

БІОЛОГІЧНІ СИСТЕМИ

НАУКОВИЙ ВІСНИК
ЧЕРНІВЕЦЬКОГО УНІВЕРСИТЕТУ

БІОЛОГІЯ

Рік заснування 1996

Том 4
Випуск 4

НАУКОВИЙ ЖУРНАЛ

Чернівці
Видавництво Чернівецького університету
2012

Науковий вісник Чернівецького університету. Біологія (Біологічні системи). – Т. 4, Вип. 4. – Чернівці: Чернівецький національний університет, 2012. – 179 с.

Scientific Herald of Chernivtsy University. Biology (Biological System). – Vol. 4, Is. 4. – Chernivtsy: Chernivtsy National University, 2012. – 179 p.

У випуску висвітлено проблеми біохімії, молекулярної генетики, біотехнології, екології, ботаніки, збереження біоти і біоресурсів, ґрунтознавства, над якими працюють науковці Чернівецького національного університету та інших наукових установ і вузів України.

The articles in the journal highlight actual problems of biochemistry, molecular genetics, biotechnology, ecology, protection of biodiversity and acclimation, soil sciences, which are studied by the scientists of Chernivtsy National University and other universities and research institutes of Ukraine.

*Друкується за ухвалою вченої ради
Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича*

Редакційна колегія:

Головний редактор **М.М. Марченко**
Заступники головного редактора:
С.С. Костишин, Р.А. Волков

Editorial Board:

Editor-in-Chief: **M.M. Marchenko**
Deputy Editors:
S.S. Kostyshyn, R.A. Volkov

**І.П. Григорюк, Ю.М. Дмитрук, Г.П.Копильчук
С.С. Руденко, І.І. Чорней**

**I.P. Hryhoryuk, Y.M. Dmytruk, G.P. Kopylchuk
S.S. Rudenko, I.I. Chorney**

Редакційна рада:

**В.С. Акатов (Росія)
В.С. Бленер (США)
В. Гемлебен (Німеччина)
В.А. Кунах
М. Я. Співак
П.О. Мельник
І.Ф. Мещишен
В.М. Решетников (Білорусь)
С. Скіба (Польща)
Я. Собоцка (Словаччина)
О. Б. Стрельцов (Росія)
Л. Фаргаїш (Румунія)
М.М. Федорончук**

Editorial Council:

**V.S. Akatov (Russia)
W.S. Blaner (USA)
V. Hemleben (Germany)
V.A.Kunakh
N. Ya. Spivak
P.O.Melnyk
I.F. Meschyshen
V.M. Reshetnikov (Bilorusia)
S. Skiba (Poland)
J. Sobotska (Slovakia)
O.B. Streltsov (Russia)
L. Fartais (Romania)
M.M. Fedoronchuk**

Відповідальні секретарі:
В.В. Буджак, І.О. Шмарак

Responsible Secretaries:
V.V. Budzhak, I.O. Shmarakov

**Свідоцтво про державну реєстрацію друкованого засобу масової інформації
Міністерства Юстиції України серія КВ № 15752-4224Р від 12.10.2009**

Загальнодержавне видання
Збірник входить до переліку наукових видань ВАК України

Адреса редколегії:
факультет біології, екології та біотехнології ЧНУ
вул. Лесі Українки, 25
м. Чернівці, Україна, 58012

Adress for correspondence:
Faculty of Biology, Ecology and Biotechnology
Lesia Ukrainka Str., 25
Chernivtsy, Ukraine, 58012

www.bio.chnu.edu.ua/vb
E-mail: vb@chnu.edu.ua



УДК 616.36-006.0:577.16.6

НАДН-ДЕГІДРОГЕНАЗНА АКТИВНІСТЬ ЛЕЙКОЦИТІВ КРОВІ ЩУРІВ З ТРАНСПЛАНТОВАНОЮ КАРЦИНОМОЮ ГЕРЕНА В ДИНАМІЦІ ОНКОГЕНЕЗУ

О.М. Волощук, М.М. Марченко, Е.О. Ференчук

*Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича, Україна;
e-mail: oxbm@mail.ru*

Досліджено НАДН-дегідрогеназну та НАДН: ферицианід-редуктазну активності мітохондрій лейкоцитів, а також динаміку чисельності різних субпопуляцій лейкоцитів крові в процесі росту карциноми Герена. Встановлено, що на початкових етапах росту карциноми Герена спостерігається підвищення концентрації нейтрофілів на фоні зниження клітинної популяції лімфоцитів, тоді як на термінальних етапах онкогенезу зареєстровано зниження кількості нейтрофілів на фоні підвищення до рівня контрольних значень кількості лімфоцитів. Вміст базофілів, еозинофілів й моноцитів в динаміці росту карциноми Герена порівняно з контролем достовірно не змінюється. В мітохондріальній фракції лейкоцитів периферійної крові спостерігається підвищення НАДН-дегідрогеназної та НАДН: ферицианідредуктазної активності порівняно із показниками контролю на початкових етапах росту карциноми Герена з тенденцією до гальмування в термінальний період пухлинного генезу.

Ключові слова: лейкоцити, карцинома Герена, НАДН-дегідрогеназна активність, НАДН: ферицианідредуктазна активність

Вступ. У відповідь на появу пухлинних клітин в організмі активуються клітини імунної системи, які володіють цитотоксичними та імуносупресорними активностями. Захисна дія імунітетів здійснюється шляхом синтезу і секреції ферментів та хімічно активних низькомолекулярних сполук, спрямованих на руйнування пухлинних клітин організму (Поповская, 2008). Водночас в організмі створюються умови, за яких пухлинна клітина починає розмножуватися, тому питання механізму взаємовідносин ефекторних і трансформованих клітин на різних етапах пухлинного росту залишається відкритим.

Метаболічні перетворення, що відбуваються у лейкоцитах периферійної крові, відображають стан обмінних і регуляторних процесів у організмі, а вивчення активності окремих ланок енергетичного обміну дозволяє оцінювати швидкість, ефективність та особливості розвитку адаптаційних реакцій за умов онкопатології, адже нестабільність неопластичних клітин супроводжується порушенням процесів енергозабезпечення, що задіяні в розвитку захисних реакцій організму (Бережная, Чехун, 2003, Чехун, 2010). Окрім того, в літературі (Хайтов, Пинегин, 2001, Бережная, 2009) є дані, що при онкогенезі спостерігається зміна активності і чисельності клітин імунної системи, у зв'язку з цим метою нашої роботи

було дослідити НАДН-дегідрогеназну та НАДН: ферицианідредуктазну активності мітохондрій лейкоцитів, а також динаміку чисельності різних субпопуляцій лейкоцитів крові в процесі росту карциноми Герена.

Матеріали та методи. Дослідження проводили на білих нелінійних щурах масою 110-130 г та віком 2,5-3 місяці, яких утримували на стандартному раціоні віварію. Роботу з тваринами проводили із дотриманням положень "Загальних етичних принципів експериментів на тваринах", ухвалених Першим Національним конгресом із біоетики. Тварин поділили на групи: I – інтактні щурі (К), II – щурі з трансплантованою карциномою Герена (П). Трансплантацію карциноми Герена проводили шляхом підшкірного введення 0,5 мл 30% суспензії ракових клітин в ізотонічному розчині натрію хлориду. Штам пухлини наданий Інститутом експериментальної патології, онкології і радіобіології ім. Р.С. Кавецького НАН України. Тривалість експерименту становила 21 добу. Евтаназію під легким ефірним наркозом із застосуванням методу цервікальної дислокації здійснювали на 7 (латентна стадія пухлинного росту), 14 (логарифмічна стадія пухлинного росту), 21 (термінальна стадія пухлинного росту) добу після імплантації пухлини.

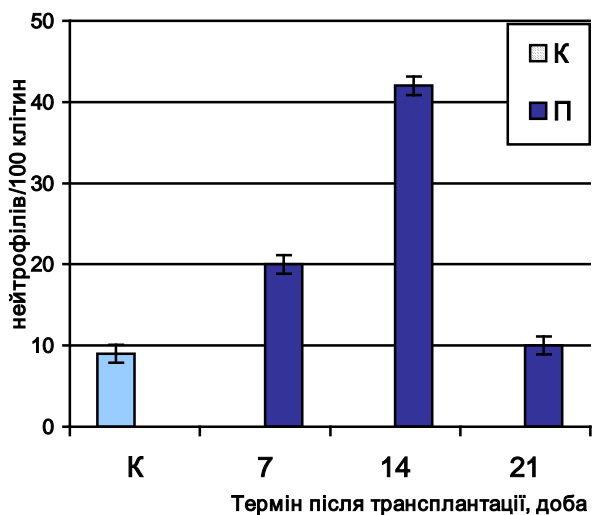
Виділення лейкоцитів периферійної крові проводили стандартним методом (Schroder et al., 1988). Виготовлення мазків крові проводили шляхом нанесення на предметне скло краплі крові діаметром 2-3 мм на відстані 1-1,5 см від краю. Шліфоване скло розташовували зліва від краплі під кутом 45°, розподіляли краплю між предметним і шліфованим склом. Швидко пересували шліфоване скло ліворуч, доки краплю не буде вичерпано. Мазок висушували на повітрі. Фарбування мазків здійснювали за Романовським: мазки фіксували етиловим спиртом, висушували і наливали барвник Романовського. Підрахунок лейкоцитів проводили у лічильній камері Горяєва.

Виділення мітохондріальної фракції із лейкоцитів проводили за методом (Biswas et al., 1997). Отриману суміш лейкоцитів ресуспендували з 5 об'ємами буфера, що містить 0,25 М сахарозу, 10 мМ фосфату калію, 1 мМ ЕДТА (рН 7.2). Суспензію клітин гомогенізували. Гомогенат центрифугували при 800 g протягом 10 хвилин. Осад центрифугували при 8000 g протягом 10 хвилин і ресуспендували з буфером без ЕДТА.

Визначення НАДН-дегідрогеназної активності проводили за методом (Sharova, Vekshin, 2004). НАДН-дегідрогеназну активність розраховували з урахуванням коефіцієнту молярної екстинкції $6,22 \cdot 10^3 \text{ M}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$. Визначення НАДН-ферриціанід-редуктазної активності проводили ферриціанідним методом (Соколова, Векшин, 2008). Активність визначали за швидкістю відновлення гексаціаноферату калію. Вміст білка визначали за Лоурі (Lowry,

1951). Статистичну обробку даних проводили з використанням критерію Стьюдента.

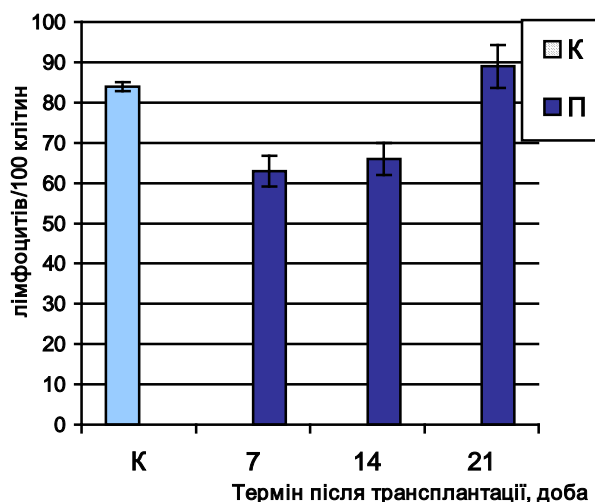
Результати та обговорення. Результати проведених досліджень показали, що латентна стадія розвитку карциноми Герена супроводжується підвищенням кількості нейтрофілів (рис. 1 а) у 2 рази порівняно з інтактними тваринами на фоні незначного зменшення клітинної популяції лімфоцитів (рис. 1 б). Проте в період активного росту пухлинних клітин спостерігається підвищення концентрації нейтрофілів у 5 разів порівняно з контролем. Подібна зміна кількості лейкоцитів у крові свідчить про посилення неспецифічних імунних реакцій на початкових етапах росту карциноми Герена, і узгоджується з даними, отриманими рядом авторів при дослідженні інших видів пухлин (Лабунец, Гриневич, 2004, Swann, Smyth, 2007). Припускають, що причиною таких змін може бути підвищення рівня гематопоетичного фактора росту G-CSF, оскільки показано кореляцію кількості лейкоцитів і рівня G-CSF у циркулюючій крові (Шаталин и др., 2010). Відмічений факт різкого підвищення кількості нейтрофілів може бути пояснений з огляду на їх роль як учасника репаративно-відновлювальних реакцій, так і реакцій організму на ріст пухлини. Ці клітини необхідні не лише як продуценти цитотоксичних вільних радикалів і протеолітичних ферментів, а також потрібні пухлинним клітинам для підтримання ангіогенезу, трансформації строми і для пригнічення протипухлинних реакцій (Бережная, 2009).



а

Рис. 1. Кількість клітин субпопуляції нейтрофілів (а) та лімфоцитів (б) у крові в динаміці росту карциноми Герена

Примітка (тут і надалі): * - достовірна різниця порівняно з контролем; ** - достовірна різниця порівняно з попередньою стадією експерименту.



б

Fig. 1. Cell number of neutrophil (a) and lymphocyte (b) subpopulations in the blood during Guerin's carcinoma growth

Note: (hereinafter): * - significant difference comparing to the control; ** - significant difference comparing to the previous stage of the experiment.

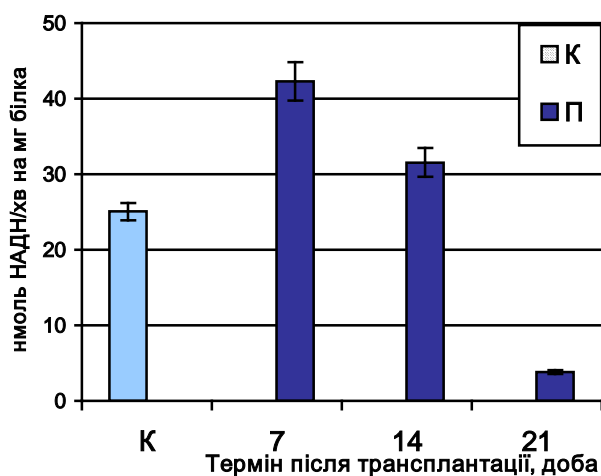
Проте підвищення рівня нейтрофілів супроводжується розвитком окисного стресу, спряженого з пошкодженням здорових клітин, в тому числі й самих нейтрофілів (Лабунец, Гриневич, 2004).

На термінальних етапах росту карциноми Герена спостерігається різке зниження концентрації нейтрофілів (рис. 1 а) на фоні підвищення до рівня контрольних значень кількості лімфоцитів (рис. 1 б). Встановлена нейтропенія може призводити, за даними літератури (Орлова, Чубенко, 2006), до інфекційно-токсичного шоку. Водночас, слід зазначити, вміст базофілів, еозинофілів й моноцитів в динаміці росту карциноми Герена порівняно з контролем достовірно не змінюється (рисунки не наведені). Враховуючи, що важливим показником функціонального стану організму при патології є метаболічні та енергетичні процеси, що відбуваються в лейкоцитах, то метою нашої подальшої роботи було вивчення стану окремих ланок системи енергозабезпечення лейкоцитів при онкогенезі.

Результати проведених досліджень показали, що в мітохондріальній фракції лейкоцитів периферійної крові спостерігається підвищення НАДН-дегідрогеназної активності порівняно із показниками контролю уже на латентній стадії росту карциноми Герена (рис. 2 а). В досліджуваній період онкогенезу НАДН-дегідрогеназна активність в 1,7 рази перевищує показники, встановлені для інтактних тварин. Встановлені зміни, імовірно, відображають посилення за участі клітин імунної системи захисних реакцій, що реалізуються переважно шляхом індукції секреції лейкоцитами активних низькомолекулярних сполук, спрямованих на знищення пухлинних клітин. Проте в динаміці росту злоякісного новоутворення спостерігається тенденція до зниження НАДН-

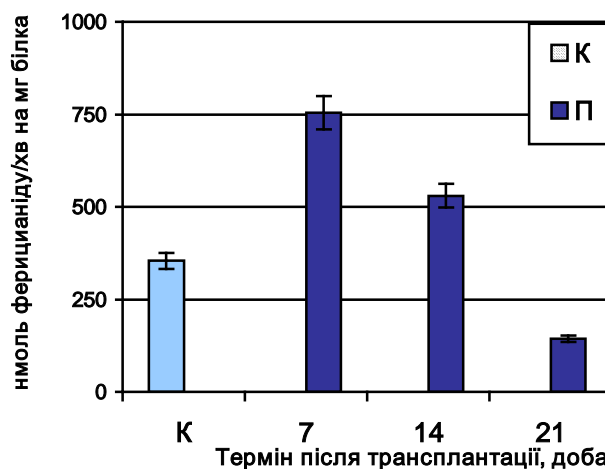
дегідрогеназної активності. Так, уже в логарифмічній фазі онкогенезу відбувається зниження досліджуваної ферментативної активності в 1,3 рази порівняно з початковою стадією пухлиногенезу, а в термінальний період зареєстровано гальмування НАДН-дегідрогеназної активності майже у 10 разів, що, ймовірно, відображає функціональну неповноцінність лейкоцитів. Встановлене порушення ключового ферменту енергозабезпечення у лейкоцитах пухлиноносіїв можна розглядати як одну із можливих ланок механізму, що запускає інші шляхи пошкодження клітин імунної системи при пухлинному рості і сприяє прогресуванню пухлини. Зміни активності мітохондріальних НАДН-дегідрогеназ лейкоцитів периферійної крові, що спостерігаються в динаміці онкогенезу, можна розглядати як додаткові критерії оцінки ступеня вираженості порушень енергетичного обміну при пухлинній патології. Ще одним маркером активності Комплексу I дихального ланцюга є НАДН-редуктазна активність мітохондрій лейкоцитів з використанням штучного акцептора електронів – ферицианіду. Ферицианід може взаємодіяти з гідрофільною частиною Комплексу I дихального ланцюга і ефективно перехоплювати електрони. Це характерна реакція, що відображає наявність каталітичної активності НАДН-дегідрогенази (Sharova, Vekshin, 2004).

