до  $334,7 \pm 28,15$  мкмоль/г•тк (на 26%,  $p < 0,05$ ), що свідчить про активацію ліпопероксидації та порушення цілостності певної кількості мембран епітеліоцитів. Активність СОД при цьому підвищувалась на 32% ( $p > 0,05$ ). Введення вітаміну С призводило до зниження ТБК продуктів на 21%, одночасно зменшувалась активність СОД на 16%, у порівнянні з показниками при дії стресу.

Поєднана дія вітаміну С та L-аргініну, у порівнянні з самостійним впливом вітаміну С, викликала зниження вмісту продуктів ТБК, вміст яких у СОТК досягав рівня інтактних тварин (рис. 4-А). Активність СОД суттєво не змінювалася порівняно з самостійним впливом вітаміну С (рис. 4-Б).

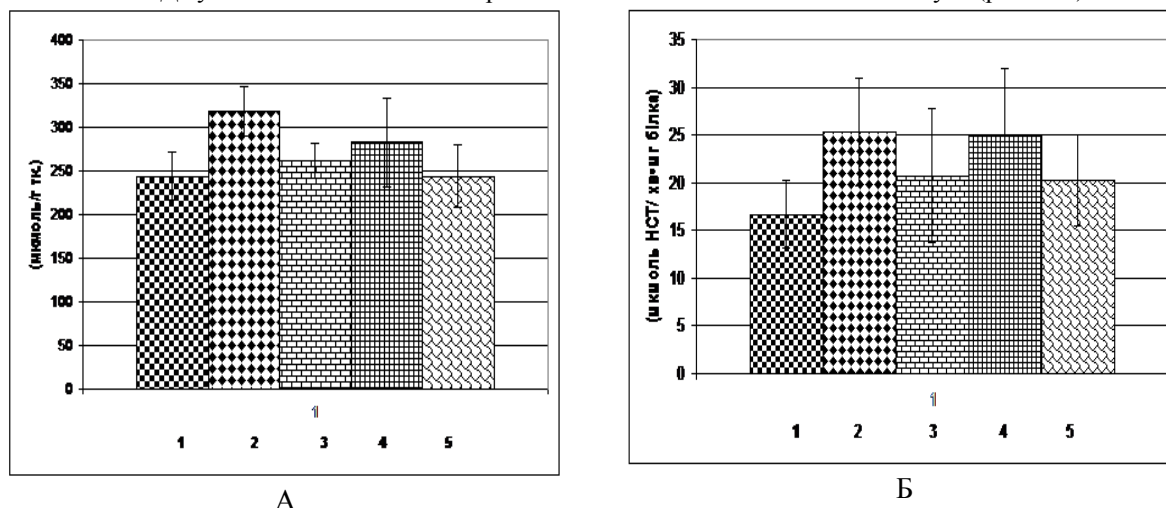


Рис. 4 Поєднана дія екзогенно введених вітаміну С та L-аргініну на вміст продуктів ТБК (А) та активність СОД (Б) у СОТК за умов стресу: 1 - контрольні тварини; 2 - вплив стресу; 3 - вплив вітаміну С; 4 - вплив L-аргініну на фоні стресу; 5 - поєднаний вплив вітаміну С та L-аргініну

Отже, ліпопероксидація та активність СОД за поєднаної дії вітаміну С та L-аргініну порівняно з показниками при стресі знижувалися до рівня контрольних тварин. Аналогічні зміни були відзначені і для показників активності СОД. Порівняно з показниками самостійної дії вітаміну С та L-аргініну характер процесів ПОЛ змінювався, при цьому простежується тенденція до домінування ефекту дії вітаміну С.

Аналізуючи результати дослідження відзначаємо, що вітамін С проявляє не тільки антиоксидантну дію, але також впливає на різні внутрішньоклітинні сигнальні системи. Вітамін С зменшував експресію iNOS, продукцію нітрит-аніону та експресію циклооксигенази-2 у шлунку людей з наявністю *H. pylori*. Інший механізм впливу вітаміну С на активність NO-синтаз пов'язаний з стабілізацією тетрабіоптерину – складової частини NOS, зменшенням активності аденілатциклази та, можливо, впливом на активність tRNA синтази [9, 12, 15].

Механізм, що призводить до зростання активності iNOS за поєднаної дії вітаміну С та L-аргініну при стресі у СОТК, невідомий. У раніше проведених дослідженнях було відзначено, що як дія вітаміну С, так і екзогенне введення L-аргініну при виразкових ушкодженнях шлунка або виразковому коліті призводили до зменшення активності iNOS [14]. Роль L-аргініну у механізмах активації або блокування NO-синтаз потребує детального вивчення. Так, було відзначено, що L-аргінін не впливав на експресію mRNA iNOS. Однак, експресія iNOS залежала від вмісту L-аргініну в клітині – рівень mRNA iNOS зростає із збільшенням концентрації і різко зменшувався при блокуванні транспорту L-аргініну [16]. Можливо, що за поєднаної з вітаміном С дії відбувається полегшення проникності L-аргініну у клітини, що і викликало активацію iNOS та його метаболічні перетворення. Слід відзначити, що поєднана дія вітаміну С та L-аргініну за умов експериментальної виразки шлунка призводила до зменшення вмісту нітрит-аніону, зниження активності загальної NOS переважно за рахунок зниження активності cNOS [4].

Отримані результати свідчать, що протизапальний механізм дії вітаміну С у СОТК включає не тільки антиоксидантну дію, але й гальмуючий вплив на активність іNOS, однак за умов спільної дії з L-аргініном при стресі активність іNOS зростала.

### Висновки

1. Стрес, викликаний введенням адреналіну, викликав локальне порушення поверхневих епітеліоцитів та слизового бар'єру СОТК, активував іNOS, підвищував вміст нітрит-аніону, продуктів ТБК, активність СОД у слизовій оболонці кишки та зменшував концентрацію L-аргініну в плазмі крові.
2. Екзогенне введення вітаміну С (у дозі 200 мг/кг) на фоні стресу у СОТК призводило до зменшення активності іNOS (на 59%) та тенденції до зростання сNOS, зменшення вмісту нітрит-аніону (на 36%) та зростання концентрації L-аргініну в плазмі крові (на 48%) у порівнянні з показниками при дії стресу. При цьому проявлявся антиоксидантний вплив вітаміну С - зменшувався вміст продуктів ТБК та активність СОД.
3. При стресі у СОТК поєднана дія вітаміну С та L-аргініну, на відміну від самостійної дії вітаміну С, призводила до зменшення активності eNOS та зростання активності іNOS та вмісту нітрит-аніону. Зменшувався вміст продуктів ТБК та активність СОД у СОТК та знижувалася концентрація L-аргініну у плазмі крові.