Результати проведених досліджень показали, що уже на латентній стадії росту карциноми Герена спостерігається підвищення вдвічі НАДН: ферицианідредуктазної активності в мітохондріях лейкоцитів периферійної крові пухлиноносіїв порівняно з показниками контрольної групи тварин (рис. 2 б). Проте в динаміці росту злоякісного новоутворення спостерігається тенденція до зниження НАДН: ферицианідредуктазної активності.



а

Рис.2. НАДН-дегідрогеназна (а) та НАДН: ферицианідредуктазна (б) активність мітохондрій лейкоцитів у динаміці росту карциноми Герена



б

Fig. 2. NADH-dehydrogenase (a) and NADH:ferricyanide reductase (b) activity of leukocyte mitochondria during Guerin's carcinoma growth

Так, уже в логарифмічній фазі онкогенезу відбувається зниження досліджуваної ферментативної активності у 1,4 рази порівняно з початковою стадією пухлиногенезу, а в термінальний період зареєстровано гальмування НАДН: фериціанід-редуктазної активності у 5,3 рази. Прогресивне зниження НАДН: фериціанід-редуктазної активності в лейкоцитах периферійної крові свідчить про збільшення кількості мітохондрій з пошкодженою мембраною і зниження їх відновлюваного потенціалу (Sharova, Vekshin, 2004). Враховуючи, що фериціанід-редуктазна активність характерна лише для фрагменту Комплексу I, який містить 3 субодиниці і два залізо-сірчаних кластери (Гривенникова, Виноградов, 2003), то виявлений факт зниження НАДН-дегідрогеназної активності в динаміці росту карциноми Герена, ймовірно, може бути пов'язаний з порушенням функціональної активності саме цього компонента досліджуваного ферментативного комплексу. Виявлені зміни варто розглядати як показники загальної адаптаційно-приспосувальної реакції організму, оскільки функціональна активність лейкоцитів визначається безпосереднім станом їх енергетичного метаболізму.

Висновки. Отже, на початкових етапах росту карциноми Герена спостерігається підвищення концентрації нейтрофілів на фоні зниження клітинної популяції лімфоцитів, тоді як на термінальних етапах онкогенезу зареєстровано зниження кількості нейтрофілів на фоні підвищення до рівня контрольних значень кількості лімфоцитів. У мітохондріальній фракції лейкоцитів периферійної крові спостерігається підвищення НАДН-дегідрогеназної та НАДН:фериціанід-редуктазної активності порівняно із показниками контролю на початкових етапах росту карциноми Герена з тенденцією до гальмування в термінальний період пухлиногенезу.

Список літератури:

1. Поповская Т.Н. Современные представления о роли иммунных реакций в развитии злокачественной опухоли // Онкология. – 2008. – Т. 10, № 1. – С. 124-127.

2. Бережная Н.М., Чехун В.М. Система иммунитета и рак: достижения и неудачи // Онкология. – 2003. – Т.5, №2. – С. 84-89.
3. Чехун В.Ф. Сучасний стан та перспективи фундаментальних досліджень в експериментальній та клінічній онкології // Онкология. – 2010. – Т. 12, № 3. – С. 219-223.
4. Хаитов Р.М., Пинегин Б.В. Оценка иммунного статуса человека в норме и при патологии // Иммунология. – 2001. – Т.1, № 4. – С. 4-8.
5. Бережная Н.М. Роль клеток системы иммунитета в микроокружении опухоли. Клетки и цитокины – участники воспаления // Онкология. – 2009. – Т. 11, № 1. – С. 6-16.
6. Schroder J.M. et al. Purification and partial biologic characterization of a human lymphocyte-derived peptide with potent neutrophil-stimulating activity // J. Immunol. – 1988. – Vol.140, № 10. – P. 3534-3540.
7. Biswas S. et al. Selective inhibition of mitochondrial respiration and glycolysis in human leukaemic leucocytes by methylglyoxol // J. Biochem. – 1997. – Vol. 323. – P. 343-348.
8. Sharova I.V. Rotenone-insensitive NADH oxydation in mitochondrial suspension occurs by NADH dehydrogenase of respiratory chain fragments // Biophysic. – 2004. – Vol.49, № 5. – P. 814-821.
9. Соколова И.Б., Векшин Н.Л. Потеря флавина НАДН-дегідрогеназним комплексом мітохондрій // Биофизика. – 2008. – Т. 53, №1. – С. 73-77.
10. Lowri O.H. Protein measuperment With Folin phenol reagent // J. Biol. Chem. – 1951. – Vol. 123, № 1. – P. 265-273.
11. Лабунець И.Ф., Гривенвич Ю.А. Особенности ритмических колебаний иммунологических показателей при опухолевых заболеваниях // Онкология. – 2004. – Т. 6, № 1. – С. 16-22.
12. Swann J.B. Immune surveillance of tumors // Clin. Invest. – 2007. – Vol. 117. – P. 1137-1146.
13. Шаталин Ю.В. и др. Изменение состава клеточных популяций и уровня активных форм кислорода в крови и в асцитической жидкости опухоленосителя // Цитология. – 2010. – Т. 52, № 2. – С.131-135.
14. Орлова Р.В., Чубенко В.А. Фебрильная нейтропения. Инфекционно-токсический шок // Практ. онкол. – 2006. – Т. 7, № 2. – С. 69-76.
15. Гривенникова В.Г., Виноградов А.Д. Митохондриальный Комплекс I // Успехи биол. химии. – 2003. – Т. 43. – С. 19-58.

THE NADH-DEHYDROGENASE ACTIVITY OF BLOOD LEUKOCYTES IN RATS WITH GRAFTED GUERIN'S CARCINOMA IN THE DYNAMICS OF ONCOGENESIS

O.M. Voloshchuk, M.M. Marchenko, E.O. Ferenchuk

The NADH-dehydrogenase and NADH-ferricyanide reductase activity of the mitochondrial leukocytes and the dynamics of blood leukocytes subpopulations count in the process of Guerin's carcinoma growth were analyzed. It was established, that on the first stages of Guerin's carcinoma growth the increase of the neutrophils count against the background of the decrease of a lymphocytes cell population is seen. On the terminal stages of ontogenesis the decrease of the neutrophils count against the background of the increase of a lymphocytes count to the control numbers is registered. The NADH-dehydrogenase and NADH-ferricyanide reductase activity of the mitochondrial fraction of blood leukocytes increases as compared with the control rate on the first stages of Guerin's carcinoma with the tendency to inhibition on the terminal stages of growth.

Key words: leukocytes, Guerin's carcinoma, NADH-dehydrogenase activity, NADH-ferricyanide reductase activity

Отримано редколегією 10.07.2012

ШВИДКЕ НАКОПИЧЕННЯ ІОНІВ КАДМІЮ АКТИВУЄ ПЕРИКИСНЕ ОКИСЛЕННЯ ЛІПІДІВ У *ARABIDOPSIS THALIANA*

І.М. Доліба, А.Г. Должицька, І.І. Панчук

Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича,
вул. Коцюбинського, 2, м. Чернівці, 58012; e-mail: irina.panchuk@gmail.com

Накопичення високотоксичних іонів кадмію в рослинах призводить до численних первинних і вторинних метаболічних порушень. Для того, щоб з'ясувати первинні зміни, спричиненні в клітині кадмієм, ми використали схему експерименту, яка забезпечувала швидке надходження іонів металу в рослини арабідопсису. Було встановлено, що накопичення іонів кадмію у концентрації 1,29 мМ призводило до активації процесів перекисного окислення ліпідів, яке, імовірно, є наслідком інактивації антиоксидантних ферментів. Відповідно, зростання процесів ПОЛ є складовою пошкодження рослинної клітини, викликані високими концентраціями іонів кадмію.

Ключові слова: накопичення металів, кадмій, перекисне окислення ліпідів, *Arabidopsis thaliana*.

Вступ. В результаті діяльності людини все більша кількість важких металів (ВМ) надходить до екосистем та акумулюється живими істотами. Накопичення ВМ у рослинній клітині порушує нормальне проходження біохімічних реакцій та фізіологічних процесів. До класу ВМ належить, зокрема, кадмій, який може бути токсичним для рослин навіть у дуже низьких концентраціях (Schutzendubel et al., 2001; Ünyayar et al., 2006). Токсична дія кадмію проявляється у порушенні окисно-відновного балансу клітини, що, в свою чергу, призводить до виникнення оксидативного стресу (Шемет та Феденко, 2005; Benavides et al., 2005; Romero-Puertas et al., 2002, 2004; Shah and Nongkynrih, 2007). Оксидативний стрес пов'язаний зі зростанням в рослинній клітині вмісту активних форм кисню (АФК), які за оптимальних фізіологічних умов присутні лише у дуже низьких концентраціях. Однією з АФК є пероксид водню, значне зростання концентрації якого було показано за умов абіотичного стресу (Panchuk et al., 2002; Apel and Hirt, 2004; Foyer and Noctor, 2005; Slesak et al., 2007). Ця сполука є найбільш стабільною серед усіх АФК, вона може проходити крізь мембрани та викликати їх пошкодження (Desikan et al., 2003, Mori and Schroeder, 2004).

Зростання концентрації АФК, зокрема H_2O_2 , активує перекисне окислення ліпідів (ПОЛ), що призводить до окислення поліненасичених жирних кислот і збіднення клітин полярними та ненасиченими жирними кислотами, появи гідропероксидних угруповань у складі гідрофобної зони мембран (Møller et al., 2007). Продукти ПОЛ здатні пригнічувати реплікацію ДНК та білковий синтез. До кінцевих продуктів ПОЛ належать малоновий діальдегід (МДА), вміст якого у клітинах рослин зростає у відповідь на дію різних

стресових факторів, зокрема, посухи та надлишку вологи, гіпо- та гіпертермії, засолення (Луцак та ін., 2004).

В літературі наявна інформація про виникнення продуктів ПОЛ у відповідь на тривалу обробку рослин солями кадмію – від 12 годин до декількох тижнів (21 день) (Dixit et al., 2001; Metwally et al., 2003; Cho and Seo, 2004; Schutzendubel et al., 2001). Проте в умовах довготривалого впливу вміст цих продуктів залежить від сукупної дії цілого ряду первинних та вторинних механізмів. Для розуміння механізмів безпосередньої дії підвищених концентрацій іонів Cd^{2+} та з'ясування первинної реакції рослинної клітини на пошкодження, важливим є вивчення ранньої стадії стресової відповіді. У наших попередніх експериментах було досліджено зміни активності каталази та аскорбат пероксидази за умов швидкого надходження іонів Cd^{2+} до тканин листків арабідопсису (Доліба та ін., 2010; Доліба та ін., 2011). Проте, накопичення продуктів ПОЛ на ранніх етапах відповіді рослин на стрес, викликаний ВМ, вивчено ще недостатньо. Тому, ми зосередили увагу на визначенні вмісту ТБКАП у рослин арабідопсису *Arabidopsis thaliana* (L.) Heunh. у відповідь на гострий стрес, викликаний швидким накопиченням високих концентрацій іонів Cd^{2+} у тканинах листа.

Об'єкти та методи дослідження. Для дослідження впливу кадмію використовували рослини *A. thaliana* екотипу Columbia 0 віком 4,5-5-тижнів, що росли у ґрунті. Рослини вирощували в культиватійній кімнаті за температури 20°C в умовах 16-годинного світлового дня. Для проведення стресової обробки відокремлювали надземну частину рослин від кореневої системи і місце зрізу занурювали в рідке середовище Мурасіге-Скуга (0,5x MS), що містило хлорид кадмію у

концентраціях 0,1; 0,5 та 5 мМ. Обробку проводили у темряві за температури 20°C протягом 2 та 12 годин. Контрольні рослини інкубували на середовищі без додавання хлориду кадмію. Як додатковий контроль використовували інтактні рослини, які заморожували безпосередньо після зрізання.

Визначення вмісту кадмію у рослин проводили методом атомної абсорбції за ГОСТ 30178-96. Цей метод базується на розпиленні розчину мінералізату у повітряно-ацетиленовому полум'ї та вимірюванні резонансного поглинання атомів досліджуваного елемента за допомогою атомно-абсорбційного спектрофотометра С-115М. Аналітична довжина хвилі світла для вимірювання концентрації кадмію становила 228,8 нм.

Для визначення вмісту продуктів ПОЛ, а саме – тіобарбітурат активних продуктів (ТБАКП), до 1,0 мл ацетону додавали 100 мг рослинного матеріалу, розтертого в рідкому азоті та центрифугували при +4°C за 14 000 г протягом 15 хв. Після центрифугування супернатант переносили у чисту центрифужну пробірку, додавали 500 мкл дистильованої води та 1,5 мл 0,5% тіобарбітурової кислоти в 20% трихлороцтовій кислоті. Проби добре перемішували, закривали гумовими пробками та інкубували на киплячій водяній бані протягом 30 хв. Після інкубації проби доводили

96% ацетоном до 3 мл та охолоджували на льоду протягом 10 хв. Далі проби центрифугували протягом 10 хв при 3000 g, після чого переносили надосадову рідину у чисті пробірки. Паралельно готували холосту контрольну пробу без додавання рослинного матеріалу.

Оптичну густина отриманих проб визначали на спектрофотометрі СФ-46 (Ленінград) за довжин хвиль 440, 532 та 600 нм і розраховували вміст ТБАКП, як описано у роботі Ду та ін. (Du and Bramlage, 1992).

Результати та обговорення. Першим кроком у вивченні гострого стресу була розробка умов експерименту, за яких можливо досягти швидкого надходження іонів ВМ до рослин. Враховуючи, що коренева система є бар'єром, який перешкоджає надходженню іонів ВМ до пагонів (Кабата-Пендіас и Пендіас, 1989), для експериментів було застосовано рослини із відокремленою кореневою системою.

Отримані результати показали, що за інкубації на середовищі із додаванням хлориду кадмію вже через 2 години від початку експерименту у тканинах листків накопичуються іони кадмію у порівняно високих концентраціях (рис. 1). При цьому, при використанні найменшої концентрації 0,1 мМ вміст іонів Cd²⁺ у листках *A. thaliana* ставав навіть у 1,5 рази вище, ніж в інкубаційному середовищі.

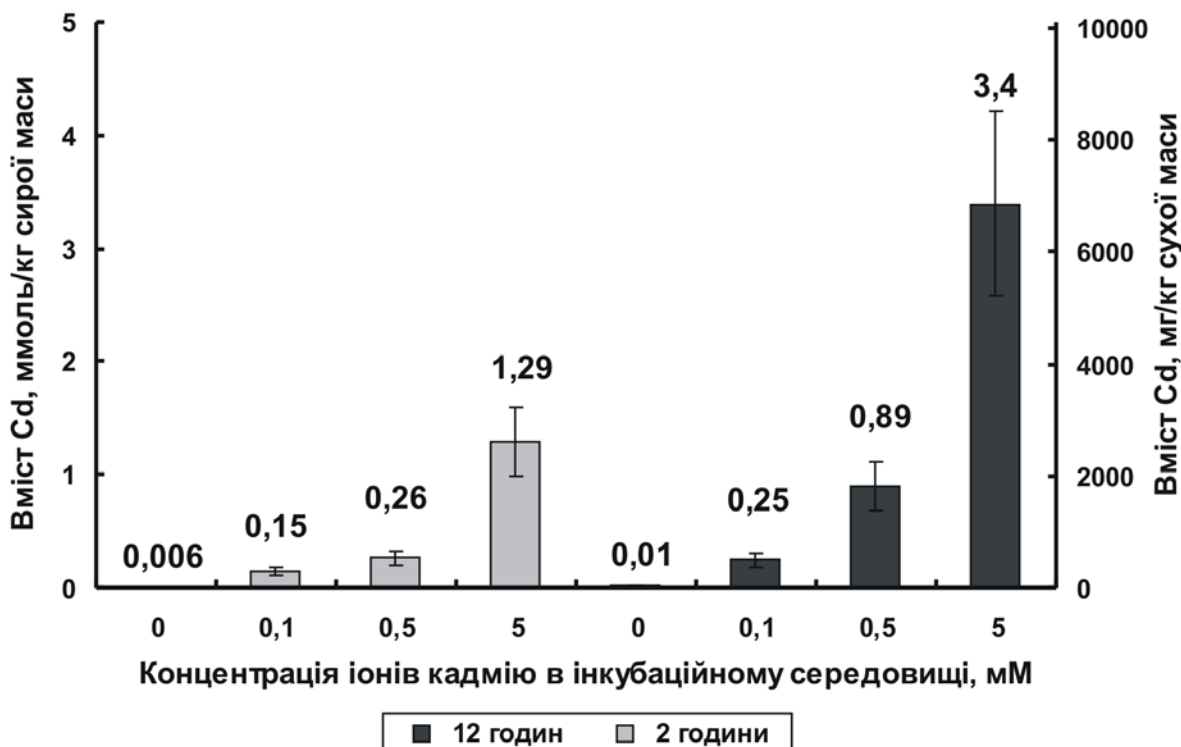


Рис. 1. Накопичення іонів кадмію у листках *A. thaliana* за дії різних концентрацій хлориду кадмію. Різниця у вмісті іонів кадмію між контрольними та дослідними рослинами достовірна у всіх варіантах обробки

Fig. 1. The accumulation of cadmium ions in leaves of *A. thaliana* by the action of various concentrations of cadmium chloride. The difference in the content of cadmium ions between control and experimental plants credible in all variants processing

При збільшенні часу обробки до 12 годин спостерігалось подальше накопичення іонів ВМ. Зокрема, при використанні для обробки 0,1 та 0,5 мМ хлориду кадмію концентрація цих іонів у листках *A. thaliana* ставала в 2,5 рази вище, ніж у середовищі. І лише при використанні 5 мМ розчину концентрація іонів Cd^{2+} у тканинах була на третину нижче, ніж у середовищі. Для порівняння вкажемо, що при вирощуванні вкорінених експлантів в культурі *in vitro* концентрація іонів Cd^{2+} у тканинах рослин прямо пропорційно залежала від їх концентрації у поживному середовищі і при використанні найвищої концентрації 0,39 мМ через 4 тижня від початку обробки сягла 0,6 мМ для листків картоплі і 0,2 мМ для листків сливи (Рогозинський и др., 1998). Отже, застосування для досліджень рослин з відокремле-

ною кореневою системою дійсно дозволяє досягти швидкого надходження до листків іонів Cd^{2+} у високих концентраціях.

Дослідження впливу накопичення іонів Cd^{2+} у тканинах листа на вміст ТБКАП показало, що в умовах 2 годинного стресу відбувалось зростання вмісту ТБКАП на 27% за дії хлориду кадмію у концентрації 0,5 мМ та на 52% – за дії 5 мМ (рис. 2). При цьому, концентрація токсиканта у листках становила 0,26 та 1,29 ммоль/кг сирової маси. Згідно з попередніми дослідженнями нашої лабораторії, накопичення іонів Cd^{2+} у листках у концентрації 0,2-0,6 мМ є токсичним і викликає суттєві порушення росту й розвитку та загибель рослин (Рогозинський и др., 1998). Відповідно, складається враження, що активація ПОЛ є компонентом токсичної дії іонів Cd^{2+} .

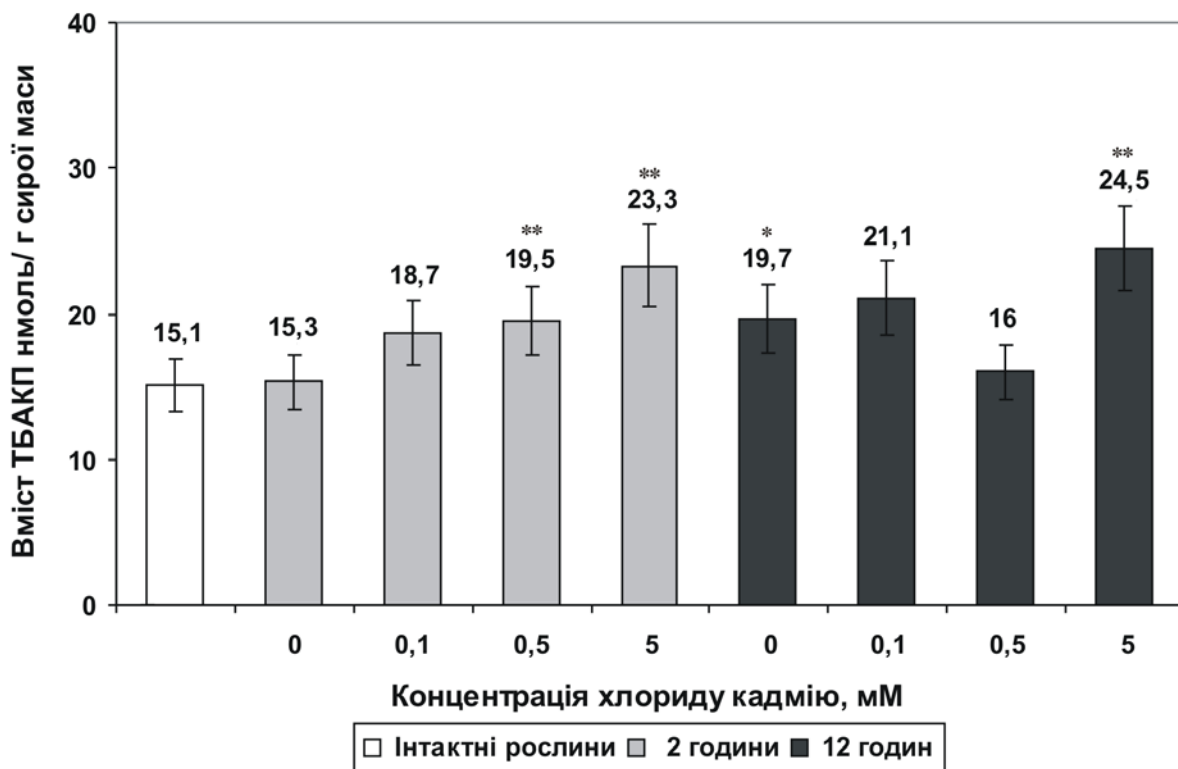


Рис. 2. Вміст ТБКАП у листках *A. thaliana* за дії різних концентрацій хлориду кадмію протягом 2 та 12 годин

Примітка: * – різниця у порівнянні з інтактними рослинами достовірна; ** – різниця у порівнянні з контрольними рослинами достовірна ($p < 0,05$)

Fig. 2. The content of TBARS in leaves of *A. thaliana* by the action of various concentrations of cadmium chloride for 2 and 12 hours

Note: * – the difference compared with intact plants reliable ** – difference compared with control plants significant ($p < 0,05$)

В умовах 12 годинного стресу спостерігалось зростання рівня ТБКАП на 24% лише за дії хлориду кадмію у концентрації 5 мМ. Отже, за дії іонів Cd^{2+} збільшення часу стресового впливу не супроводжувалось підсиленням ПОЛ, що можна пояснити активацією захисних механізмів. Одним з таких механізмів може бути синтез фітохе-

латинів, оскільки з літератури відомо, що Cd^{2+} є ефективним індуктором їх синтезу (Clemens et al., 1999; Cobbett, 2000).

В контрольній групі рослин, які інкубувались протягом 12 годин на середовищі MS без додавання хлориду кадмію відмічено підвищення вмісту ТБКАП у обох досліджуваних лініях на 26%, порі-

вняно з інтактними рослинами. Це може свідчити про те, що відокремлення кореневої системи та подальше інкубування надземної частини на поживному середовищі у темряві є, свого роду, стресом, що призводить до метаболічних змін, в тому числі – до активації ПОЛ.

Відомо, що в умовах довготривалої дії іонів Cd^{2+} на рослини вміст ТБКАП зростає залежно від часу вирощування та концентрації (Dixit et al., 2001; John et al., 2007; Metwally et al., 2005; Paradiso et al., 2008). Але існують і протилежні дані. Так, при вирощуванні проростків *Cucumis sativus* протягом 10 днів на середовищі, що містило 100 мкм Cd^{2+} вміст ТБКАП знижувався на 10%. Проте, підвищення концентрації до 400 та 1000 мкм призводило до зростання вмісту ТБКАП. Вважається, що активація ПОЛ за дії іонів ВМ є наслідком збільшення рівню H_2O_2 у клітині (Verma et al., 2008).

Отже, в наших експериментах в умовах швидкого надходження високих концентрацій іонів Cd^{2+} до листків 5 тижневих рослин *A. thaliana* спостерігається ефект, аналогічний до вищеописаних – зростання концентрації ВМ у клітині зумовлює збільшення рівня ТБКАП. Таке зростання вмісту ТБКАП може бути, зокрема, пов'язано зі зниженою активністю антиоксидантних ферментів внаслідок оксидативної інактивації в умовах досліду. Зокрема, раніше нами було показано, що активність каталази у листках *A. thaliana* зменшується зі зростанням концентрації іонів кадмію (Долиба та ін., 2010).

Висновки. Розроблена схема досліду дозволяє протягом короткого часу (2 год.) досягти накопичення високих концентрацій іонів Cd^{2+} у тканинах листків арабідопсису. При цьому, при накопиченні іонів Cd^{2+} у концентраціях, які є токсичними для рослин, відмічено активацію ПОЛ. Відповідно, можна вважати, що зростання рівня АФК та активація ПОЛ є компонентом токсичної дії кадмію.

Список літератури:

1. Долиба І.М., Кузь І.В., Панчук І.І. Вплив іонів кадмію на активність каталази *Arabidopsis thaliana* (L.) Heunh // Біол. системи – 2010. – Т. 2, №1. – С. 22–26.
2. Долиба І.М., Волков Р.А., Панчук І.І. Активність каталази та аскорбат пероксидази у *Cat2* нокаутного мутанта *Arabidopsis thaliana* за дії іонів кадмію // Вісник Укр. тов-ва генетиків і селекціонерів. – 2011. – Т. 9, №2. – С. 200–209.
3. Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях. – М.: Мир, 1989. – 439 с.
4. Лушак В.І., Багнюкова Т.В., Лушак О.В. Показники оксидативного стресу. 1. Тиобарбітуратактивні продукти і карбонільні групи білків // Укр. біохім. журн. – 2004. – Т. 76, №3. – С. 136–141.
5. Рогозинский М.С., Шелифост А.Е., Костышин С.С., Волков Р.А. Действие ионов тяжелых металлов на растения в культуре *in vitro* // Физиол. биохим.

- культури растений. – 1998. – Т. 30, №6. – С. 465–471.
6. Шемет С.А., Феденко В.С. Накопичення фенольних сполук у проростках кукурудзи за токсичної дії іонів кадмію // Физиология и биохимия культ. растений. – 2005. – Т. 37, №6. – С. 505–511.
7. Apel K., Hirt H. Reactive oxygen species: metabolism, oxidative stress, and signal transduction // Annu. Rev. Plant Biol. – 2004. – Vol. 55. – P. 373–399.
8. Benavides M.P., Gallego S.M., Tomaro M.L. Cadmium toxicity in plants // Plant Physiol. – 2005. – Vol. 17. – P. 21–34.
9. Cho U., Seo N. Oxidative stress in *Arabidopsis thaliana* exposed to cadmium is due to hydrogen peroxide accumulation // Plant Sci. – 2004. – Vol. 168. – P. 113–120.
10. Clemens S., Kim E.J., Neumann D. Tolerance to toxic metals by a gene family of phytochelatin synthases from plants and yeast // EMBO J. – 1999. – Vol. 18. – P. 3325–3333.
11. Cobbett C.S. Phytochelatin and their roles in heavy metal detoxification // Plant Physiol. – 2000. – Vol. 123. – P. 825–832.
12. Desikan R., Hancock J.T., Neil S.J. Oxidative stress signaling / In H. Hirt and K. Shinozaki (eds), Plant responses to abiotic stress: topic in current genetics. – Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 2003. – P. 121–148.
13. Dixit V., Pandey V., Shyam R. Differential antioxidative responses to cadmium in roots and leaves of pea (*Pisum sativum* L. cv. Azad) // J. Exp. Bot. – 2001. – Vol. 52, №358. – P. 1101–1109.
14. Du Z., Bramlage Z. Modified thiobarbituric acid assay for measuring lipid oxidation in sugar-rich plant tissue extracts / J. Agricult. Food Chemistry. – 1992. – Vol. 40. – P. 1566–1570.
15. Foyer C., Noctor G. Redox homeostasis and antioxidant signaling: a metabolic interface between stress perception and physiological responses // Plant Cell. – 2005. – Vol. 17. – P. 1866–1875.
16. John R., Ahmad P., Gadgil K., Sharma S. Heavy metal toxicity: Effect on plant growth, biochemical parameters and metal accumulation by *Brassica juncea* L. // Internat. J. Plant Product. – 2009. – Vol. 3, №3. – P. 65–75.
17. Metwally A., Safronova V.I., Belimov A.A., Dietz K.-J. Genotypic variation of the response to cadmium toxicity in *Pisum sativum* L. // J. Exp. Bot. – 2005. – Vol. 56, №409. – P. 167–178.
18. Møller I.M., Jensen P. E., Hansson A. Oxidative modifications to cellular components in plants // Annu. Rev. Plant Biol. – 2007. – Vol. 58. – P. 459–481.
19. Mori I.C., Schroeder J.I. Reactive oxygen species activation of plant Ca^{2+} channels. A signaling mechanism in polar growth, hormone transduction, stress signaling, and hypothetically mechanotransduction // Plant Physiology. – 2004. – Vol. 135. – P. 702–708.
20. Panchuk I.I., Volkov R.A., Schoffl F. Heat stress-induced H_2O_2 is required for effective expression of heat shock genes in *Arabidopsis* // Plant Mol. Biol. – 2006. – Vol. 61. – P. 733–746.
21. Paradiso A., Berardino R., de Pinto M.C., di Toppi L.S., Storelli M.M., Tommasi F., de Gara L. In-

- crease in ascorbate-glutathione metabolism as local and precocious systemic responses induced by cadmium in durum wheat plants // *Plant Cell Physiol.* – 2008. – Vol. 49, №3. – P. 362–374.
22. Romero-Puertas M.C., Palma J.M., Gomez M., Sandalio L.M. Cadmium causes the oxidative modification of proteins in pea plants // *Plant. Cell Environ.* – 2002. – Vol. 25. – P. 677–686.
 23. Romero-Puertas M.C., Palma J.M., Gomez M., Sandalio L.M. Cadmium-induced subcellular accumulation of O₂ and H₂O₂ in pea leaves // *Plant. Cell Environ.* – 2004. – Vol. 27. – P. 1122–1134.
 24. Schutzendubel A., Schwanz P., Teichmann T., Gross K. Cadmium-induced changes in antioxidative systems, hydrogen peroxide content, and differentiation in scots *Pine* roots // *Plant Physiol.* – 2001. – Vol. 127. – P. 887–898.
 25. Shah K., Nongkynrih J.M. Metal hyperaccumulation and bioremediation // *Biologia Plantarum.* – 2007. – Vol. 51. – P. 618–634.
 26. Slesak I., Libik M., Karpinska B. The role of hydrogen peroxide in regulation of plant metabolism and cellular signaling in response to environmental stresses // *Acta Biochim. Polonica.* – 2007. – Vol. 54, №1. – P. 39–50.
 27. Verma K., Shekhawat G.S., Sharma A. Cadmium induced oxidative stress and changes in soluble and ionically bound cell wall peroxidase activities in roots of seedling and 3-4 leaf stage plants of *Brassica juncea* (L.) czern. – 2008. – Vol. 27, №7. – P. 1261–1269.
 28. Ünyayar S., Celik A., Özlem F., Gözel A. Cadmium-induced genotoxicity, cytotoxicity and lipid peroxidation in *Allium sativum* and *Vicia faba* // *Mutagenesis.* – 2006. – Vol. 21. – P. 77–81.

RAPID ACCUMULATION OF THE IONS IN LEAVES OF ARABIDOPSIS ACTIVATES THE MEMBRANE LIPID PEROXIDATION

I.M. Doliba, A.G. Dolzhitska, I.I. Panchuk

The accumulation of highly toxic cadmium ions in plants results in numerous primary and secondary metabolic alterations. In order to shed a light on primary changes induced in the cell by cadmium we applied experimental design that allows rapid intake of the ions in arabidopsis leaves. Accordingly, accumulation of cadmium ions in high concentration occurred already after 2 hour of treatment. Cadmium content in leaves correlated with concentration of cadmium chloride applied and duration of treatment. After 2 hour, accumulation of cadmium ions in concentration of 1,3 mM lead to activation of membrane lipid peroxidation, which seems to be a consequence of inactivation of antioxidative enzymes. In this case the content of TBARS was 52% higher comparing to control samples. In contrast, after 12 hour of treatment in spite of further accumulation of metal ions the content of TBARS was only 24% higher than in control indicating activation of plant protective mechanisms.

Keywords: accumulation of metals, cadmium, lipid peroxidation, Arabidopsis thaliana.

Отримано редколегією 10.07.2012

СЕЗОННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ АКТИВНОСТИ АМИНОТРАСФЕРАЗ В ПЕЧЕНИ НЕКОТОРЫХ ЧЕРНОМОРСКИХ РЫБ

И.И. Дорохова

Институт биологии южных морей им. А.О. Ковалевского НАН Украины,
проспект Нахимова, 2, Севастополь, 99011, АР Крым, Украина, mireni@bk.ru

Исследовали влияния смены сезонов на активность аминотрасфераз в печени 3 видов черноморских рыб. Установлено, что характер сезонных колебаний является видоспецифичным, и, по-видимому, может зависеть от многих факторов: температуры воды, нереста и других биотических и абиотических составляющих, а также изменения уровня антропогенной нагрузки на прибрежные акватории.

Ключевые слова: морской ерш, спикара, ставрида, печень, аминотрасферазы, сезоны, Черное море.

Введение. Скорость многих метаболических процессов пойкилотермных животных, в том числе и рыб, характеризуются зависимостью скорости многих метаболических процессов от температуры окружающей среды. В природе рыбы обладают своего рода терморегуляцией, т.е. способны выбирать оптимальные температуры и избегать субоптимальных (Голованов, 2012; Armoig, 1991). Тем не менее, эта способность может быть изменена различными факторами (сезон, фотопериод, возраст, интенсивность света, соленость, болезни, питание, загрязнение среды обитания) (Baird, Krueger, 2003; Ward et al., 2010). Под воздействием химических соединений, влияющих на функции мозга, терморегуляция искажается. Это приводит к тому, что рыба будет оставаться в субоптимальных температурах, что способствует увеличению риска физиологических повреждений и даже смерти (Saadat et al., 2005; Martinez-Porchas et al., 2011).

В связи с этим, исследование биохимических показателей гидробионтов, отражающих их состояние в различные сезоны, представляет определенный интерес. Целью данного исследования является анализ активности аминотрасфераз (аланинаминотрасфераза (АлАт) и аспаратаминотрасфераза (АсАт)), ферментов, активность которых характеризует направленность белкового обмена и состояние многих органов, в печени некоторых черноморских видов рыб в прибрежной зоне г. Севастополя (Черное море).

Объекты и методы. Объектами исследования служили: морской ерш (*Scorpaena porcus* L.), спикара (*Spicara flexuosa* (Rafinesque)) и ставрида (*Trachurus mediterraneus* (Staindachner)) – виды-доминанты данного региона Черного моря. Материалом являлась печень, полученная при стандартном биологическом анализе и замороженная при -20°C до проведения биохимических исследова-

ний. Активность аминотрансфераз определяли по методу Райтмана-Френкеля с использованием стандартных наборов «Філісіт» – «АсАт» и «АлАт». К 0,04 мл гомогената добавляли 0,2 мл субстратно-буферного раствора и оставляли на 1 час при комнатной температуре, после этого приливали 0,2 мл стоп-реактанта (2,4-динитрофенилгидразин) и инкубировали еще 20 минут. Затем добавляли 2 мл гидроксида натрия 0,4 N. Через 10 минут измеряли оптическую плотность исследуемой пробы против холостой (индивидуальной для каждого образца) при длине волны 500-530 нм. Коэффициент де Ритиса рассчитывали как отношение активности АсАт к активности АлАт (Каталог..., 2010). Активность ферментов вычисляли в пересчете на концентрацию общего белка. Содержание общего белка определяли согласно методу Лоури (Lowry et al., 1956).