1. *Алейникова Т.Л.* Руководство к практическим занятиям по биохимии / Т.Л. Алейникова, Г.В. Рубцова, Н.А. Павлова. – М.: Медицина, 2000. – 128 с.
2. *Белостоцкий Н.И.* Язвеобразование в слизистой оболочке желудка крыс под влиянием катехоламинов / Н.И. Белостоцкий // Патологическая физиология и экспериментальная медицина. – 1988. – № 1. – С. 24– 27.
3. *Периферійні* механізми регуляції процесів цитопротекції у слизовій оболонці шлунка / О.Я. Скляр, Т.І. Бондарчук, Ю.В. Мандрик, М.Є. Червінська. – Львів: ВМС, 2007. – 159 с.
4. *Скляр О.Я.* Поєднана дія вітамінів Е та С на антиоксидантні та цитопротекторні механізми при експериментальній виразці шлунка / О.Я. Скляр, В.С. Журомський // Експериментальна та клінічна фізіологія і біохімія. – 2009. – № 2 (46). – С. 21–27.
5. *Скляр О.Я.* Роль NOS-синтазної системи та процесів ліпопероксидації в цитопротекторних механізмах за умов ульцерогенного коліту / О.Я. Скляр, Н.Б. Панасюк, О.Р. Джура // Експериментальна та клінічна фізіологія і біохімія. – 2009. – № 1 (45). – С. 38–45.
6. *Сумбаев В.В.* Влияние ДДТ на активность синтазы оксида азота в печени, легких и головном мозге крыс / В.В. Сумбаев, И.М. Ясинская // Совр. пробл. токсикологии. – 2000. – № 3.– С. 3–7.
7. *Тимурбулатов М.А.* Определение малонового диальдегида в плазме крови / М.А. Тимурбулатов, Е.И. Селезнева // Лаб. дело. – 1981. – №4. – С. 209–211.
8. *Чевари С.* Определение антиоксидантных параметров крови и их диагностическое значение в пожилом возрасте / С. Чевари, Т. Андял Я. Штрэнгер // Лаб. дело. – 1991. – № 10. – С. 9–13.
9. *Antiproliferative effect of ascorbic acid is associated with the inhibition of genes necessary to cell cycle progression / Belin S., Kaya F., Duisit G. [et al.] // PLoS One.– 2009. – Vol. 4, N 2. – P. 4409.*
10. *Dong W.G.* Effects of melatonin on the expression of iNOS and COX-2 in rat models of colitis / Dong W.G., Mei Q., Yu J.P. // World J.Gastroenterol. – 2003. – Vol. 9, N 6. – P. 1307–1311.
11. *Green L.C.* Analysis of nitrate, nitrite and (1515) nitrate in biological fluids / L.C. Green, A.W. David // Anal. Biochem. – 1982. – Vol.126. – P. 131–138.
12. *Konturek P.C.* Ascorbic acid attenuates aspirin-induced gastric damage: role of inducible nitric oxide synthase / P.C. Konturek, J. Kania, E.G. Hahn // J. Physiol. Pharmacol. – 2006. – Vol. 57, Suppl. 5. – P. 125–136.
13. *Rumi G.* Dual role of endogenous nitric oxide in development of dextran sulfate sodium-induced colitis in rats / G. Rumi, R. Tsubouchi, H. Nishio // J. Physiol.Pharmacol.– 2004.– Vol.55. – N 4.– P.823–836.
14. *Sharma J.N.* Role of nitric oxide in inflammatory diseases / J.N. Sharma, A. Al-Omran, S.S. Parvathy // Inflammapharmacology. – 2007. – Vol. 15. – P. 252–259.
15. *d'Uscio L.V.* Long-term vitamin C treatment increases vascular tetrahydrobiopterin levels and nitric oxide synthase activity / L.V. d'Uscio, S. Milstien, D. Richardson // Circ. Res. – 2003. – Vol. 92, № 1. – P. 88–95.
16. *Vallance B.A.* Relative contribution of NOS isoforms during experimental colitis: endothelial-derived NOS maintains mucosal integrity / B.A. Vallance, G. Dijkstra, B. Qiu // Am. J. Physiol. Gastrointest. Liver Physiol. – 2004. – Vol. 287. – G. 865–874.

*И.Б. Грюк<sup>1</sup>, Н.Р. Шамро<sup>2</sup>, А.Я. Скляр<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>Тернопольский национальный педагогический университет им. Владимира Гнатюка, Украина

<sup>2</sup>Ровенский государственный гуманитарный университет, Украина

<sup>3</sup>Львовский национальный медицинский университет им. Данила Галицкого, Украина

**ИЗМЕНЕНИЕ АКТИВНОСТИ NO-СИНТАЗ И СОДЕРЖАНИЯ ПРОДУКТОВ ТИОБАРБИТУРОВОЙ КИСЛОТЫ В СЛИЗИСТОЙ ОБОЛОЧКЕ ТОЛСТОЙ КИШКИ В УСЛОВИЯХ СОВМЕСТНОГО ДЕЙСТВИЯ ВИТАМИНА С И L-АРГИНИНА ПРИ СТРЕССЕ**

В экспериментах на крысах определяли влияние витамина С на активность NO-синтаз и содержание тиобарбитуровой кислоты в условиях самостоятельного и совместного с L-аргинином действия в слизистой оболочке толстого кишечника крыс при стрессе. Стресс моделировали интраперитонеальным введением адреналина в дозе 2 мг/кг. Витамин С и L-аргинин вводили самостоятельно и совместно в дозе 150 и 300 мг/кг, соответственно, внутримышечно, за 15 мин до моделирования влияния стресса. Установлено, что введение витамина С сопровождается уменьшением содержания оксида азота, активности iNOS и процессов липопероксидации в СОТК и увеличением содержания L-аргинина в плазме крови. Совместное действие витамина С и L-аргинина на фоне стресса вызывает снижение активности общей NOS, незначительное уменьшение активности iNOS и выраженное уменьшение активности cNOS. Концентрация L-аргинина в плазме крови увеличивается по сравнению с влиянием витамина С.