Сравнительный анализ данных осуществляли с использованием t-критерия Стьюдента. Различия между сравниваемыми рядами считали достоверными и статистически значимыми при $p \leq 0,05$ (Лакин, 1990).

Результаты и обсуждение. Полученные результаты активности АсАт, АлАт и коэффициента де Ритиса представлены на рис. 1.

В печени морского ерша минимальная активность аминотрасфераз была установлена весной. Летом наступало резкое повышение активности, затем наблюдался небольшой спад осенью и зимой. Иная картина получена для спикары: максимальный уровень активности ферментов показан весной, летом активность снижается более чем в 5 раз, и несколько повышается в осенне-зимний период. В печени ставриды активность ферментов высока и весной, и летом, однако снижается к зиме.

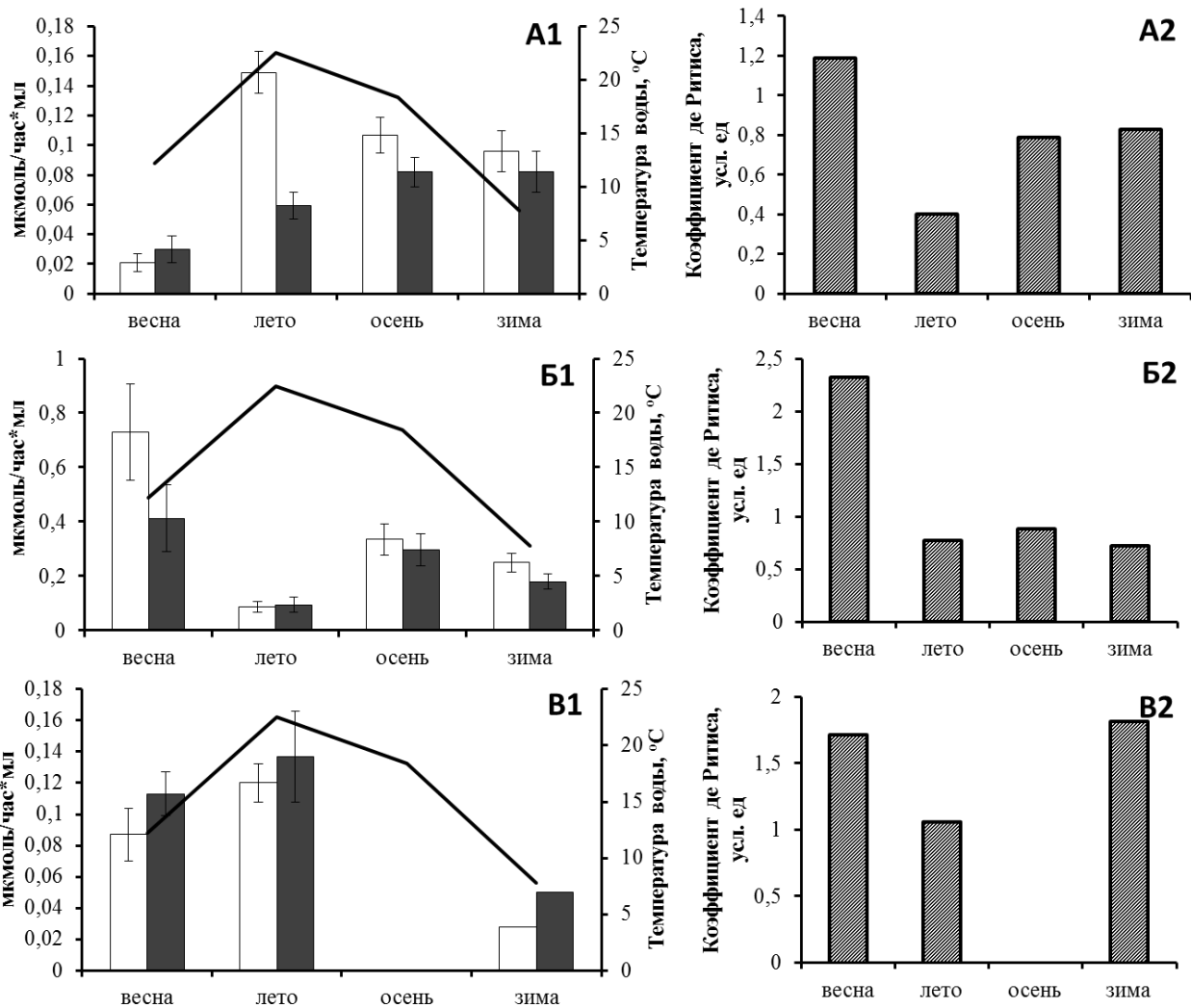


Рис. 1. Сезонная динамика активности аминотрансфераз (1) и коэффициента де Ритиса (2) в печени черноморских рыб (А- морской ерш, Б-спикара, В-ставрида)

Fig. 1. Seasonal dynamics of aminotransferase activity (1) and the coefficient of de Ritis (2) in the liver of black-and-sea fish (A-scorpion fish, B-picarel, B-horse mackerel)

Все исследованные виды относятся к летне-нерестящим и увеличение активности аминотрансфераз в теплое время года является закономерным на фоне усиления общего метаболизма. Высокие значения активностей ферментов в печени спикары (весна), ерша (лето), ставрида (весна и лето) в это время могут говорить об интенсивных процессах соматического роста и гаметогенеза.

Очевидно, что гормональный статус самок и самцов меняется в зависимости от стадии репродуктивного цикла, и, следовательно, меняется и состояние других ферментных систем. Наступающий в весенне-летний период нерест, несомненно, оказывает сильное влияние на синтез и функционирование многих ферментов печени, в том числе и аминотрансфераз. Тем не менее, в крови линя (Svobodova et al., 2001) и карпа (Svobodova et al., 2000) не установлено отличий в

течение репродуктивного цикла активности ферментов. Однако у лососевых рыб в период нереста активность аминотрансфераз в крови возрастает в 3-6 раз (Luskova 1997a, Luskova 1997 b). В крови хариуса (*Thymallus thymallus*) (Шавовб, 1989) и тканях обыкновенного длиннопорого сома (*Clarias batrachus*) (Srivastava et al., 1999) активность аминотрансфераз выше в период нереста по сравнению с пред- и посленерестовым периодами. Предполагают, что в период нереста гонады являются основным поставщиком аминотрансфераз. Более того, показано, что во всех тканях обыкновенного длиннопорого сома в период нереста, помимо стандартных цитозольной и митохондриальной форм АсАт, появляется еще одна – дополнительная анионная цитозольная АсАт (Srivastava et al., 1999).

Связь аминотрансфераз печени и гонад, по-видимому, является древней. У родственника

предков всех хордовых – ланцетника (*Branchiostoma belcheri*) – АлАт присутствует только в печеночном дивертикуле и гонадах и отсутствует в мышцах и других тканях, в которых обнаруживается у других хордовых, в том числе и у рыб. АлАт, как и вителлогенин, синтезируется в печени и потом транспортируется в гонады, где участвует в их созревании (Lin-Min Lun et al., 2006). Роль аминотрансфераз в развитии гонад показана и для рыб. В семенниках кеты активность ферментов была в 1,6-2 раза выше, нежели в яичниках. Это объясняется тем, что развитие яичников в период морского нагула данного вида близко к завершению вителлогенеза, в то время как семенники характеризуются началом активного сперматогенеза, в процессе которого отмечают интенсивные процессы переаминирования (Самсонова, 2002).

Обращает на себя внимание тот факт, что летом активность аминотрансфераз в печени спикары существенно снижена. Причиной этого, как уже упоминалось ранее, может быть возрастающая в этот период антропогенная нагрузка на прибрежные акватории. Под воздействием нитритов в жабрах, печени и коже африканского сома активность АлАт существенно возрастала при 35 °С по сравнению с 27 °С, в то время, как активность АсАт падала, тогда как в отсутствие токсиканта активность обоих ферментов возрастала незначительно (Ajani et al., 2011). Исследование активности аминотрансфераз в крови африканского сома из загрязненных неорганическими токсикантами и условно чистой акватории показало, что активность АлАт несколько возрастает в обоих водоемах в летний период, а активность АсАт падает. Но в акватории, испытывающей более сильный антропогенный прессинг, сезонные колебания активности были выражены значительно сильнее: активность АсАт у рыб в загрязненной акватории снижается более чем на 76%, в то время как в чистой – только на 31% (Adham, 2002). Подтверждением повышенного действия токсикантов и увеличение нагрузки на печень, как на основной орган детоксикации, в летнее время является снижение значений коэффициента де Ритиса у ерша, спикары и ставриды.

Помимо нереста и температуры, еще одним важным фактором, обуславливающим сезонные изменения, является обеспеченность пищей. В крови лягушки, питающейся естественной пищей, показана минимальная активность как АлАт, так и АсАт, в то время как у особей, питающихся сбалансированным кормом с определенным уровнем белка, содержащем червей, мальков рыб, активность ферментов выше. Повышение активности ферментов в крови в дан-

ном случае говорит о перегрузке гепатоцитов, вследствие питания не соответствующей пищей (Corpo et al., 2001-2002). В крови белуги (*Huso huso*) активность АлАт была максимальной при содержании 2% фосфолипидов в пище, а АсАт – 4% (Ebrahimnezhadarabi et al., 2001). Эти данные позволяют понять, что необходимо учитывать и смену пищевых организмов исследуемых видов в течение сезонов. Виды, представленные в нашем исследовании, являются, в основном, хищниками или обладателями смешанного типа питания и, следовательно, мало зависят от бурного развития водорослей, сопровождающего повышение температуры. Однако, соотношение белков, жиров и углеводов может изменять восприимчивость рыб к различного рода повреждениям. Следовательно, потребление в пищу рыб и других гидробионтов, питающихся водорослями, косвенно может оказывать влияние на многие ферментные системы хищных рыб. Авторами получены данные, показывающие разницу пиков активности антиоксидантных ферментов у хищных и травоядных рыб в теплое время года (Tong Qiu et al., 2007).

Выводы. Таким образом, активность аминотрансфераз в тканях морского ерша, спикары и ставриды подвержена сезонным колебаниям биотических и абиотических факторов, однако, существенное влияние оказывают и изменения антропогенной нагрузки на прибрежные акватории в течение года. В связи с этим, мониторинговые исследования состояния акваторий следует проводить в единый сезон, если же проводятся долговременные исследования, необходимо учитывать сезонные колебания активности аминотрансфераз в печени исследованных видов.

Список использованной литературы:

1. Голованов В.К. Эколого-физиологические закономерности распределения и поведения пресноводных рыб в термоградиентных условиях / Автореферат дис. ... док. биол. наук: 03.02.06. – Москва, 2012. – 46 с.
2. Каталог инструкций. Диагностические наборы реактивов для клинических, биохимических и микробиологических исследований. – Днепрпетровск: ООО НПП «Филисит-диагностика», 2005. – 199 с.
3. Лакин Р.Ф. Биометрия. – М: Высшая школа, 1990. – 352 с.
4. Самсонова М.В. Аланин- и аспартатаминотрансферазы как индикаторы физиологического состояния рыб / Дис. ... канд. биол. наук: 03.00.04. – Москва, 2002. – 166 с.
5. Adham K.G. Sublethal effects of aquatic pollution in Lake Maryūt on the African sharpooth catfish, *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822) // J. Appl. Ichthyol. – 2002. – 18. – P. 87–94.
6. Ajani F., Emikpe B.O., Adeyemo O.K. Histopathological and enzyme changes in *Clarias*

- garipepinus* (Burchell, 1822) exposed to nitrite at different water temperature // Nature and Science. – 2011. – 9 (5). – P. 119–124.
7. Armour C. Guidance for evaluating and recommending temperature regimes to protect fish / Biological Report U.S. Fish and Wildlife Service. Fort Collins, CO. – 1991. – 90 (22). – 13 p.
 8. Baird O.E., Krueger C.C. Behavioral thermoregulation of brook and rainbow trout: comparison of summer habitat use in an Adirondack River, New York / Transactions of the American Fisheries Society. – 2003. – 132. – P. 1194–1206.
 9. Coppo J.A., Mussart N.B., Fioranelli S.A. Physiological variation of enzymatic activities in blood of bullfrog, *Rana catesbeiana* (Shaw, 1802) // Rev-Vet. – 2001-2002. – 12/13. – P. 22–27.
 10. Ebrahimnezhadarabi M., Saad C.R., Harmin S.A., Kamal M., Satar A., Kenari A.A. Effects of phospholipids in the diet on biochemical factors of sturgeon fish (*Huso-huso*) juveniles // Afr. J. Biotech. – 2011. – Vol. 10 (42). – P. 8511–8516.
 11. Hlavova V. Enzyme activities in the blood plasma of grayling, *Thymallus thymallus* (Linn.), in the breeding season // J. Fish Biol. – 1989. – Vol. 34. – Issue 5. – P. 779–789.
 12. Li-Min Lun, Shi-Cui Zhang, Yu-Jun Liang. Alanine aminotransferase in Amphioxus: presence, localization and Up-regulation after acute lipopolysaccharide exposure // J. of Biochem. and Molecular Biol. – 2006. – Vol. 39. – № 5 – P. 511–515.
 13. Lowry O.H., Rosebrough N.J., Farr A.L., Randall R.J. Protein measurement with the Folin phenol reagent // J. Biol. Chem. – 1951. – V. 193. – P. 265–275.
 14. Luskova V. Annual cycles and normal values of hematological parameters in fishes / Acta Sc. Nat. Brno. – 1997. – 31. – P. 70.
 15. Luskova V. Influence of spawning on enzyme activity in the blood plasma of fish // Pol. Arch. Hydrobiol. – 1997. – 44. – P. 57–66.
 16. Martínez Porchas M., Hernandez Rodriguez M., Davila Ortiz J., Villa Cruz V., Ramos Enríquez J.R. A preliminary study about the effect of benzo[a]pyrene (BaP) injection on the thermal behavior and plasmatic parameters of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) acclimated to different temperatures // Pan-American J. Aqua. Sci. – 2011. – 6 (1). – P. 76–85.
 17. Saadat K.S., OrShea E., Colado M.I., Elliot J.M., Green A.R. The role of 5-HT in the impairment of thermoregulation observed in rats administered MDMA („ecstasy“) when housed at high ambient temperature // Psychopharmacology. – 2005. – 179. – P. 884–890.
 18. Srivastava A.S., Oohara I., Suzuki T., Singh S.N. Activity and expression of aspartate aminotransferase during the reproductive cycle of a fresh water fish, *Clarias batrachus* // Fish Phys. Bioch. – 1999. – Vol. 20. – № 3. – P. 243–250.
 19. Svoboda M., Luskova V., Kouril J. The effect of sex on selected blood plasma indices of adult common carp (*Cyprinus caprio* L.) during hormonally induced artificial reproduction / Proc. 4th Czech Ichthyol. Conf., USB RIFCH Vodarany. – 2000. – P. 249–252.
 20. Svoboda M., Kouril J., Hamackova, Kalab P., Savina L., Svobodova Z., Vykusova B. Biochemical profile of blood plasma of tench (*Tinca tinca* L.) during pre- and postspawning period // Acta vet. Brno. – 2001. – 70. – P. 259–268.
 21. Tong Qui, Ping Xie, Zhixin Ke, Li Li, Longgen Guo. In situ study on physiological and biochemical response of four fishes with different trophic levels to toxic cyanobacterial blooms in a large Chinese lake // Toxicon. – 2007. – 50 (3). – P. 365–376.
 22. Ward A.J.W., Hensor E.M.A., Webster M.M., Hart P.J.B. Behavioral thermoregulation in two freshwater fish species // J. of fish Biol. – 2010. – 76. – P. 2287–2298.

SEASONAL CHANGES IN AMINOTRANSFERASE ACTIVITY IN THE LIVER OF SOME BLACK SEA FISH

I.I. Dorohova

Seasonal fluctuations of aminotransferase activity in the liver of three species of Black Sea fish were studied. It was shown that these enzymes activity varied and differently depended on the type of fish, it also depend on spawning period, water temperature and other biotic and abiotic factors. Probably aminotransferase activity is strongly influenced by changes in the anthropogenic impact in coastal waters throughout the year.

Key words: scorpion fish, picarel, horse mackerel, liver, aminotransferase, seasons, Black Sea.

Отримано редколегією 30.06.2012

ВПЛИВ ГЛЮКОЗИ ТА ФРУКТОЗИ НА АКТИВНІСТЬ ГЛЮТАТІОНРЕДУКТАЗИ ТА ГЛЮКОЗО-6-ФОСФАТДЕГІДРОГЕНАЗИ ДРІЖДЖІВ *SACCHAROMYCES CEREVISIAE*

Л.М. Лозінська

Кафедра біохімії та біотехнології, Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника, Івано-Франківськ 76025, Україна; e-mail: l.lozinska@ukr.net

*Досліджено активність глутатіонредуктази та глюкозо-6-фосфатдегідрогенази у дріжджів *S. cerevisiae* за умов росту культур чи їх інкубації у присутності глюкози та фруктози різних концентрацій. Встановлено, що активність даних ензимів була вищою в умовах обмеження калорій, а також на окремих етапах культивування клітин на фруктозі. Це може свідчити про стимуляцію глутатіонового циклу за росту *S. cerevisiae* на фруктозі та за умов голодування. Водночас, стрес, зумовлений інкубацією дріжджів з 10% розчинами глюкози та фруктози, не виявив істотних відмінностей між клітинами *S. cerevisiae* щодо активностей досліджуваних ферментів.*

*Ключові слова: глюкоза, фруктоза, глутатіонредуктаза, глюкозо-6-фосфатдегідрогеназа, *Saccharomyces cerevisiae*.*

Вступ. Глікація (*glycation*) це нуклеофільна взаємодія карбонільних груп, так званих, агентів глікації та аміногруп білків, нуклеїнових кислот чи ліпідів (Cho et al., 2007; Thornalley et al., 1999). Найактивнішими агентами глікації є речовини з двома та більше карбонільними групами, які ще називають активними карбонільними сполуками (АКС). Зростання концентрації АКС та накопичення кінцевих продуктів глікації (КПГ) може викликати розвиток карбонільного стресу, який призводить до метаболічних порушень, різноманітних захворювань, а також пришвидшує старіння (Miyata et al., 1999). Одними з найпоширеніших агентів глікації є відновні вуглеводи, серед яких – глюкоза та фруктоза (Lee et al., 2009). Та якщо роль глюкози у реакціях глікації добре відома, то участь фруктози у цьому процесі вивчена недостатньо. Зокрема, актуальним є порівняння впливу глюкози та фруктози на систему антиглікаційного захисту. Відомо, що карбонільний стрес супроводжується розвитком оксидативного стресу і навпаки (Miyata et al., 1999). Оскільки реакція глікації призводить до формування активних форм кисню (АФО) і посилення генерації АКС, часто застосовують поняття "глікооксидация" (*glycoxidation*), яке підкреслює тісний зв'язок процесів окислення та карбонілювання (Kalaros, 2008; Lee et al., 2009). Про існування такого взаємозв'язку свідчить той факт, що деякі дикарбонільні сполуки, зокрема гліюксаль та метигліюксаль, одночасно належать до продуктів пероксидного окислення ліпідів та АКС (Cho et al., 2007; Kalaros et al., 2008). Відомо, що відновлений глутатіон бере участь у захисті клітин від карбонільного, а також оксида-

тивного стресу. Глутатіонредуктаза (ГР, КФ 1.6.4.2) підтримує необхідний рівень відновленої форми глутатіону, використовуючи НАДФН+Н⁺ (Díaz-Flores et al., 2006; Jamieson, 1998; Lushchak, 2012). Водночас, глюкозо-6-фосфатдегідрогеназа (Г6ФДГ, КФ 1.1.1.49) забезпечує відповідний рівень відновного коферменту НАДФН+Н⁺ в клітині, необхідного, зокрема, для відновлення глутатіону (Díaz-Flores et al., 2006; Salati and Amir-Ahmady, 2001). З огляду на зазначене вище, метою роботи було вивчення впливу глюкози та фруктози різних концентрацій на активності ГР та Г6ФДГ.

Об'єкт і методи. В дослідженнях використовували штам *Saccharomyces cerevisiae* YPH250 (дикий тип, *MATa trp1-Δ1 his3-Δ200 lys2-801 leu2-Δ1 ade2-101 ura3-52*) та реактиви фірм Sigma-Aldrich Chemical Co. (США), Fluka (Німеччина), а також вітчизняного виробництва класу не нижче ч.д.а.

Дріжджі вирощували при 28°C на шейкері (175 коливань за хвилину) в живильному середовищі, яке містило 2% пептону, 1% дріжджового екстракту та 0,5%, 2% чи 4% глюкози або фруктози. Для створення стресу, індукованого вуглеводами високих концентрацій, дріжджі вирощували протягом доби в живильному середовищі, яке містило 2% пептону, 1% дріжджового екстракту та 1% сахарози. Після чого, клітини відмивали від середовища та переносили у 10% розчин глюкози або фруктози для інкубації при 28°C на шейкері.

Активність ферментів визначали в безклітинних екстрактах дріжджів спектрофотометричним методом при температурі 25°C. Активність ГР

визначали, реєструючи окислення НАДФН+Н⁺, а активність Г6ФДГ – реєструючи відновлення НАДФ⁺ при довжині хвилі 340 нм, як було описано раніше (Байляк и др., 2006). Концентрацію білка визначали за методом Бредфорда (Bradford, 1976). Статистичну обробку отриманих даних здійснювали за допомогою комп'ютерної програми "Mynova" та критерію Стьюдента (Brooks, 1992).

Результати та їх обговорення. Для культивування дріжджів зазвичай використовують 2% глюкозу (Burhans and Weinberger, 2009; Байляк и др., 2006). Ріст у присутності 0,5% та 4% моносахаридів, відповідно, моделює обмеження калорій та гіперглікемічні умови (Smith et al., 2007; Lin et al., 2004).

Як показано на рисунку 1, активність глутатіонредуктази зростала з часом росту культур. Водночас, за умов їхнього росту у присутності 2% та 4% вуглеводів спостерігалось значне зниження активності даного ензиму на 5-ту добу (~20% від значень, отриманих на 3-тю добу). Це може свідчити про зниження потенціалу даної системи захисту при старінні культур. При 0,5% вмісті вуглеводів подібного зниження активності ензиму не спостерігалось. Слід зазначити, що активність ГР була вищою при рості у присутності фруктози за 0,5% вмісту вуглеводів у 1,7 рази на 3-тю добу росту, а за 2% вмісту вуглеводів у 1,3 та 1,1 рази на, відповідно, 14-ту годину та 3-тю добу росту.

Активність Г6ФДГ подібним чином зростала при виході культур на стаціонарну фазу росту та знижувалася на 5-ту добу відносно 1-ї та 3-ї діб (рис. 2). За 0,5% вмісту вуглеводів даний показник на 1-шу та 3-тю доби росту клітин був, у середньому, в 1,3 рази вищим при рості на фруктозі. За вищих концентрацій вуглеводів активність Г6ФДГ теж була вищою при рості у присутності фруктози, в середньому, у 1,2 рази на 14-ту годину та 3-тю добу за 2% вмісту вуглеводів, а також на 1-шу добу росту за 4% вмісту. Аналіз отриманих даних свідчить про зростання активностей обох ензимів за умов обмеження калорій. Відомо, що за низької концентрації вуглеводів клітини дріжджів активніше дихають, що стимулює формування АФО, тому захисні механізми клітин працюють інтенсивніше і забезпечують кращу адаптивну відповідь клітин до інших стресових факторів. Нещодавно нами було показано, що обмеження вуглеводів сповільнює ріст дріжджів, супроводжується низькою динамікою запасання глікогену, а також не виявляє суттєвих відмінностей між показниками старіння, карбонільного та оксидативного стресів у клітинах, які ростуть на глюкозі і фруктозі (Лозінська, Семчишин, 2011).

При порівнянні 2% та 4% вмісту вуглеводів у середовищі росту, зміна активностей ГР та Г6ФДГ у часі була схожою. Цікаво, що протягом росту дріжджів за 2% та 4% вмісту глюкози чи фруктози між досліджуваними ферментами спостерігався тісний взаємозв'язок ($R^2=0,7$). Це свідчить про важливу роль обох ферментів у підтриманні життєздатності дріжджів за даних умов.

В попередніх дослідженнях було отримано результати, що свідчать про вищу метаболічну активність і вищий вміст α -дикарбонільних сполук та окислених протеїнів у клітинах, вирощених на 2% та 4% фруктозі, порівняно з клітинами, які культивували на глюкозі (Semchyshyn et al., 2011). У даному дослідженні при порівнянні впливу глюкози та фруктози на активності ГР та Г6ФДГ достовірна різниця між клітинами, вирощеними на глюкозі і фруктозі, була отримана лише на деяких етапах росту. Проте, у всіх цих випадках величини активностей ензимів були вищими у клітинах, вирощених на фруктозі. Можна припустити, що ріст *S. cerevisiae* на фруктозі інтенсивніше стимулює роботу глутатіонового циклу, ніж ріст культур на глюкозі. Відновлений глутатіон завдяки системі гліоксалаз (КФ 4.4.1.5 та КФ 3.1.2.6) бере участь у знешкодженні гліоксалу та метилгліоксалу (Pompella et al., 2003; Jamieson, 1998; Lushchak, 2012). Безпосередню участь у знешкодженні АКС бере і НАДФН+Н⁺. Так, у дріжджів функціонує альдозоредуктазний шлях, в якому метилгліоксаль за участю ензиму альдозоредуктази (ЕС 1.1.1.21) та НАДФН+Н⁺ знешкоджується до 1,2-пропандіолу (Aguilera and Prieto, 2001; Kalapos, 1999). Також, НАДФН+Н⁺ може використовуватися для детоксикації іншої α -дикарбонільної сполуки – 3-деоксиглюкозону (Thornalley et al., 1999).

На наступному етапі досліджень клітини дріжджів інкубували у присутності 10% концентрацій моносахаридів. Відомо, що зростання рівня вуглеводів в крові людини може мати цитотоксичний вплив, однією з причин якого є пошкодження клітинних компонентів внаслідок глікації (Lee et al., 2009; Niedowicz, 2006; Dong et al., 2010). На рисунку 3 представлено активність ГР та Г6ФДГ у клітинах, інкубованих з 10% розчинами вуглеводів. У якості контролю, використовували 10% розчин лактози, яку дріжджі не ферментують. Активність ГР зростала у 1,4 рази на 1-шу та 3-тю доби інкубації клітин із розчинами глюкози та фруктози (рис. 3А). Водночас, за інкубації з розчином лактози активність ГР знижувалася протягом усього часу. Цікаво, що інкубація з глюкозою та фруктозою призводила до зниження активності Г6ФДГ в усіх дослідних варіантах (рис. 3Б).

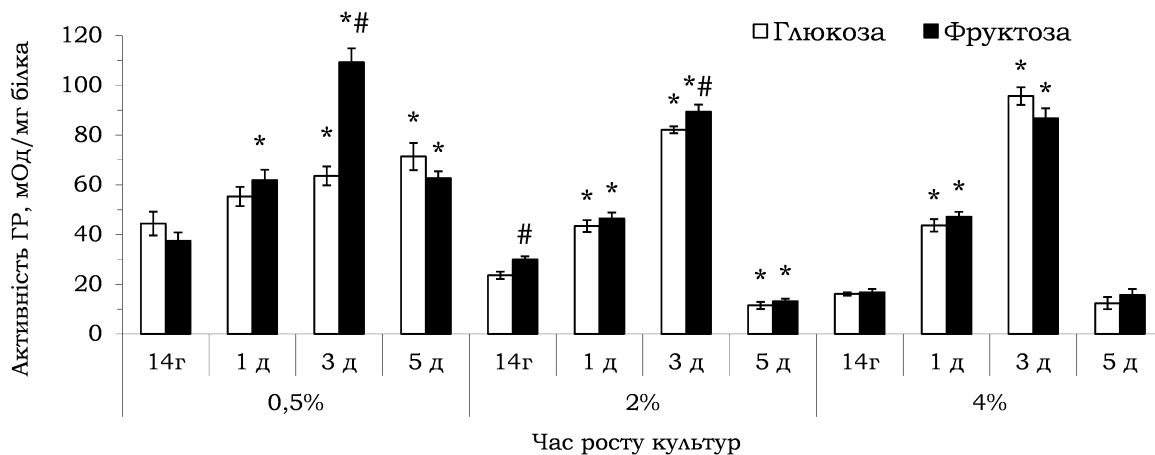


Рис. 1. Активність глутатіонредуктази в клітинах дріжджів за умов росту з 0,5%, 2% та 4% вмістом глюкози чи фруктози у живильному середовищі. *Вірогідно відмінне від відповідних значень на 14-ту годину росту; # Вірогідно відмінне від відповідних значень, отриманих на глюкозі, з $P < 0,05$, $n = 4-8$

Fig. 1. The activity of hlyutationreduktase in yeast cells under conditions of growth of 0.5%, 2% and 4% glucose or fructose in nutrient environment. * Probably different from the corresponding values at the 14th hour of growth; # Probably different from the corresponding values obtained on glucose, with $P < 0,05$, $n = 4-8$

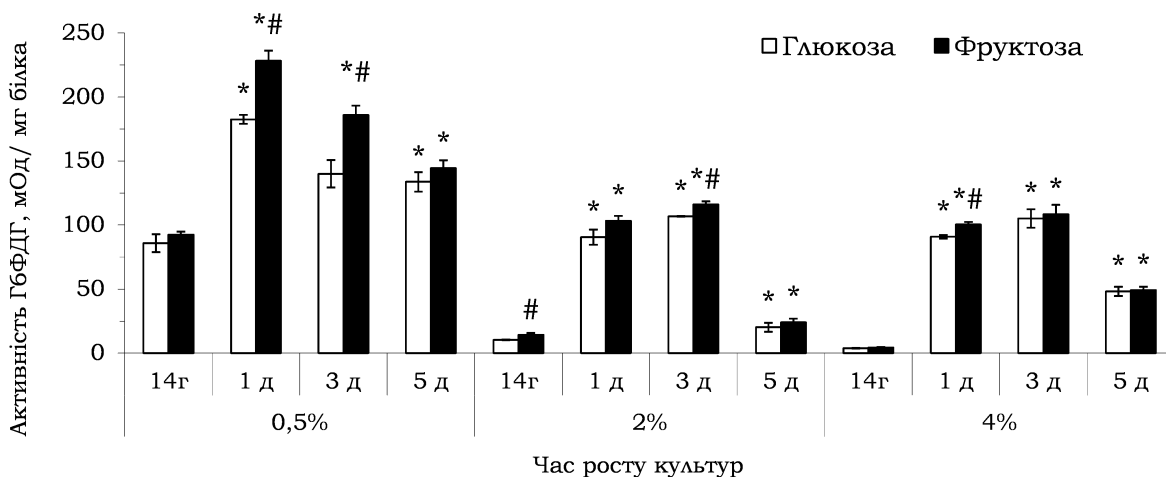


Рис. 2. Активність глюкозо-6-фосфатдегідрогенази в клітинах дріжджів за умов росту з 0,5%, 2% та 4% вмістом глюкози чи фруктози у живильному середовищі. *Вірогідно відмінне від відповідних значень на 14-ту годину росту; # Вірогідно відмінне від відповідних значень, отриманих на глюкозі, з $P < 0,05$, $n = 4-8$

Fig. 2. The activity of glucose-6-phosphate dehydrogenase in yeast cells under conditions of growth of 0.5%, 2% and 4% glucose or fructose in the culture medium. * Probably different from corresponding values at the 14th hour of growth; # Probably different from the corresponding values obtained on glucose, with $P < 0,05$, $n = 4-8$

Для прикладу, на 5-й день експерименту активність Г6ФДГ знижувалася у 3,4 рази, у порівнянні з контролем, незалежно від типу вуглеводу. На 1-шу добу інкубації активність даного ферменту була у 1,4 рази нижчою при інкубації клітин із розчином фруктози, у порівнянні з інкубацією із розчином глюкози.

Зміна активності ГР внаслідок обробки клітин 10% розчинами вуглеводів була відмінною від зміни активності Г6ФДГ з часом інкубації. Це

узгоджується з результатами Díaz-Flores та колег (2006) які показали, що в печінці та підшлунковій залозі щурів зміна активності ГР та Г6ФДГ залежить від інтенсивності гіперглікемії та може відрізнятися. З іншого боку, припускають, що фермент Г6ФДГ задіяний у захисті клітин від сублетального стресу. Зокрема, відомо, що Г6ФДГ чутлива до рівня вуглеводів у клітинах і високі концентрації вуглеводів могли знижувати

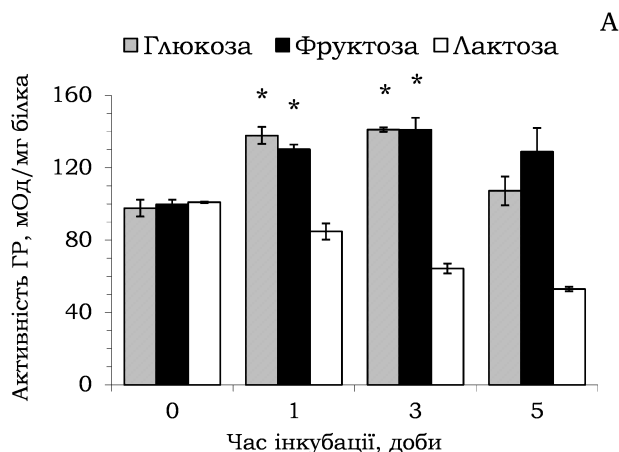


Рис. 3. Активність глутатіонредуктази (А) та глюкозо-6-фосфатдегідрогенази (Б) у клітинах дріжджів, інкубованих з 10% розчинами вуглеводів. *Вірогідно відмінне від відповідних значень у клітинах без інкубації; #Вірогідно відмінне від відповідних значень, отриманих на глюкозі, з $P < 0,05$, $n = 4$

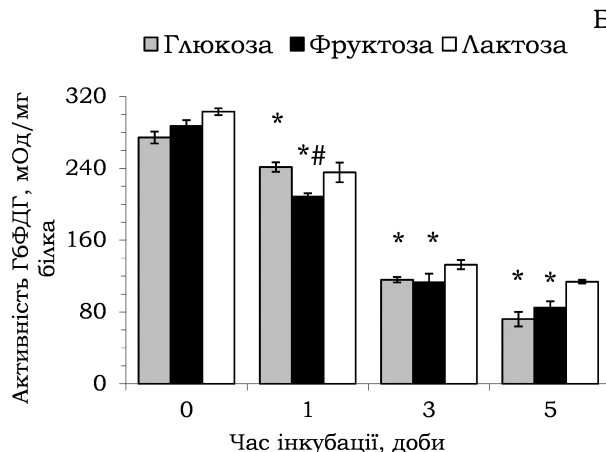


Fig. 3. The activity of hlyutationreduktase (A) and glucose-6-phosphate dehydrogenase (B) in yeast cells incubated with 10% solutions of carbohydrates. * Probably different from corresponding values in cells without incubation; # Probably different from the corresponding values obtained for glucose, with $P < 0,05$, $n = 4$

Висновки. Зміна активності досліджуваних ензимів з часом росту залежала від концентрації вуглеводів у середовищі культивування. Показники активностей ГР та Г6ФДГ були вищими на окремих фазах росту у присутності фруктози, в порівнянні з глюкозою. В умовах обмеження калорій (0,5%) активність ГР та Г6ФДГ була вищою, ніж при рості культур дріжджів за 2% та 4% вмісту вуглеводів. Протягом росту культур за 2% та 4% вмісту вуглеводів спостерігалось зниження активності ГР та Г6ФДГ на 5-ту добу росту, що узгоджується з нашими попередніми даними про старіння культур за даних експериментальних умов (Semchyshyn et al., 2011; Лозінська, Семчишин, 2011). При культивуванні клітин *S. cerevisiae* спостерігається тісний взаємозв'язок між зміною активностей досліджуваних ензимів. З іншого боку, подібного зв'язку за умов стресу, індукованого 10% розчинами моносахаридів, не виявлено.