*Ключевые слова: адреналин, витамин С, L-аргинин, NO-синтаза, СОТК, стресс, ТБК, крысы*

*I.B.Hryuk, N.R.Shamro, A.Ya.Sklyarov*

<sup>1</sup> Ternopol Volodymyr Hnatyuk National Pedagogical University, Ukraine

<sup>2</sup> Rovno State Humanitarian University, Ukraine

<sup>3</sup> Lvov Danylo Halytskyi National Medical University, Ukraine

**CHANGES OF THE ACTIVITY OF NO-SYNTASES AND CONTENT OF PRODUCTS OF THIOBARBITURIC ACID IN THE MUCOUS MEMBRANE OF LARGE INTESTINE UNDER CONDITIONS OF THE EFFECT OF VITAMIN C AND L-ARGININE IN STRESS**

In the experiments on rats, there were determined the impact of vitamin C on the activity of NO-synthases and content of products of thiobarbituric acid under conditions of independent and combined action of vitamin C and L-arginine in the mucous membrane of large intestine (MMLI) of rats in stress. Stress was modeled by intraperitoneal injection of adrenaline in the dose of 2 mg/kg. vitamin C and L-arginine were injected both independently and in combination in the dose of 150 mg/kg and 300 mg/kg, respectively, intramuscular 15 minutes prior to the modeling of stress. It has been revealed that injection of vitamin C is accompanied by decrease of nitric oxide content, reduction of iNOS activity and lipoperoxidation processes in the MMLI and increase of L-arginine content in the plasma of blood. Combined action of vitamin C with L-arginine at the background of stress resulted in reduction of the activity of general NOS, insignificant reduction of iNOS activity, and pronounced reduction of the activity of cNOS. Concentration of L-arginine in the plasma of blood increased as compared to the indexes due to the effect of vitamin C.

*Keywords: adrenaline, vitamin C, L-arginine, NO-synthase, MMLI, stress, TBA-products.*

Рекомендує до друку  
В.В. Грубінко

Надійшла 10.03.2010

# ОГЛЯДИ

УДК 546.711:581.05:597

В.О. АРСАН

Українська лабораторія якості і безпеки продукції АПК Національного Університету біоресурсів і природокористування України  
вул. Героїв Оборони, 15, Київ, 03041

## **РОЛЬ МАРГАНЦЮ В ОБМІНІ РЕЧОВИН У РИБ**

---

Проаналізовано відомості щодо ролі марганцю водного середовища в обміні речовин у риб. Показано, що йони марганцю, які надходять в організм риб з водного середовища, в залежності від їх концентрації та часу дії, можуть активувати або інгібувати ферментні системи, і так впливають на життєдіяльність та продуктивність риб.

*Ключові слова:* іони, марганець, риба, тканини, органи, білки, ліпіди, водне середовище

Сполуки марганцю дуже поширені у земній корі і посідають 3-тє місце за масою після сполук заліза та титану [4]. Вміст марганцю в природних водах коливається від 45 до 700 мкг/дм<sup>3</sup> та знаходиться, переважно, в двовалентному стані [11]. Основними джерелами надходження марганцю в поверхневі води є стічні води хімічної промисловості, зокрема, марганцевих збагачувальних фабрик, шахтні води та ін. [18].

Марганець у прісних водах утворює комплекси, в основному, з гуміновими і фульвокислотами [32]. Дослідженнями стану марганцю у водних об'єктах України, встановлено [15], що у воді Дніпра міграція марганцю здійснюється, в основному, у вигляді комплексних сполук з молекулярною масою від 0,5-5 до 120-150 тис.а.о.м. Досліджуючи форми міграції марганцю в мулових водах водних об'єктів, Линник П.М., Набиванець Б.Й. [15] встановили, що серед розчинених його форм на незакомплексовані іони в Київському водосховищі припадає 90,5-95,7% і 97-98,7% - в гирлі Десни.

Щодо шляхів надходження йонів марганцю в організм гідробіонтів, включно у риб, у фаховій літературі немає єдиної думки. Як показано в роботі [6], високий вміст марганцю у зябрах риб пов'язаний, насамперед, з його концентрацією у водному середовищі та функціональною активністю самих зябер. Отже, основним шляхом надходження марганцю в організм є його абсорбція з води залозистим апаратом зябер [30]. Слід зазначити, що абсорбція зябрами риб марганцю з водного середовища залежить не стільки від валового вмісту, скільки від форми його знаходження. Поглинання його з води зябрами може відбуватися лише в йонній формі. Високомолекулярні форми вказаного металу не здатні абсорбуватися зябрами риб із води [20].

Разом з тим, вартє уваги надходження в організм риб цього елемєнту також з кормом через кишківник [10]. В крові марганець зв'язується з білками як трансферин, β-глобулін, альбумін та ін.

У осетрових риб максимальна кількість (111- 133 мг на 1 кг сухої маси) марганцю сконцентрована все ж таки у печінці [5]. За дії на коропа йонів марганцю в концентрації 0,2 мг/дм<sup>3</sup> у воді спостерігається збільшення його вмісту у всіх фракціях, крім мітохондрій та цитоплазматичної фракції м'язів [27].



Участь марганцю в обміні речовин проявляється через активацію чи інгібування ферментативних реакцій, до яких він має безпосереднє відношення. Він є кофактором ферментів окисного фосфорилування, зокрема, ізоцитратдегідрогенази та L-малатдегідрогенази. Йони марганцю підвищують відносну активність ізоферментів лактатдегідрогенази тканин плідників коропа [7]. Він також активує аргіназу печінки та може замінити магній як кофактор деяких ферментів [23] зі зміною або без зміни їх каталітичних властивостей. Наприклад, при заміні йонів магнію на йони марганцю змінюється специфічність нуклеаз і ДНК-полімераз. Марганець може вступати у зв'язки з аденозинполіфосфатами, фосфодиефірами та іншими біологічно активними речовинами [25]. До складу піруваткінази входить чотири міцно зв'язаних йони марганцю. В супероксиддисмутазі, яка здійснює усунення токсичного супероксидного аніон-радикалу  $O_2^-$ , що утворюється при пероксидному окисненні ліпідів, йон марганцю каталізує перехід між станами окиснення.

Необхідно зазначити, що марганець може бути регулятором в обміні речовин в організмі риби лише в оптимальних концентраціях. Значне підвищення концентрації його іонів у водному середовищі, а водночас і в тканинах, може негативно відобразитись на життєдіяльності риби. При значному зростанні концентрації марганцю у водному середовищі, а звідси і в організмі риби, цей елемент починають діяти як токсикант [17]. Слід відмітити, що йони марганцю знижують якість статевих продуктів коропа [3].

Щодо токсичності марганцю для риби, то така інформація у фаховій літературі дуже обмежена. Це пов'язано з тим, що марганець, порівняно з міддю, є менш токсичним для гідробіонтів, включно і для риби, а при його нестачі в організмі форелі спостерігається порушення розвитку скелету [1]. Разом з тим в роботі [29], вказується на те, що марганець в концентрації  $\geq 1$  мг/дм<sup>3</sup> може викликати підвищену загибель риби. Риба більших розмірів значно стійкіша до токсичної дії марганцю, ніж менших.

Під впливом йонів марганцю в тканинах риби змінюється біосинтез біологічно активних речовин, зокрема білків, жирів і вуглеводів. Як показав М.Ю.Євтушенко [8], ефективність його дії на ступінь утилізації ацетату  $-^{14}C$  в синтезі білків залежить від концентрації металу та часу впливу на організм риби. При перебуванні коропа протягом семи діб у водному середовищі з різною концентрацією (0,12; 0,57 та 1,07 мг/дм<sup>3</sup>) йонів марганцю питома радіоактивність білків зростала від 28 до 34% порівняно з контролем.

При адаптації дволіток коропа протягом 7 діб до вмісту марганцю у водному середовищі 0,1 і 0,5 мг/дм<sup>3</sup> спостерігалось збільшення кількості білків та нуклеїнових кислот в тканинах риби. Однак, при його збільшенні у воді до 1 мг/дм<sup>3</sup> вміст білків і нуклеїнових кислот в тканинах і органах риби зменшувався [12]. Встановлено, що під впливом марганцю водного середовища в концентраціях 0,2 і 0,5 мг/дм<sup>3</sup> зростає сума незамінних амінокислот відповідно в 1,4 та 1,3 рази. Це вказує на високий рівень катаболізму білків у м'язах та недостатнє їх використання в процесах адаптації риби до таких умов водного середовища, а також на активування тканинних протеїназ йонами марганцю [22].

На фоні підвищених концентрацій йонів марганцю у воді (0,2 і 0,5 мг/дм<sup>3</sup>) у м'язах коропа значно знижується (в 1,9 раз) вміст глутамінової кислоти [16], що може бути пов'язано з детоксикацією аміаку, вміст якого зростає за дії на рибу йонів важких металів водного середовища.

Щодо печінки риби, то в ній під впливом йонів марганцю зменшується вміст замінних і незамінних амінокислот, а також сумарна їх кількість, що пов'язано з активуванням процесів окиснення амінокислот, а також процесів глюконеогенезу і ліпогенезу [26].

При перебуванні риби у водному середовищі з концентрацією йонів марганцю 2,4 мг/дм<sup>3</sup> в печінці і м'язах зменшувалось використання гліцину у синтезі білків та ліпідів [13]. Марганцю належить важлива роль в регуляції обміну ліпідів [31]. При нестачі марганцю в організмі тварин порушується їх синтез і транспорт, а при інтоксикації його йонами в головному мозку риби зростає розпад ліпідів на енергетичні потреби аж до повного їх окиснення до  $CO_2$  [19].

Наявність у воді йонів марганцю в концентрації 0,12 мг/дм<sup>3</sup> призводить до зменшення інтенсивності окиснення білків в гепатопанкреасі коропа. Однак, йони марганцю в концентрації

2,4 мг/дм<sup>3</sup> практично не впливають на їх кількість у гепатопанкреасі та плазмі крові коропа [24].

Основна функція йонів марганцю в захисті білків належить SH-групам, які зв'язують цей елемент та зменшують його доступ до функціонально активних центрів [21].

Крім того, як було показано останнім часом [2] йони марганцю в концентраціях 5; 20 і 50 мг/дм<sup>3</sup> активують аеробні процеси та пригнічують гліколітичні процеси, а в концентрації 100 мг/дм<sup>3</sup>, навпаки, активують гліколітичні та інгібують аеробні процеси в тканинах риб.

Отже, марганець відіграє важливу роль в регуляції метаболічних процесів в організмі риб, які тісно пов'язані з їх життєдіяльністю та продуктивністю.