Список літератури:

1. Байляк М.М., Семчишин Г.М., Лушак В.И. Влияние перекиси водорода на активности антиоксидантных ферментов *Saccharomyces cerevisiae* зависит от особенностей штаммов // Биохимия (Москва). – 2006. – Т. 71, №9. – С. 1243–1253.
2. Лозінська Л.М., Семчишин Г.М. Фруктоза як фактор розвитку карбонільного і оксидативного стресів та прискореного старіння дріжджів *Saccharomyces cerevisiae* // Укр. біохім. журн. – 2011. – Т. 83, №4. – С. 67–76.
3. Aguilera J., Prieto J.A. The *Saccharomyces cerevisiae* aldose reductase is implied in the metabolism of

methylglyoxal in response to stress conditions // Curr. Genetics. – 2001. – Vol. 39, №5-6. – P. 273–283.

4. Bradford M.M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding // Anal. Biochem. – 1976. – Vol. 72, №1-2. – P. 248–254.
5. Brooks S.P. A simple computer program with statistical tests for the analysis of enzyme kinetics // BioTechniques. – 1992. – Vol. 13, №6. – P. 906–911.
6. Burhans W.C., Weinberger M. Acetic acid effects on aging in budding yeast: are they relevant to aging in higher eukaryotes? // Cell Cycle. – 2009. – Vol. 8, №14. – P. 2300–2302.
7. Cho S.-J., Roman G., Yeboah F., Konishi Y. The road to advanced glycation end products: a mechanistic perspective // Curr. Med. Chem. – 2007. – Vol. 14, №15. – P. 1653–1671.
8. Díaz-Flores M., Ibáñez-Hernández M.A., Galván R.E., Gutiérrez M, Durán-Reyes G, Medina-Navarro R. et al. Glucose-6-phosphate dehydrogenase activity and NADPH/NADP+ ratio in liver and pancreas are dependent on the severity of hyperglycemia in rat // Life sciences. – 2006. – Vol. 78, №22. – P. 2601–2607.
9. Dong Q., Yang K., Wong S.M., O'Brien P.J. Hepatocyte or serum albumin protein carbonylation by oxidized fructose metabolites: Glyceraldehyde or glycolaldehyde as endogenous toxins? // Chem.-Biol. Interact. – 2010. – Vol. 188, №1. – P. 31–37.
10. Jamieson D.J. Oxidative stress responses of the yeast *Saccharomyces cerevisiae* // Yeast. – 1998. – Vol. 14, №16. – P. 1511–1527.
11. Kalapos M.P. The tandem of free radicals and methylglyoxal // Chem.-Biol. Interact. – 2008. – Vol. 171, №3. – P. 251–271.

12. Lee O., Bruce W.R., Dong Q., Bruce J., Mehta R., O'Brien P.J. Fructose and carbonyl metabolites as endogenous toxins // *Chem.-Biol. Interact.* – 2009. – Vol. 178, №1-3. – P. 332–339.
13. Lin S.S., Manchester J.K., Gordon J. I. Enhanced gluconeogenesis and increased energy storage as hallmarks of aging in *Saccharomyces cerevisiae* // *Biochem. J.* – 2001. – Vol. 276, №38. – P. 36000–36007.
14. Lushchak V.I. Glutathione Homeostasis and Functions: Potential Targets for Medical Interventions // *Amino Acids.* – 2012. – P. 1–26
15. Pompella A., Visvikis A., Paolicchi A., De Tata V., Casini A.F. The changing faces of glutathione, a cellular protagonist // *Biochem. Pharmacol.* – 2003. – Vol. 66, №8. – P. 1499–1503.
16. Salati L.M., Amir-Ahmady B. Dietary regulation of expression of glucose-6-phosphate dehydrogenase // *Annu. Rev. Nutr.* – 2001. – Vol. 21, №1. – P. 121–140.
17. Semchyshyn H.M., Lozinska L.M., Miedzobrodzki J., Lushchak V.I. Fructose and glucose differentially affect aging and carbonyl/oxidative stress parameters in *Saccharomyces cerevisiae* cells // *Carbohydr. Res.* – 2011. – Vol. 346, №7. – P. 933–938.
18. Smith D.L., Jr., McClure J.M., Matecic M., Smith J.S. Calorie restriction extends the chronological lifespan of *Saccharomyces cerevisiae* independently of the Sirtuins // *Aging Cell.* – 2007. – Vol. 6, №5. – P. 649–662.
19. Thornalley P.J., Langborg A., Minhas H.S. Formation of glyoxal, methylglyoxal and 3-deoxyglucosone in the glycation of proteins by glucose // *Biochem. J.* – 1999. – Vol. 344, Pt 1. – P. 109.

THE EFFECT OF DIFFERENT CONCENTRATION GLUCOSE AND FRUCTOSE ON THE GLUTATHIONE REDUCTASE AND GLUCOSE-6-PHOSPHATE DEHYDROGENASE ACTIVITIES IN *SACCHAROMYCES CEREVISIAE*

L. Lozinska

Glutathione reductase and glucose-6-phosphate dehydrogenase were investigated in S. cerevisiae cells grown on different concentrations of glucose and fructose. It was found that the activities of enzymes were higher under caloric restriction conditions and at some phases of yeast growth in fructose-supplemented media. The data obtained suggest the stimulation of glutathione cycle in S. cerevisiae grown on fructose and under starvation. However, yeast incubation with 10% glucose and fructose did not reveal any essential difference between cells at the level of glutathione reductase and glucose-6-phosphate dehydrogenase activities.

Key words: glucose, fructose, glutathione reductase, glucose-6-phosphate dehydrogenase, Saccharomyces cerevisiae.

Отримано редколегією 09.04.2012

ВПЛИВ ГЕРБІЦИДНОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА АКТИВНІСТЬ ФЕРМЕНТІВ КАТАБОЛІЗМУ КОРОТКОЧАСНОЇ КУЛЬТУРИ КЛІТИН КОРОПА (*CYPRINUS CARPIO L.*)

О.Б. Мехед, С.М. Деркач, О.П. Третяк

Чернігівський національний педагогічний університет імені Т. Г. Шевченка
вул. Гетьмана Полуботка, 53, Чернігів 14037, Україна, mehedOlga@mail.ru

Резюме. Досліджено активність ферментів білих м'язів, печінки та мозку коропа: гліколізу, циклу Кребса і пентозофосфатного шляху у відповідь на токсичну дію гербіцидів у короткочасній культурі клітин. Мета дослідження: з'ясувати вплив гербіцидів різної хімічної будови на активність ферментів катаболізму короткочасної культури клітин коропа (*Cyprinus carpio L.*). Застосовували спектрофотометричні методи дослідження. З'ясовано, що ферменти змінюють свою активність у відповідь на гербіцидний токсикоз, що формує адаптивну відповідь організму риб.

Ключові слова: короп, культура клітин, зенкор, раундап, 2,4-Д – малатдегідрогеназа, ізоцитратдегідрогеназа, лактатдегідрогеназа, глюкозо-6-фосфатдегідрогеназа.

Вступ. В наш час в усьому світі, а, особливо, в Україні дуже різко постала проблема забруднення навколишнього середовища органічними речовинами, які за звичайних умов не розпадаються, або розпадаються дуже повільно. Особливо, це стосується гербіцидів, що мають властивість накопичуватись в живих організмах, що обумовлює важливість виявлення їхнього впливу на біохімічні процеси в живих організмах на різних рівнях організації живої матерії. Внаслідок антропогенного впливу на водойми, риби, як одна з найбільш високоорганізованих груп гідробіонтів, змушені використовувати різноманітні механізми пристосування до змінених умов навколишнього середовища. Попередніми дослідженнями встановлено, що вплив гербіцидів на метаболізм організму риб різноманітний і залежить від багатьох чинників: параметрів середовища, віку риб, пори року, особливостей живлення тощо (Лук'яненко, 1987; Мехед, 2005; Жиденко, 2009). Порівняння змін активності ферментів за дії токсикантів на рівні організму, культури клітин печінки та ферментного препарату печінки, зроблене нами раніше (Деркач та ін., 2011; Яковенко та ін., 2011), дозволило краще зрозуміти механізм адаптації. Актуальність даної роботи полягає в тому, що раніше не було досліджено вплив гербіцидів на біохімічні процеси, що протікають в культурі клітин. *Мета дослідження:* з'ясувати вплив гербіцидів різної хімічної будови на активність ферментів катаболізму короткочасної культури клітин коропа (*Cyprinus carpio L.*).

Матеріал і методи дослідження. Об'єктом дослідження слугувала культура клітин дворічного коропа (*Cyprinus carpio L.*). Період адаптації риб до лабораторних умов утримання складав 3 доби. Температурний режим води відповідав природному, коливався в межах 8–15°C. Корот-

кочасну культуру клітин печінки, білих м'язів та мозку одержували обробкою трипсином та ЕД-ТА з додаванням глюкози. Токсиканти вносились у вигляді розчинів у кількості, що відповідала 2 гранично допустимим концентраціям (2,4-Д - 0,2 мг/; зенкор - 0,2 мг/дм³; раундап - 0,004 мг/дм³), експозиція 3 години. Досліджували лактатдегідрогеназу (ЛДГ) (Biochemica information, 1975) та глюкозо-6-фосфатдегідрогеназу (Г-6-ФДГ) активність у цитоплазматичній фракції, а ізоцитратдегідрогеназу (ІЦДГ) та малатдегідрогеназу (МДГ) активність (Biochemica information, 1975) – у мітохондріальній фракції. Вміст білку в ферментативних препаратах визначали за методом Лоурі і співавторів (Lowry et al., 1951). Статистична обробка результатів проводилася загальноприйнятими методами за стандартними комп'ютерними програмами, а вірогідне розходження між середніми арифметичними величинами визначали за допомогою t-критерію Стьюдента. Відмінності між порівнюваними групами вважали вірогідними при * - P < 0,05.

Результати та їх обговорення. Порівнюючи активність ферментів у культурах клітин різних органів, можна зробити висновок про значно нижчі показники активності обох досліджуваних ферментів циклу Кребса (рис. 1, 2) у печінці (0,020±0,003 мкмоль NADP/мг білку за хв. для ІЦДГ та 0,040±0,007 мкмоль NAD/мг білку за хв. для МДГ) порівняно з даними показниками в культурі клітин білих м'язів (0,038±0,001 мкмоль NADP/мг білку за хв. та 0,076±0,014 мкмоль NAD/мг білку за хв. для обох ферментів відповідно). В той же час активність ензимів у культурі клітин, одержаних із мозку, майже не відрізняється від такої у біологічному препараті, виготовленому безпосередньо з нервової тканини коропа (Яковенко та ін., 2011) і становить

0,017±0,001 мкмоль NADP/мг білку за хв. для ІЦДГ та 0,018±0,002 мкмоль NAD/мг білку за хв. для МДГ.

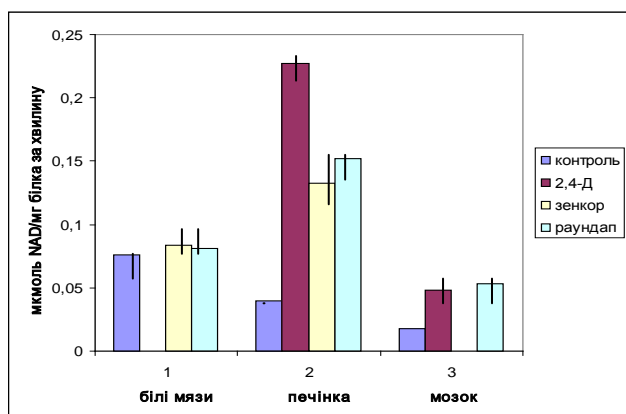


Рис. 1. Активність МДГ в короточасній культурі клітин різних органів коропа за дії гербіцидного токсикозу, мкмоль NAD / мг білка за хвилину ($M \pm m$, $n=5$)

Fig. 1. MDH activity in short-term culture of cells of different organs of carp from herbicide toxicity, $\mu\text{mol NAD} / \text{mg protein per minute}$ ($M \pm m$, $n=5$)

Вивчаючи вплив гербіцидного токсикозу на активність ізоцитратдегідрогенази культури клітин коропа (рис. 2), спостерігали залежність ензиматичної відповіді від хімічної структури гербіциду. Так, за дії 2,4-Д активність ферменту м'язів та печінки взагалі не відмічено. У культурі клітин, одержаній з мозку риб, гербіцид викликає активацію ензиму на 41%. Вплив зенкору проявляється у збільшенні активності ІЦДГ у клітинах усіх тканин, однак у різному ступені: у 11,4; 3,8 та 2,6 разів з печінки, білих м'язів та мозку відповідно. Раундап після трьохгодинної експозиції також викликає активацію ІЦДГ, однак найбільших змін зазнала активність ферменту культури клітин мозку (0,079±0,004 мкмоль NADP/мг білку за хв. проти 0,017±0,001 мкмоль NADP/мг білку за хв. у фізіологічних умовах).

Зміни активності малатдегідрогенази (рис. 1) значною мірою визначаються органом, з якого одержано культуру клітин. Так, у культурі клітин білих м'язів коропа активність МДГ майже не змінюється, порівняно з контролем (0,084±0,012 мкмоль NAD/мг білку за хв. та 0,081±0,023 мкмоль NAD/мг білку за хв. за дії зенкору та раундапу і 0,076±0,014 мкмоль NAD/мг білку за хв. за фізіологічних умов). Виключення становить 2,4-Д – даний гербіцид повністю пригнічує активність ензиму не лише в клітинах м'язів, а й мозку. В короточасній культурі клітин печінки гербіциди викликають активацію ензимів. Найбільший вплив за присутності 2,4-Д (0,227±0,045 мкмоль NAD/мг білку за хв. проти 0,040±0,007 мкмоль NAD/мг білку за хв.). Зенкор та раундап також сприяли активації роботи ферменту в значному ступені (0,133± 0,005 мкмоль NAD/мг біл-

ку за хв. та 0,152± 0,004 мкмоль NAD/мг білку за хв. відповідно).

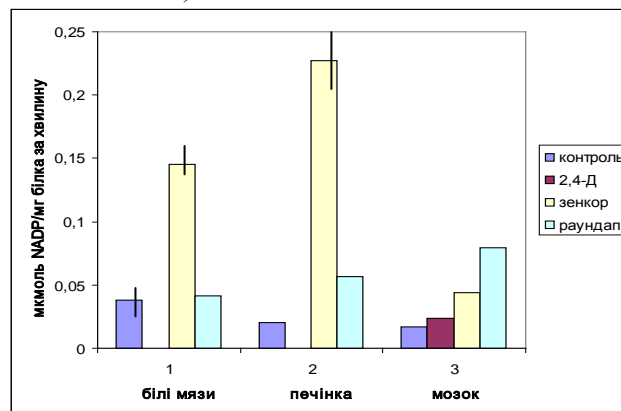


Рис. 2. Активність ІЦДГ в короточасній культурі клітин різних органів коропа за дії гербіцидного токсикозу, мкмоль NADP / мг білка за хвилину ($M \pm m$, $n=5$)

Fig. 2. Activity ITSDH in short-term culture of cells of different organs of carp from herbicide toxicity, $\mu\text{mol NADP} / \text{mg protein per minute}$ ($M \pm m$, $n=5$)

Дослідження токсичного впливу гербіцидів на активність ферментів у організмі коропа (Яковенко та ін., 2011) свідчать про найменшу лабільність лактатдегідрогенази серед досліджуваних ферментів. Це зумовило нашу зацікавленість у перевірці активності даного ензиму за дії гербіцидного токсикозу у короточасній культурі клітин, одержаній з різних органів коропа. В ході експерименту нами було встановлено зміни активності ІЦДГ за дії гербіцидного токсикозу. Як видно з діаграми (рис. 3), 2,4-Д, незалежно від органу, з якого отримано культуру клітин, викликає активацію ферменту, на відміну від інших гербіцидів. Так, вплив зенкору неоднозначний: у культурі клітин білих м'язів і печінки він гальмує діяльність ферменту, а у мозку, навпаки, викликає активацію ІЦДГ у 1,8 разів. Раундап пригнічує активність ферменту: у культурі клітин білих м'язів взагалі не виявлено роботи ІЦДГ, у печінці зменшення активності сягає майже 4 разів. Виключення становить мозок: у культурі клітин, одержаній з даного органу, відмічається активація ферменту у 3 рази, порівняно з контролем. Як правило, ІЦДГ незначно реагує на вплив пестицидів (Мехед, 2005; Яковенко та ін., 2011).

На відміну від ІЦДГ, зміни активності МДГ мають чітко виражені тканинні особливості (рис. 1). Так, у культурі клітин білих м'язів, активність ферменту не виявлено за дії 2,4-Д, а інші токсиканти майже не змінюють досліджуваний показник. У короточасній культурі клітин з печінки і мозку прослідковується значна активація МДГ за дії гербіцидів. Виняток становить активність ферменту у мозку за дії зенкора.