1. *Аронович Т.М.* Искусственные корма в лососеводстве / Т.М. Аронович. – М., 1967. – 74 с.
2. *Арсан В.О.* Енергозабезпечення організму коропа при адаптації до змін концентрації іонів важких металів у водному середовищі: автореф. дис. на здобуття наук. ступ. канд.біол.наук: спец. 03.00.17 «Гідробиологія» / В.О. Арсан. - Київ, 2004. - 22с.
3. *Арутюнова Н.В., Клекот В.А.* Изменение фракционного состава липидов в ооцитах карпа при воздействии солей тяжелых металлов. // Актуальные вопросы водной экологии. Матер. Всесоюзн. конф. молодых ученых (Київ, 22-24 ноября, 1989) – Київ, 1990 – С. 5-8.
4. *Брукс Р.Р.* Загрязнение микроэлементами // Химия окружающей среды / [под ред. Дж.О.М.Бокриса]. – М.: Химия, 1982. – С. 371-413.
5. *Воробьев В.И.* Микроэлементы и их применение в рыбководстве / В.И. Воробьев – М.: Пищ пром-сть, 1979. – 184 с.
6. *Галичева Е.Е.* Содержание подвижных форм марганца, меди, цинка, молибдена в рыбководных прудах Московской области / Е.Е. Галичева // Сборник научн.-исслед. работ по прудовому рыбководству. – М., 1970. - №3. – С. 54-62.
7. *Долинская Г.И.* Влияние солей меди и марганца на лактатдегидрогеназу тканей производителей карпа и его икры на ранних стадиях развития в эксперименте. // 8-я науч. конф. по экол. физиол. и биохим. рыб. (30 сент.- 3 окт., 1992) : Тез. докл. (Карельский науч. центр РАН. Ин-т биологии. – Петрозаводск, 1992. –Т.1– С. 84-85.
8. *Евтушенко Н.Ю.* Влияние различных концентраций марганца в воде на белоксинтезирующую функцию карпа / Н.Ю. Евтушенко // Гидробиол. журн. – 1986. – 22, №4. – С.71-74.
9. *Евтушенко Н.Ю.* Интенсивность липидного обмена в печени карпа в зависимости от концентрации марганца в воде/ Н.Ю. Евтушенко // Гидробиол. журн. – 1985. – 21, №6. – С. 62-64.
10. *Забитівський Ю.М.* Мінливість морфологічних ознак і активності травлення у коропа залежно від умов існування: автореф. дис. на здобуття наук. ступ. канд. біол. наук: спец. 03.00.10. «Іхтіологія»/ Ю.М. Забитівський.–Київ, 2003. – 18 с.
11. *Иванова А.А.* Некоторые микроэлементы в главнейших реках Советского Союза: автореф. дисс... канд. хим. наук. Новочеркасск, Гидрохим. ин-т., 1968. – 27 с.
12. *Курант В.З.* Влияние ионов тяжелых металлов на содержание белков и нуклеиновых кислот в тканях рыб // 8-я науч. конф. по экол. физиол. и биохим. рыб. (30 сент.- 3 окт., 1992) : Тез. докл. – Петрозаводск, 1992.–Т.1. – С. 179-180.
13. *Курант В.З.* Роль білкового обміну в адаптації риб до дії іонів важких металів: автореф. дис. на здобуття наук. ступ. докт. біол. наук: спец. 03.00.10 «Іхтіологія»/ В.З. Курант. – К., 2003. – 43 с.
14. *Линник П.Н.* Формы миграции и сезонная динамика марганца в водах рек Днепра и Десны: автореф. дис. на соискание науч. степ. канд. хим. наук / П.Н. Линник – Новочеркасск., 1978. – 21 с.
15. *Линник П.Н.* Формы миграции металлов в пресных поверхностных водах / П.Н. Линник, Б.И. Набиванец. – Л.: Гидрометеоиздат, 1986. – 270 с.
16. *Линник П.М.* Комплексоутворення металів з природними органічними речовинами - важливий фактор детоксикації (за результатами біотестування) / П.М. Линник, Е.П. Щербань, Т.О. Васильчук [та ін.] // Наукові записки Тернопільського педуніверситету ім. Володимира Гнатюка. Серія: біологія. – 2001. – 2(13). – С. 206 –208.
17. *Лукьяненко В.И.* Общая ихтиотоксикология / В.И. Лукьяненко. – М.: Пищ. пром-сть, 1983. – 319 с.
18. *Лурье Ю.Ю.* Химический анализ производственных сточных вод / Ю.Ю. Лурье, А.И. Рыбникова. – М.: Химия, 1974. – 336 с.
19. *Маньора Г.Б.* Особливості окислення 14С-ацетату та динаміка ліпідного складу у головному мозку риб при дії солей важких металів / Г.Б. Маньора, С.В. Бродін, В.В. Грубінко // Наукові записки Тернопільського педуніверситету ім. Володимира Гнатюка. Серія: біологія. – 2001. – 2(13). – С. 211 –213.

## ОГЛЯДИ

20. Патин С.А. Микроэлементы в морских организмах и экосистемах / С.А. Патин, Н.П. Морозов. – М.: Легк. пром-сть., 1981.- 152 с.
21. Смольський О.С. Структурно-функціональні адаптації крові коропа до екстремальних факторів водного середовища: автореф. дис. на здобуття наук. ступ. канд.біол.наук: спец. 03.00.04 «Біохімія» / О.С. Смольський. - Київ, 1998. - 17с.
22. Сологуб Л.І. Протеїнази клітин та їх функції / Л.І. Сологуб, І.С. Пашковська, Г.Л. Антоняк. – К.: Наук. Думка, 1992. – 196 с.
23. Сравнительная физиология животных / [под ред. Проф. Л.Проссера] – М.: Мир, 1977. – Т. 1. – 606 с.
24. Столяр О.Б. Окиснювальна модифікація білків гепатопанкреаса і плазми крові коропа за інтоксикації важкими металами / О.Б. Столяр // Наукові записки Тернопільського педуніверситету ім. Володимира Гнатюка. Серія: біологія. – 2001. – 2(13). – С. 44–49.
25. Трахтенберг И.М. Тяжелые металлы во внешней среде: Современные гигиенические и токсикологические аспекты / И.М. Трахтенберг, В.С. Колесников, В.П. Луковенко. – Минск: Наука і техніка, 1994. – 235с.
26. Уильямс Д. Металлы жизни. – М.: Мир, 1975. – 236с
27. Хоменчук В.О. Особливості субклітинного розподілу важких металів в деяких тканинах коропа при дії їх підвищених концентрацій / В.О. Хоменчук // Наукові записки Тернопільського педуніверситету ім. Володимира Гнатюка. Серія: біологія. – 2001. – 2(13). – С. 59–63.
28. Hem J.D. Chemical equilibria and rates of manganese oxidation // Geol. Surv. Water-Supply Paper №1667. – A. – Washington. – 1963. – 64 p.
29. Meinelt T., Stüber A., Steffens W. Wirkungen fischtoxischer Schadmetalle – Fischtoxizität von Eisen und Mangan // Fischer. Und Teichwirt. – 1997. – Vol. 48, №4. – S.162–164.
30. Protasowski M., Chodynieski A. Bioakumulacja Cd, Pb, Cu, Zn w carpie – Cyprinus carpio L. w zaleznosci od stezcyu w wodie i szasu ekspozycji // Lesz. nauk. rub. mor. i technol. zywn – Szczecin, 1988. – Vol. 17. – P. 69–84.
31. Scorpio R.M. Differences between manganese and magnesium ions with regard to fatty biosynthesis / R.M. Scorpio, E.J. Masoro // Biochem. J. – 1970. – Vol. 118, №3. – P. 391–398.
32. Valentini M.T.G. Metallic numia and fulvic acid interactions in fresh water ultrafiltrate fractions / M.T.G. Valentini, L. Maggi, R. Stella // Chem Ecol. – 1983. – Vol. 1, №4. – P. 279–291.

*V.O. Arsan*

Украинская лаборатория качества и безопасности продукции АПК, Киев

### РОЛЬ МАРГАНЦА В ОБМЕНЕ ВЕЩЕСТВ У РЫБ

Проанализирована роль марганца водной среды в обмене веществ у рыб. Показано, что ионы марганца, которые попадают в организм рыб из водной среды, в зависимости от их концентрации и времени действия, могут активировать или ингибировать ферментные системы, и так влияют на жизнедеятельность и продуктивность рыб.

*Ключевые слова: ионы, марганец, рыба, ткани, органы, белки, липиды, водная среда*

*V.O. Arsan*

Ukrainian laboratory of quality and safety of AIC products, Kyiv

### THE ROLE OF MANGANESE IN METABOLISM OF FISH

This review is focused on the role of manganese in metabolism of fish. It has been proved that the ions of manganese, which in pour the organism of fish, depending on their concentration and duration of their action, can activate or suppress enzyme systems and thus influence vital functions and productivity of fish.

*Key words: ions, manganese, fish, tissues, organs, proteins, fats, water*

Рекомендує до друку

Надійшла 15.09.2010

В.В. Грубінко

## АВТОРИ НОМЕРА

- Александров Б.Г.** — доктор біологічних наук, професор, директор Одеської філії Інституту біології південних морів ім. А.О. Ковалевського НАН України (ІБПМ НАНУ).
- Аркушина Г.Ф.** — кандидат біологічних наук, старший викладач кафедри біології Кіровоградського державного педагогічного університету імені Володимира Винниченка (КДПУ).
- Арсан В.О.** — кандидат біологічних наук, науковий співробітник Української лабораторії якості і безпеки продукції АПК Національного Університету біоресурсів і природокористування України.
- Балабан Р.Б.** — здобувач кафедри хімії Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка (ТНПУ).
- Барна М.М.** — доктор біологічних наук, професор, завідувач кафедри ботаніки ТНПУ.
- Бияк В.Я.** — технік III категорії НДС ТНПУ.
- Білецька С.В.** — науковий співробітник Українського науково-дослідного гідрометеорологічного інституту МНС України та НАН України.
- Блюма Д.А.** — молодший науковий співробітник відділу клітинної біології та анатомії Інституту ботаніки імені М.Г. Холодного НАН України (ІБ НАНУ).
- Бриков В.О.** — науковий співробітник відділу клітинної біології та анатомії ІБ НАНУ
- Будзан І.В.** — студентка хіміко-біологічного факультету ТНПУ.
- Вітер А.В.** — аспірант відділу алелопатії Національного ботанічного саду ім. М.М. Гришка НАН України (НБС НАНУ).
- Герц Н.В.** — асистент кафедри ботаніки ТНПУ.
- Гордій Н.М.** — старший викладач кафедри біології та методики її викладання Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка (КПНУ).
- Грицак Л.Р.** — кандидат біологічних наук, доцент кафедри геоecології та методики навчання екологічних дисциплін, старший науковий співробітник лабораторії екології та біотехнології ТНПУ.
- Грубінко В.В.** — доктор біологічних наук, професор, завідувач кафедри загальної біології ТНПУ.
- Грюк І.Б.** — кандидат хімічних наук, доцент, докторант кафедри загальної біології ТНПУ.
- Гулай В.В.** — викладач кафедри біології КДПУ.
- Гулай О.В.** — кандидат біологічних наук, завідувач кафедри біології КДПУ.
- Гуцало І.А.** — молодший науковий співробітник відділу лікарських і нових кормових культур Кременецького ботанічного саду.
- Дробик Н.М.** — доктор біологічних наук, професор кафедри загальної біології, завідувач лабораторії екології та біотехнології ТНПУ.
- Еланська Н.Е.** — кандидат біологічних наук, старший науковий співробітник відділу алелопатії НБС НАНУ.
- Закрасов О.В.** — провідний інженер відділу алелопатії НБС НАНУ.
- Киричук Г.Є.** — кандидат біологічних наук, доцент, докторант кафедри загальної біології ТНПУ.
- Комарова В.В.** — аспірант Одеського національного університету імені І.І. Мечникова.
- Конвалюк І.І.** — молодший науковий співробітник відділу генетики клітинних популяцій Інституту молекулярної біології та генетики НАН України (ІМБГ НАНУ).

- Константиненко Л.А.** — кандидат біологічних наук, асистент кафедри ботаніки Житомирського державного університету імені Івана Франка.
- Костюк К.В.** — аспірант кафедри загальної біології ТНПУ.
- Курант В.З.** — доктор біологічних наук, професор, декан хіміко-біологічного факультету ТНПУ.
- Локтева Е.В.** — магістр кафедри геоєкології Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського (ТНУ).
- Лутковський В.В.** — старший науковий співробітник Українського науково-дослідного гідрометеорологічного інституту МНС України та НАН України.
- Ляврін Б.З.** — магістрант хіміко-біологічного факультету ТНПУ.
- Майорова О.Ю.** — аспірант, молодший науковий співробітник лабораторії екології та біотехнології ТНПУ.
- Манухов А.И.** — науковий співробітник Федерального державного унітарного підприємства «Всеросійський науково-дослідний Інститут рибного господарства і океанографії» (ФДУП «ВНРО»).
- Мартиненко Ж.О.** — викладач відділення екології ВСП Національного університету біоресурсів і природокористування «Бережанський агротехнічний інститут».
- Мельник В.М.** — кандидат біологічних наук, старший науковий співробітник відділу генетики клітинних популяцій ІМБГ НАНУ.
- Мельничук О. А.** — завідувач відділу лікарських і нових кормових культур, молодший науковий співробітник Кременецького ботанічного саду.
- Метальникова К.В.** — кандидат біологічних наук, старший науковий співробітник ФДУП «ВНРО».
- Осадча Н.М.** — кандидат географічних наук, завідувач лабораторією Українського науково-дослідного гідрометеорологічного інституту МНС України та НАН України.
- Пасічник Г.І.** — аспірант, молодший науковий співробітник лабораторії екології та біотехнології ТНПУ.
- Переправка О.І.** — аспірант Одеської філії ІБПМ НАНУ.
- Пида С.В.** — доктор сільськогосподарських наук, професор кафедри ботаніки ТНПУ.
- Позаченюк Е.А.** — доктор географічних наук, професор, завідувач кафедрою ТНУ.
- Полтаруха О.П.** — кандидат біологічних наук, старший науковий співробітник Інституту проблем екології і еволюції імені А.Н. Сєверцова РАН.
- Росіцька Н.В.** — аспірантка НБС НАНУ.
- Рубановська Н.В.** — асистент кафедри біології та методики її викладання КПНУ.
- Сирик В.Ф.** — кандидат географічних наук, доцент кафедри прикладної екології ТНУ.
- Склярів О.Я.** — доктор медичних наук, професор, завідувач кафедри біохімії Львівського національного медичного університету імені Данила Галицького.
- Соцкова Л.М.** — кандидат географічних наук, доцент кафедри геоєкології ТНУ.
- Талаласєв О.С.** — молодший науковий співробітник відділу клітинної біології та анатомії НБС НАНУ.
- Ухань О.О.** — науковий співробітник Українського науково-дослідного гідрометеорологічного інституту МНС України та НАН України.
- Царик Л.П.** — доктор географічних наук, професор, завідувач кафедри геоєкології та методики навчання екологічних дисциплін ТНПУ.
- Шадрін Н.В.** — кандидат біологічних наук, старший науковий співробітник ІБПМ НАНУ.
- Шамро Н.Р.** — аспірант кафедри екології Рівненського державного гуманітарного університету.
- Юношева О.П.** — молодший науковий співробітник відділу аллопатії НБС НАНУ.
- Яворський В.Ю.** — старший інженер відділу екології водоймищ Інституту гідробіології НАН України.