Характеризуючи роботу ІЦДГ, потрібно відмітити, що внесення 2,4-Д в короточасну культуру клітин незначно активує фермент мозку і повністю пригнічує його активність у клітинах

інших тканин. Зенкор і раундап призводять до активації НАДФ - залежної ПДГ, але у різному ступені (рис. 2).

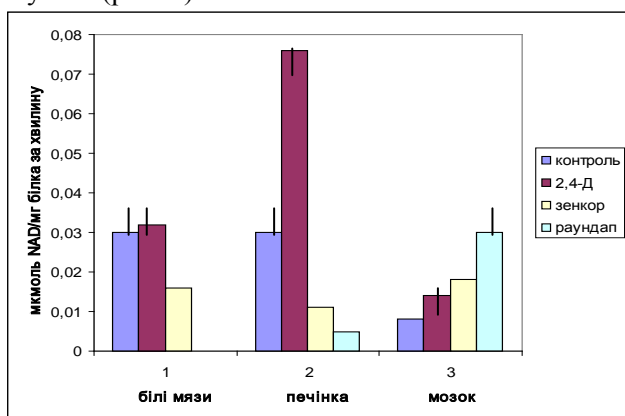


Рис. 3. Активність ЛДГ в короткочасній культурі клітин різних органів коропа за дії гербіцидного токсикозу, мкмоль НАД / мг білка за хвилину ($M \pm m, n=5$)

Fig. 3. LDH activity in short-term culture of cells of different organs of carp from herbicide toxicity, umol NAD / mg protein per minute ($M \pm m, n=5$)

Активність Г-6-ФДГ виявилась чутливою до раундапу (рис. 4).

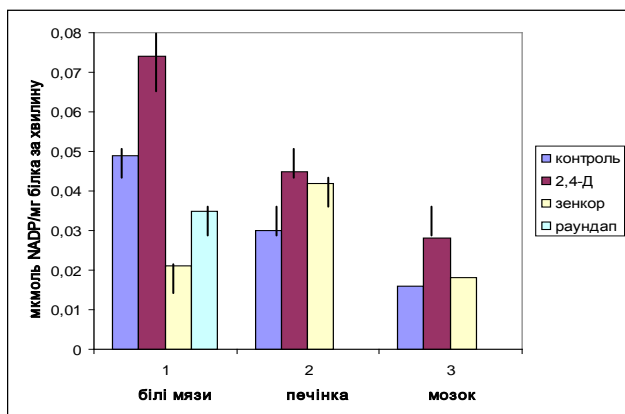


Рис. 4. Активність Г-6-ФДГ в короткочасній культурі клітин органів коропа за дії гербіцидного токсикозу, мкмоль НАДФ / мг білка за хвилину ($M \pm m, n=5$)

Fig. 4. Active glucose-6-phosphate dehydrogenase activity in short-term cell culture of carp for the actions of herbicide toxicity, NADP micromol / mg protein per minute ($M \pm m, n=5$)

Це підтверджується повним пригніченням активності ферменту після трьохгодинної експозиції культури клітин печінки і мозку. 2,4-Д викликає активацію ферменту незалежно від органу, з якого отримано короткочасну культуру клітин.

INFLUENCE OF HERBICIDE LOAD ON THE ENZYME ACTIVITY CATABOLISM OF SHORT-TERM CELL CULTURE CARP (*CYPRINUS CARPIO* L.)

O.B. Mekhed, S.M. Derkach, O.P. Tretiak

The enzyme activity of white muscle, liver and brain carp: glycolysis, Krebs cycle and pentozofosfatnoho way in response to the toxic effects of herbicides in short-term cell culture have been investigated. The aim of our research is to determine the influence of herbicides with different chemical structure of the enzyme activity catabolism of short-term cell culture carp (*Cyprinus carpio* L.). We have used spectrophotometric methods. It was found that enzymes change their activity in response to herbicide toxicosis, which forms the adaptive response of fish.

Keywords: carp, culture, cells, zenkor, roundup, 2,4-D – malate dehydrogenase, izotsytratdehidrohenaza, lactate, glucose-6-phosphate dehydrogenase.

Вплив зенкору має виражений тканинний характер. Відомо, що однією з функцій пентозо – фосфатного шляху є утворення відновлених форм НАДФН+Н⁺ за участю Г-6-ФДГ. Відновлені НАДФН+Н⁺ використовуються у біосинтезі жирів. Останні необхідні організму риб не лише як джерело енергії, а також для біосинтезу глюкози, зокрема в період зимового голодування, коли даний моносахарид відсутній у навколишньому середовищі в період зимівлі.

Висновки. Ізольовані клітини коропа для підтримання сталості власних внутрішніх умов, незалежно від змін у навколишньому середовищі, здатні змінювати активність ферментів, що, ймовірно, дозволяє тканині зберігати цілісність і запобігає проліферації клітин, відокремлених від нормального оточення. Досліджені гербіциди викликають специфічні зміни обміну речовин в тканинах коропа. Досліджувані ферменти змінюють свою активність у відповідь на гербіцидний токсикоз, що формує адаптивну відповідь організму риб.

Список літератури:

1. Деркач С.М., Мехед О.Б., Третьак О.П. Ензиматичні властивості культури клітин коропа за дії гербіцидного токсикозу // Сучасні екологічні проблеми Українського Полісся і суміжних територій (до 25-річчя аварії на ЧАЕС): Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції (26-28 квітня 2011 р.). – Ніжин: ПП Лисенко М.М., 2011. – С. 133–135.
2. Жиденко А.О. Морфологічні адаптації різновікових груп *Cyprinus carpio* L. за несприятливої дії екологічних факторів: Автореферат дис. ... д-ра біол. наук. – Одеса, 2009. – 40 с.
3. Лукьяненко В.И. Экологические аспекты ихтиотоксикологии. – М.: ВО «Агропромиздат», 1987. – 240 с.
4. Мехед О.Б. Вплив пестицидного забруднення водного середовища на іхтіологічні показники та метаболічні перетворення в організмі коропа. Автореф. дис. ... канд. біол. наук: спец. 03.00.10 – «Іхтіологія». – Київ, 2005. – 20 с.
5. Яковенко Б.В., Третьак О.П., Мехед О.Б., Деркач С.М., Чкана Н.В. Активність деяких ферментів у печінці коропа за дії гербіцидів // Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія: Біологія. – 2011. – №2 (47). – С. 233–236.
6. Biochemica information. – W. Germany: Boehringer Mannheim GmbH, Biochemica, 1975. – Bd. 1, 2. – 167 p.
7. Lowry O.H., Rosebrough N.I., Farr A.I., Randal R.I. Determination of enzymes in the liver of the fish // J. Biol. Chem., 1951. – 193, № 1. – P. 265–275.

Отримано редколегією 10.07.2012

ЛІПІДНИЙ СКЛАД ЯДЕР КЛІТИН ПЕЧІНКИ ТА ЗЯБЕР КОРОПА ЗА ДІЇ ЙОНІВ КАДМІЮ

Ю.І. Сенік, Б.З. Ляврін, В.О. Хоменчук, В.З. Курант, В.В. Грубінко

Тернопільський національний педагогічний університет ім. Володимира Гнатюка,
вул. М. Кривоноса, 2, Тернопіль, 46027, Україна, senykjura@rambler.ru

Досліджено зміни вмісту ліпідів у ядрах клітин печінки та зябер коропа за дії допорогової та сублетальної концентрації йонів кадмію. Встановлено, що за впливу токсикантів спостерігаються концентраційнозалежні та тканинспецифічні зміни вмісту окремих фракцій фосфоліпідів: фосфатидилхоліну, лізофосфатидилхоліну, фосфатидилетаноламіну, фосфатидилсерину, фосфатидилінозитолу, сфінгомеліну та кардіоліліну. Показано, що одним з аспектів формування адаптації ядер досліджуваних тканин до дії токсиканту є ущільнення біомембрани внаслідок модуляції її ліпідного складу. Встановлено, що ядра печінки риб проявляють вищу резистентність до впливу Cd^{2+} порівняно з клітинами зябрового епітелію.

Ключові слова: короп, ядра, фосфоліпіди, кадмій.

Вступ. Відомо, що у гідробіонтів сформувався механізми біохімічної адаптації різного ступеня складності, які дозволяють йому успішно пристосовуватися до дії токсикантів (Арсан, 1987). Одним із них є реакція ліпідного метаболізму. Більшість досліджень впливу йонів металів на ліпідний обмін проведено на вищих хребетних тваринах (Финагіна, 1991). Щодо риб, то було досліджено роль ліпідів в адаптації до деяких екологічних факторів (Шульман, Аболмасова и др., 1993). Враховуючи, що йони важких металів можуть проникати із води в організм риб і змінювати спрямованість багатьох обмінних процесів (Sargent, Williamson et al. 1998), предметом цього дослідження було встановлення участі ліпідів печінки та зябер коропа у адаптації його організму до дії різних концентрацій у воді йонів кадмію.

Одним із важливих механізмів регуляції дії металів є структурна перебудова зовнішньої та внутрішньої клітинних мембран (Killian, van Meer, 2001). В цьому контексті становить значний інтерес вивчення фосфоліпідного складу мембран ядер як одного з можливих аспектів підтримання енантіостазу клітини за впливу підвищених концентрацій йонів Cd^{2+} .

Матеріали та методи досліджень. Досліди проведено на дворічках коропа (*Cyprinus carpio* L.) з середньою масою 300-350 г. Риб утримували в акваріумах об'ємом 200 л з відстояною водопровідною водою (вміст O_2 складав $7,5 \pm 0,5$ мг/дм³; CO_2 – $2,5 \pm 0,3$ мг/дм³; рН – $7,8 \pm 0,1$).

Досліджували ліпідний склад мембран ядер за дії йонів кадмію в концентраціях, що відповідали 0,5 та 2,0 рибогосподарським ГДК, відповідно 0,005 і 0,02 мг/дм³ для Cd^{2+} (Беспамятнов, Кро-

тов, 1985). Необхідну концентрацію йонів металу у воді створювали внесенням солі $CdCl_2 \cdot 2,5H_2O$ кваліфікації “х.ч.”.

Період аклімації у риб у токсичних умовах становив 14 діб, що є достатнім для формування адаптивної відповіді на дію стрес-фактору.

Отримання ядер та екстракція ліпідів. Перед виділенням ядер досліджувані тканини гомогенізували в охолоджену розчині такого складу: 0,22 М сахароза, 10^{-4} М ЕДТА та 0,01 М тріс-НСІ (рН 7,2) у співвідношенні 1:5. Використовували глюкозу “чда” та ЕДТА, тріс (“Мерк”, Німеччина). Після центрифугування гомогенату при 2000-2500 об./хв протягом 20 хв одержали осад, який ідентифікували як ядерну фракцію. Виділення здійснено при $+4^\circ C$.

Для екстрагування загальних ліпідів до одержаної фракції ядер додавали хлороформ-метанолу суміш у співвідношенні 2:1 за методом Фолча (Hokin, Nехum, 1992). При цьому, до однієї об'ємної частки ядер додавали 20 частин екстрагуючої суміші і залишали на 12 год. для екстракції. Неліпідні домішки з екстракту видаляли шляхом їх відмивання 1% розчином КСІ (Прохорова, 1982).

Дослідження вмісту фосфоліпідів та їх окремих фракцій. Розділення фосфоліпідів на окремі фракції проводили методом висхідної тонкошарової хроматографії на пластинках “Silufol UV-154” (Копытов, 1983). Перед розгонкою пластинки активували 30 хвилин при температурі $105^\circ C$, обробляли 10% спиртовим розчином фосфорномолібденової кислоти і висушували в потоці теплого повітря протягом 10-15 хвилин. Для визначення фракцій фосфоліпідів пластинки елюювали у суміші хлороформ-метанол-льодяна оцтова кислота-дистильована вода у

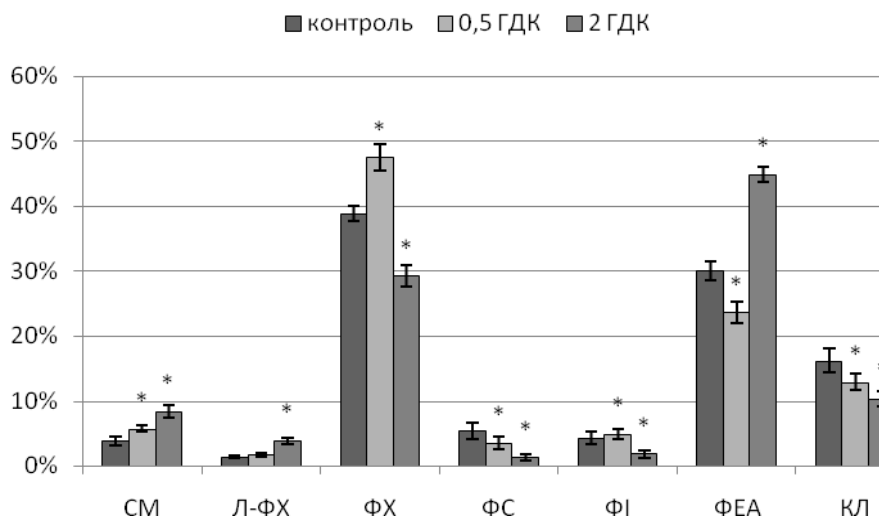
співвідношенні 60:30:7:3. Виявлено наступні фракції фосфоліпідів: лізофосфатидилхолін (Л-ФХ), фосфатидилсерин (ФС), фосфатидилетаноламін (ФЕА), фосфатидилхолін (ФХ), сфінгомієлін (СМ), фосфатиділінозитол (ФІ) та кардіоліпін (КЛ). Хроматограми після висушування проявляли у камері, насиченій парами йоду. Для ідентифікації окремих фракцій використовували очищені стандарти.

Кількісне визначення фосфоліпідів. Кількість фосфоліпідів визначали за методом Васьковського (Vaskovsky, Kastetsky et al., 1985).

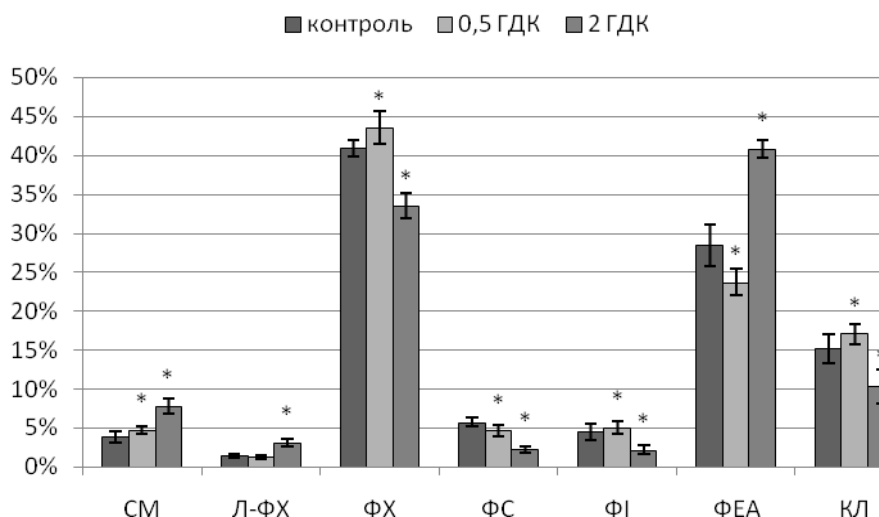
Всі одержані дані оброблено статистично з використанням t-критерію Стьюдента (Лакин, 1990).

Результати досліджень та їх обговорення. Зміни вмісту фосфоліпідів у ядрах гідробіонтів носять концентраційнозалежний та тканиноспецифічний характер (рис. 1).

За дії допорогової концентрації йонів кадмію відзначається дозозалежний характер змін фракційного складу фосфоліпідів у ядрах обох досліджуваних тканин коропа.



а)



б)

Рис. 1. Відносний вміст фосфоліпідів у ядрах зябер (а) та гепатопанкреасу (б) коропа

Примітка: * - різниця дослідних показників щодо контролю статистично достовірна ($p < 0,05$)

Fig. 1. The relative content of phospholipids in gills nuclei (a) and hepatopancreas (B) of carp

Note: * - the difference of experimental parameters to control statistically significant ($p < 0.05$)

В ядрах клітин печінки риб встановлено достовірне зростання вмісту фосфатидилхоліну у 1,14 рази. Опосередкованим підтвердженням інтенсифікації синтезу ФХ є зниження вмісту

діацилгліцеролів, що є його попередниками в холін-фосфатцитидилтрансферазній реакції (DeLong, Qin et al., 2000), та зменшення вмісту лізофосфатидилхоліну, відповідно, у 1,14 рази

(Mukherjee, Miele et al., 1994). Достовірне зростання вмісту іншого холін-вмісного ліпиду у 1,22 рази, можливо, є результатом активації йонами кадмію керамідхолінфосфотрансферази (Albi, Magni, 1999). Відомо, що збільшення кількості сфінгомієліну у складі зовнішнього шару біомембрани сприяє її ущільненню, що викликає

зменшення проникності для йонів металу (Nagar, Hazel, 1985).

Зниження вмісту фосфатидилсерину та фосфатидилетаноламіну, відповідно, у 1,23 та 1,37 рази свідчить про збільшення вмісту фосфоліпідів, що не включаються у метаболічні перетворення (табл. 1).