## ЗМІСТ

<b>БОТАНІКА</b> .....	3
Д.А. БЛЮМА ЕКСПРЕСІЯ ГЕНІВ АКВАПОРИНІВ ПІДГРУПИ PIP2 В РОСЛИНАХ <i>SIUM</i> <i>LATIFOLIUM</i> L. В УМОВАХ РІЗНОГО ВОДНОГО РЕЖИМУ .....	3
В.О. БРИКОВ УЛЬТРАСТРУКТУРА МІТОХОНДРІЙ ТА ДИХАННЯ КОРЕНІВ <i>PISUM SATIVUM</i> L. В УМОВАХ МОДЕЛЬОВАНОЇ МІКРОГРАВІТАЦІЇ.....	9
А.В. ВІТЕР, Н.Е. ЕЛЛАНСЬКА, О.В. ЗАКРАСОВ, Г.І. КРИВОРЧУК, О.П. ЮНОШЕВА РОЗВИТОК КОРЕНІВ І КОРЕНЕВИХ БУЛЬБОЧОК У СИМБІОТИЧНІЙ СИСТЕМІ ЛЮЦЕРНА ПОСІВНА – <i>SINORHIZOBIUM MELILOTI</i> ПІД ВПЛИВОМ КЛІНОСТАТУВАННЯ.....	13
Н. В. ГЕРЦ, М. М. БАРНА ОСОБЛИВОСТІ РЕПРОДУКТИВНОЇ БІОЛОГІЇ ВИДІВ РОДУ <i>ACER</i> L. ЗА ЗМІНИ СТАТІ.....	19
І.А. ГУЦАЛО, С.В. ПИДА, О.А. МЕЛЬНИЧУК ІНТРОДУКЦІЯ <i>LUPINUS ELEGANS</i> Н.В.К. У КРЕМЕНЕЦЬКОМУ БОТАНІЧНОМУ САДУ .....	26
Н.В. РУБАНОВСЬКА ЦЕНОТИЧНІ ОСОБЛИВОСТІ <i>ALLIUM PODOLICUM</i> (ASCH. ET GRAEBN.) ВЛОСКІ ЕХ РАСІВ. НА ЗАХІДНОМУ ПОДІЛЛІ.....	29
О. С. ТАЛАЛАЄВ ЕКСПРЕСІЯ ГЕНІВ НИЗЬКОМОЛЕКУЛЯРНИХ БІЛКІВ ТЕПЛОВОГО ШОКУ В ЕТІОЛЬОВАНИХ ПРОРОСТКАХ ГОРОХУ.....	37
<b>БІОТЕХНОЛОГІЯ</b> .....	43
Н. М. ДРОБИК, О. М. ЛЕСЬКОВА, В. М. МЕЛЬНИК, І. І. КОНВАЛЮК БІОЛОГІЧНО АКТИВНІ РЕЧОВИНИ ВИДІВ РОДУ <i>GENTIANA</i> L. ВМІСТ КСАНТОНІВ У КУЛЬТУРІ ТКАНИН.....	43
<b>ГІДРОБІОЛОГІЯ</b> .....	49
С.В. БЛЕЦЬКА ЧИННИКИ НАДХОДЖЕННЯ ГУМУСОВИХ РЕЧОВИН З ТЕРИТОРІЇ ВОДОЗБОРУ (НА ПРИКЛАДІ БАСЕЙНУ РІЧКИ РОСЬ) .....	49
Г.Є. КИРИЧУК НАКОПИЧЕННЯ КАДМІЮ ТА ЦИНКУ В ОРГАНІЗМІ <i>PLANORBARIUS PURPURA</i> НА ФОНІ ТРЕМАТОДНОЇ ІНВАЗІЇ.....	54
В.В. КОМАРОВА, Б.Г. АЛЕКСАНДРОВ ІДЕНТИФІКАЦІЯ ЖИВЫХ И МЕРТВЫХ ГИДРОБИОНТОВ ЗООНЕЙСТОНА ..	61
Л.А. КОНСТАНТИНЕНКО ЗАЛЕЖНІСТЬ ІНТЕНСИВНОСТІ ЖИВЛЕННЯ ПЕРІТРИХ ( <i>SILPHORA</i> , <i>PERITRISIA</i> ) ВІД ГІДРОХІМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ АКТИВНОГО МУЛУ .....	64
А.И. МАНУХОВ ОЦЕНКА КАЧЕСТВА МОЛОДИ НЕРКИ ( <i>ONCORHYNCHUS NERKA</i> ), ПОЛУЧЕННОЙ ОТ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ ДВУХ РАЗМЕРНЫХ КЛАССОВ .....	69
К.В. МЕТАЛЬНИКОВА СТРОЕНИЕ ГОНАД У ДИКОЙ И ЗАВОДСКОЙ МОЛОДИ КИЖУЧЕЙ .....	73
Н.М. ОСАДЧА, В.В. ЛУТКОВСЬКИЙ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗМИВУ ГУМУСОВИХ РЕЧОВИН З ПОВЕРХНІ ВОДОЗБОРУ ....	79
О.І. ПЕРЕПРАВКА, Б.Г. АЛЕКСАНДРОВ ЗООПЛАНКТОН МОЛОЧНОГО ЛИМАНУ В УМОВАХ ЗМІНИ ЙОГО ГІДРОЛОГІЧНОГО РЕЖИМУ .....	85
Е.А. ПОЗАЧЕНЮК, Л.М.СОЦКОВА, В.Ф.СИРИК, Е.В.ЛОКТЕВА ЛАНДШАФТНЫЕ ПОДХОДЫ К ОБОСНОВАНИЮ ВОДООХРАННЫХ И САНИТАРНЫХ ЗОН СИМФЕРОПОЛЬСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА.....	89
О.П. ПОЛТАРУХА УСОНОГИЕ РАКИ ( <i>CIRRIPEDIA</i> , <i>THORACICA</i> ) МОРЯ УЭДДЕЛЛА.....	92

О.О.УХАНЬ	
ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОСТОРОВО-ЧАСОВОГО РОЗПОДІЛУ СПОЛУК АЗОТУ ТА ФОСФОРУ У ВОДІ Р. СІВЕРСЬКИЙ ДОНЕЦЬ .....	97
Н.В. ШАДРИН	
ОСОБЕННОСТИ ЭКОСИСТЕМ ГИПЕРСОЛЕННЫХ ОЗЕР КРЫМА И НОВАЯ ЭКОСИСТЕМНАЯ ПАРАДИГМА .....	102
В.Ю. ЯВОРСЬКИЙ	
ВИЗНАЧЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ СИТУАЦІЇ В ЗАПЛАВНИХ ВОДОЙМАХ ТРАНСКОРДОННОЇ ДІЛЯНКИ БАСЕЙНУ ДЕСНИ ЗА ПОКАЗНИКАМИ МАКРОЗООБЕНТОСУ .....	107
<b>ЕКОЛОГІЯ</b> .....	112
Р.Б. БАЛАБАН	
ВИКОРИСТАННЯ СПІВДІШЕННЯ АКТИВНОСТІ АСПАРТАТ- І АЛАНІНАМІТРОНСФЕРАЗ ТА НАД- І НАДФ-ЗАЛЕЖНИХ ГЛУТАМАТДЕГІДРОГЕНАЗ ДЛЯ ОЦІНКИ ТОКСИЧНОСТІ ІОНІВ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ ДЛЯ КОРОПА .....	112
В.Я. БИЯК, Б.З. ЛЯВРІН, В.О. ХОМЕНЧУК, В.З. КУРАНТ	
АНАЛІЗ ГІДРОХІМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ МАЛИХ РІЧОК ЗАХІДНОГО ПОДІЛЛЯ .....	115
Н.М. ГОРДІЙ	
ДЕННІ ЛУСКОКРИЛІ ( <i>LEPIDOPTERA, DIURNA</i> ) АТОЛОПОДІБНИХ ТОВТР НПП «ПОДІЛЬСЬКІ ТОВТРИ» .....	122
О.В.ГУЛАЙ, В.В. ГУЛАЙ, Г.Ф. АРКУШИНА	
ОСОБЛИВОСТІ ЕКОЛОГІЧНИХ ВЗАЄМОДІЙ МІЖ ПРЕДСТАВНИКАМИ РОДИНИ ХВОЩІ ТА ПАТОГЕННИМИ ЛЕПТОСПРАМИ В УМОВАХ ПЕРЕЗВОЛОЖЕНИХ ЗЕМЕЛЬ .....	127
К. В. КОСТЮК, В. В. ГРУБІНКО	
СТРУКТУРНА РЕАКЦІЯ КЛІТИННИХ МЕМБРАН ВОДНИХ РОСЛИН НА ДІЮ ТОКСИКАНТІВ .....	131
О.Ю. МАЙОРОВА, Л.Р. ГРИЦАК, Г.І. ПАСІЧНИК, І.В. БУДЗАН, В.М. МЕЛЬНИК, Н.М. ДРОБИК	
ЗМІНИ СТАНУ ПОПУЛЯЦІЇ <i>GENTIANA ASCAULIS</i> L. У ЧОРНОГОРІ (УКРАЇНСЬКІ КАРПАТИ) .....	136
Ж.О. МАРТИНЕНКО	
ХАРАКТЕРИСТИКА ҐРУНТІВ ГОЛИЦЬКОГО БОТАНІКО-ЕНТОМОЛОГІЧНОГО ЗАКАЗНИКА У ЗВ'ЯЗКУ З ЕКОЛОГІЧНИМИ УМОВАМИ ЇХ ФОРМУВАННЯ ...	141
Н.В. РОСПІЦЬКА	
АДАПТИВНІ РЕАКЦІЇ РОСЛИН <i>ROSA CANINA</i> L. ДО РІЗНИХ УМОВ ЗРОСТАННЯ .....	147
Л.П. ЦАРИК	
РЕПРЕЗЕНТАТИВНІСТЬ ТЕРИТОРІЙ ТА ОБ'ЄКТІВ ПРИРОДНО-ЗАПОВІДНОГО ФОНДУ У ФУНКЦІОНАЛЬНІЙ СТРУКТУРІ ПЕРСПЕКТИВНОЇ ЕКОМЕРЕЖІ ПОДІЛЛЯ .....	152
<b>БІОХІМІЯ</b> .....	158
В.О. АРСАН	
ВМІСТ ПІРУВАТУ, ЛАКТАТУ ТА СПІВДІШЕННЯ ВІЛЬНИХ НАД-ПАР В ТКАНИНАХ КОРОПА ЗА ДІЇ ЙОНІВ МАРГАНЦЮ .....	158
І.Б. ГРЮК, Н.Р. ШАМРО, О.Я. СКЛЯРОВ	
ЗМІНА АКТИВНОСТІ NO-СИНТАЗ ТА ВМІСТУ ПРОДУКТІВ ТІОБАРБИТУРОВОЇ КИСЛОТИ У СЛИЗОВІЙ ОБОЛОНЦІ ТОВСТОЇ КИШКИ ЗА ПОЄДНАНОЇ ДІЇ ВІТАМІНУ С ТА L-АРГІНІНУ ПРИ СТРЕСІ .....	161
<b>ОГЛЯДИ</b> .....	168
В.О. АРСАН	
РОЛЬ МАРГАНЦЮ В ОБМІНІ РЕЧОВИН У РИБ .....	168
<b>АВТОРИ НОМЕРА</b> .....	172



---

Здано до складання 2.11.2010. Підписано до друку 15.11.2010. Формат 60 x 84/18. Папір друкарський.  
Умовних друкованих аркушів — 15,4. Обліково-видавничих аркушів — 17,6. Замовлення № 34.  
Наклад 300 прим. Видавничий відділ ТНПУ 46027, м. Тернопіль, вул. М. Кривоноса, 2  
Свідоцтво про держреєстрацію: КВ № 15884-4356Р від 27.10.2009