Таблиця 1
Вміст фосфоліпідів у ядрах зябер та гепатопанкреасу коропа за дії підвищених концентрацій кадмію (мг/г)

	СМ	Л-ФХ	ФХ	ФС	ФІ	ФЕА	КЛ
Зябра							
контроль	0,55±0,09	0,2±0,04	5,55±0,16	0,76±0,18	0,61±0,14	4,28±0,21	2,31±0,26
0,5 ГДК	1,06±0,09*	0,32±0,05*	8,86±0,39*	0,66±0,19*	0,91±0,15*	4,41±0,32	2,41±0,24
2 ГДК	1,37±0,16*	0,64±0,08	4,78±0,26*	0,21±0,07*	0,31±0,09*	7,34±0,19*	1,7±0,19*
Печінка							
контроль	0,47±0,08	0,17±0,03	4,96±0,13	0,7±0,07	0,54±0,13	3,44±0,33	1,84±0,22
0,5 ГДК	0,68±0,07*	0,18±0,04	6,25±0,3*	0,67±0,1	0,95±0,11*	3,39±0,24	2,45±0,19*
2 ГДК	1,13±0,14*	0,45±0,07*	4,88±0,23	0,33±0,06*	0,32±0,09*	5,96±0,18*	1,51±0,32*

Table 1
The content of phospholipids in the nuclei of gills and hepatopancreas of carp for the actions of higher concentrations of cadmium (mg / g)

Зростання кількості фосфатидилінозитулу у 1,76 рази та кардіоліпіну у 1,33 рази можна вважати специфічною відповіддю, яка покликана активувати експресію генів внаслідок зміни, насамперед, концентрації кальцію в нуклеоплазмі, а також супрамолекулярної організації хроматину (Zhdanov, Struchkov et al., 2001), оскільки відомо, що внаслідок безпосередньої взаємодії КЛ з двоспіральною ниткою ДНК відзначається перехід хроматину із структури «соленоїду» до нуклеосомної конформації (Struchkov, Strazhevskaya et al., 2002), внаслідок заміни цим ліпідом гістона H1 (Maraldi, Marinelli et al., 1987).

В ядрах клітин зябрового епітелію спостерігається амбідентний характер дії допорогової концентрації йонів кадмію. Cd²⁺ активує процеси синтезу фосфатидилхоліну у 1,6 рази (p>0,05) за участю холін-фосфатцитидилтрансферази та метилювання фосфатидилетаноламіну (Васьковський, 1997). Про активацію цього шляху продукування фосфоліпиду свідчить достовірне зниження вмісту фосфатидилсерину, що, як попередник, ФЕА (Копытов, 1983) внаслідок декарбонізації поповнює / відновлює його пул. Також встановлено зростання кількості фосфатидилінозитулу у 1,49 рази (p<0,05), що може бути обумовлено зміною активності експресії генів, внаслідок дії на клітини зябер йонів Cd²⁺. Поряд з індукцією йонами кадмію анаболічних перетворень, спостерігається активація ліполізу, підтвердженням чого являється збільшення кількості лізофосфатидилхоліну у 1,6 рази (Exton, 1994).

Відомо, що йони металу здатні активувати фосфоліпазу A₂ (Olivera, Spiegel, 1993), яка каталізує розщеплення фосфатидилхоліну.

Зростання вмісту сфінгомієліну у 1,48 рази (p<0,05), може бути наслідком активації перетворення ФХ у СМ за участю керамідхолінфосфотрансферази (Merrill, Sweely, 1996), що призводить до збільшення мікр'язкості мембрани та, відповідно, зменшення надходження йонів металу в ядра тканин. Збільшення кількості цього фосфоліпиду у складі зовнішньої мембрани ядер сприяє її ущільненню та, відповідно, зменшенню проникності для йонів металу (Nagar, Hazel, 1985).

За дії сублетальної концентрації токсиканту відзначається відмінний характер змін ліпідного складу ядер обох досліджуваних тканин порівняно з впливом допорогової кількості металу. У клітинах зябер та печінки коропа встановлено достовірне зниження вмісту фосфатидилхоліну, відповідно, у 1,33 та 1,22 рази (рис. 1), хоча кількісно цей показник у гепатоцитах коропа практично не відрізняється від контрольних значень (табл. 1). Такі зміни кількості ФХ можуть бути пов'язані, з одного боку, зі зростанням активності фосфоліпаз внаслідок дії йонів кадмію (Wang, van Brocklyn et al., 1999), що підтверджує достовірне збільшення вмісту лізофосфатидилхоліну, відповідно, у зябрах – у 2,78 рази, а у гепатопанкреасі – у 2,22 рази, а з іншого боку – зростанням кількості сфінгомієліну, відповідно, у 2,49 та 2,4 рази (p<0,05), внаслідок можливої активації

церамідхолінфосфотратсфери (Merrill, Sweely, 1996).

Достовірне зростання вмісту фосфатидилетаноламіну у ядрах клітин зябрового епітелію у 1,71 рази та в клітинах гепатопанкреасу у 1,73 рази може бути обумовлене декарбоксилюванням ФС, кількість якого у ядрах досліджуваних тканин риб знижується у 3,62 та 2,12 рази, відповідно, та зниженням активності метилтрансфераз, зменшуючи тим самим продукування ФХ з ФЕА (Васьковський, 1997).

Зниження вмісту фосфатидилінозитулу в зябрах та гепатопанкреасі коропа, відповідно, у 1,97 та 1,69 рази ($p < 0,05$), може бути наслідком активації йонами кадмію фосфоліпази С (Maraldi, Zini et al., 1999). Такі зміни вмісту ФІ у складі мембрани ядер досліджуваних тканин можна розглядати як специфічну адаптивну відповідь на дію токсиканту, бо відомо, що йони важких металів взаємодіють з Ca^{2+} -рецепторами фосфатидилінозитидної сигнальної системи, внаслідок чого відкриваються Ca^{2+} -канали і відбувається їх надходження всередину клітини (Simons, 1986).

Достовірне зниження вмісту кардіоліпіну у ядрах клітин зябер у 1,56 рази та у клітинах гепатопанкреасу – у 1,47 рази можна розглядати як компенсаторну реакцію на дію кадмію, адже відомо, що безпосередня взаємодія цього ліпиду з ДНК сприяє її частковому розкручуванню, що підвищує ризик одноланцюгових розривів та хромосомних аберацій, індукованих АФК (Fotakis, Cemeli et al., 2005). У свою чергу, було показано (Waalkes, Poirier, 1984), що Cd^{2+} безпосередньо не взаємодіють з молекулою ДНК, а їх генотоксичність пов'язують з утворення АФК (Waisberg, Joseph et al., 2003).

Висновки. Йони кадмію індукували структурно-функціональні зміни в мембранах ядер печінки та зябер коропа. Фракційний склад ліпідів змінився залежно від концентрації металу у воді та тканинах риб.

У ядрах клітин зябрового епітелію за впливу обох дослідних концентрацій кадмію, а у печінці риб лише за дії сублетальної концентрації, встановлено достовірне накопичення лізофосфатидилхоліну, що вказує на активацію лізосомальної фосфоліпази A_2 , а накопичення фосфатидилетаноламіну та сфінгомеліну – на активний процес ущільнення нуклеарної мембрани тканин риб. За експозиції допорогової концентрації спостерігається незначна токсична дія металу у клітинах гепатопанкреасу, на що вказує збільшення вмісту лише СМ, що може бути обумовлено зв'язуванням йонів Cd^{2+} металотіонеїнами (Li, Liu et al., 2005).

Таким чином, одержані дані вказують на те, що адаптація ліпідів мембран ядер коропа до дії

йонів кадмію полягає у мобілізації пулу відповідних фосфоліпідів з метою структурної зміни ліпідного бішару в напрямку протидії впливу токсичного фактору.

Список літератури:

1. Арсан О.М. Особенности функционирования основных механизмов энергообеспечения процессов акклимации рыб к абиотическим факторам водной среды: Автореф. дис. ... д-ра биол. наук: 03.00.18 – АН СССР. МГУ им. М.В. Ломоносова. – М., 1987. – 37 с.
2. Беспмятников Г.П., Кротов Ю.А. Предельно допустимые концентрации химических веществ в окружающей среде. Справочник. – Л.: Химия, 1985. – 304 с.
3. Васьковський В.Е. Липиды // Соросовский образовательный журн., 1997. – №3. – С. 32–37.
4. Копытов Ю.П. Новый вариант тонкослойной хроматографии липидов // Экология моря. – 1983. – Вып. 12. – С. 76–80.
5. Лакин Г.Ф. Биометрия: Учебное пособие для биол. спец. вузов. 4-е. изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1990. – 352 с.
6. Прохорова М.И. Методы биохимического исследования – Л.: Изд. ЛГУ, 1982. – 222 с.
7. Финагина О.Л., Печенова Н.В. Холестерин и биологические мембраны. – М.: Мир, 1991. – 134 с.
8. Шульман Г.Е., Аболмасова Т.И., Столбов А.Я. Использование белка в энергетическом обмене гидробионтов // Успехи совр. биол., 1993. – Т. 113, №5 – С. 576–580.
9. Albi E., Magni M.V. Sphingomyelin synthase in rat liver nuclear membrane and chromatin // FEBS Lett., 1999. – Vol. 460. – P. 369–372.
10. DeLong C.J., Qin L., Cui Z. Nuclear localization of enzymatically active green fluorescent protein-CTP: phosphocholine cytidylyltransferase alpha fusion protein is independent of cell cycle conditions and cell types // J. Biol. Chem., 2000. – Vol. 275. – P. 32325–32330.
11. Exton J.H. Phosphatidylcholine breakdown and signal transduction // Biochim. et Biophys. Acta., 1994. – Vol. 1212, №1. – P. 26–42.
12. Fotakis G., Cemeli E., Anderson D., Timbrell J.A. Cadmium chloride-induced DNA and lysosomal damage in a hepatoma cell line // Toxicol. In Vitro, 2005. – Vol. 19. – P. 481–489.
13. Hagar A.F., Hazel J.R. Changes in desaturase and the fatty acid composition of microsomal membranes from liver tissue of thermally acclimating rainbow trout // J. Comp. Physiol., 1985. – Vol. 156B, №1. – P.35–42.
14. Hokin L.E., Hexum T.D. Studies on the characterization of the sodium-potassium transport adenosine triphosphatase IX. On the role of phospholipids in the enzyme // Arch. Biochem and Biophys., 1992 – Vol. 151, №2 – P. 58–61.
15. Killian J.A., van Meer G. The "double life" of membrane lipids // EMBO Reports., 2001. – Vol. 21 – P. 91–95.
16. Li J., Liu Y., Ru B. Effect of metallothionein on cell viability and its interactions with cadmium and zinc in

- HEK 293 cells // *Cell Biol. Int.*, 2005. – Vol. 29. – P. 843–848.
17. Maraldi N.M., Marinelli F., Papa A. et al. Changes in chromatin organization induced by phospholipids // *Basic Appl. Histochem.*, 1987. – Vol. 31. – P. 421–428.
 18. Maraldi N.M., Zini N., Santi S., Manzoli F.A. Topology of inositol lipid signal transduction in the nucleus. // *J. Cell. Physiol.*, 1999. – Vol. 181. – P. 203–217.
 19. Merrill A.H.J., Sweely C.C. Sphingolipid: metabolism and cell signalling. In: *Biochemistry of lipids, lipoproteins and membranes.* (Vance D.E., Vance J.E. eds) // Elsevier Science. – Amsterdam., 1996. – P. 1–34.
 20. Mukherjee A.B., Miele L., Pattabiraman N. Phospholipase A₂ enzymes. Regulation and physiological role // *Biochem. pharmacology.*, 1994. – Vol. 48, №1. – P. 1–10.
 21. Olivera A., Spiegel S. Sphingosine-1-phosphate as second messenger in cell proliferation induced by PDGF and FCS mitogens // *Nature*, 1993. – Vol. 365. – P. 557–560.
 22. Sargent J.R., Williamson I.P., Towse J.B. Metabolism of mevalonic acid in the liver of the dogfish *Scyliorhinus caniculus* // *Biochem. J.*, 1998. – Vol. 117, №2. – P. 24–26.
 23. Simons T.J.B. The role of anion transport in the passive movement of lead across the human red cell membrane // *J. Physiol.*, 1986. – Vol. 378. – P. 287–312.
 24. Struchkov V.A., Strazhevskaya N.B., Zhdanov R.I. Specific natural DNA-bound lipids in post-genome era. The lipid conception of chromatin organization. // *Bioelectrochemistry*, 2002. – Vol. 56. – P. 195–198.
 25. Vaskovsky V.E., Kastetsky E.V., Vasedin I.M. A universal reagent for phospholipids analysis // *J. Chromatogr.*, 1985. – Vol. 114. – P. 129–141.
 26. Waalkes M.P., Poirier L.A. In vitro cadmium–DNA interactions: cooperativity of cadmium binding and competitive antagonism by calcium, magnesium, and zinc // *Toxicol. Appl. Pharmacol.*, 1984. – Vol. 75 – P. 539–546.
 27. Waisberg M., Joseph P., Hale B., Beyersmann D. Molecular and cellular mechanisms of cadmium carcinogenesis // *Toxicology*, 2003. – Vol. 192. – P. 95–117.
 28. Wang F., van Brocklyn J.R., Hobson J.P. et al. Sphingosine-1-phosphate stimulates cell migration through a G_i-coupled cell surface receptor // *J. Biol. Chem.*, 1999. – Vol. 274. – P. 35343–35350.
 29. Zhdanov R.I., Struchkov V.A., Dyabina O.S., Strazhevskaya N.B. Chromatin-bound cardiolipin: the phospholipid of proliferation // *Cytobios*, 2001. – Vol. 106. – P. 55–61.

LIPID COMPOSITION OF NUCLEI OF LIVER CELLS AND GILLS OF CARP BY CADMIUM IONS

J.I. Senyk, B.Z. Lyavrin, V.A. Khomenchuk, V.Z. Kurant, V.V. Hrubinko

The changes of lipids content in carp mitochondria membranes at elevated concentrations of cadmium ions were investigated. It was found that the changes of total lipid content and individual fractions of phospholipids: phosphatidylcholine, lysophosphatidylcholine, phosphatidylethanolamine, phosphatidylserine, phosphatidylinositol, sphingomyelin, cardiolipin and their value are observed at toxicants. It is shown that one aspect of the formation of nuclei adaptation to toxicants in studied tissues is compression of biological membranes because of modulation its lipid composition. It was found that nuclei of fish liver show higher resistance to the effects of Cd²⁺ compared with gill epithelial cells.

Keywords: carp, nucleus, phospholipids, cadmium.

Отримано редколегією 10.07.2012

АНАЛІЗ ПОШИРЕНИХ МУТАЦІЙ ГЕНА *CAPN3* У ПАЦІЄНТІВ З ПРОГРЕСУЮЧИМИ М'ЯЗОВИМИ ДИСТРОФІЯМИ

Б.І. Третяк

ДУ «Інститут спадкової патології НАМН України», м.Львів,
вул.М.Лисенка 31а e-mail:irynej@ukr.net

Вперше в Україні проведено детекцію поширених мутацій 550delA, G222R, R489W, R489Q, R572W гена CAPN3 в групі пацієнтів з прогресуючими м'язовими дистрофіями. Мутації у гені CAPN3 призводять до м'язової дистрофії, яка характеризується прогресуючою слабкістю м'язів поперекового та/чи плечового поясів кінцівок. Виявлено двох гетерозиготних носіїв за мутацією R489Q, по одному гетерозиготному носію мутацій 550delA та G222R, мутацій R489W та R572W не було виявлено. Отримані данні свідчать, що у західноукраїнській популяції 7 % пацієнтів з недиференційованими прогресуючими м'язовими дистрофіями є носіями мутацій 550delA, G222R або R489Q у гена CAPN3. Ці результати свідчать про доцільність розширення та поглиблення досліджень мутацій гена CAPN3 у пацієнтів з недиференційованими м'язовими дистрофіями з ауто-домно-рецесивним типом успадкування.

Ключові слова: мутації, ген CAPN3, м'язові дистрофії людини

Вступ. Ген *CAPN3* картований на 15 хромосомі в ділянці 15q15.1-q21.1 (Beckmann J.S. et al., 1991). Його продуктом є фермент калпаїн-3 (calpain-3) – представник родини кальцій – залежних протеаз. Кальцій-залежні протеази відіграють роль в багатьох внутрішньоклітинних процесах, включаючи клітинну диференціацію, регуляцію клітинного циклу, апоптоз (Rey M.A., Davies P.L., 2002; Diaz B.E.G., Gauthier S., Davies P.L., 2006). Зазвичай занижений рівень калпаїну-3 діагностується в біопсійних взірцях м'язів, отриманих від пацієнтів із слабкістю поперекових та плечових відділів скелетних м'язів при так званих попереково-кінцевкових прогресуючих м'язових дистрофіях (Saenz A. et al., 2005; Guglieri, M. et al., 2008).

Попереково-кінцевкові прогресуючі м'язові дистрофії - ПКМД (Limb Girdle Muscular Dystrophies – LGMDs) складають клінічно гетерогенну групу нейром'язових хвороб, які характеризуються прогресуючою слабкістю (ізолювано, чи переважно) м'язів поперекового та/чи плечового поясів (Bushby K.M., Beckmann J.S., 1995). Частота всіх ПКМД коливається в різних популяціях від 5 до 70 хворих на 1 млн. населення (Дадали Е.Л., Шагіна О.А. и др., 2010), причому, до 85% випадків ПКМД успадковуються за ауто-домно-рецесивним типом і характеризуються як ПКМД 2А-типу – ПКМД2А (Ginjaard H.B. et al., 2000; Zatz M. et al., 2003; Duno M. et al., 2008; Fanin, M. et al., 2009; Todorova A et al., 2007).

ПКМД2А – перші картовані ПКМД, молекулярно охарактеризовані як «калпаїнопатії» (calpainopathies), спричинені мутаціями в *CAPN3*

– гені (Blazquez L. et al., 2008; Fanin M. et al., 2008; De Paula F. et al., 2002). Показано, що в європейських популяціях у пацієнтів з ПКМД2А найчастіше мутації локалізуються в 4,5, 11, 17, 21 і 22 екзонах гена *CAPN3*. Вже описано більше 150 мутацій в гені *CAPN3* і спектр їх далі розширюється. Разом з тим, ідентифіковані мажорні мутації, які зустрічаються практично в усіх популяціях та етнічних групах (Fanin M. et al., 2003; Canki-Klain N. et al., 2004).

Опираючись на все вище сказане, **метою** роботи було вивчення поширених мутацій гена *CAPN3* у пацієнтів західноукраїнської популяції з недиференційованими прогресуючими м'язовими дистрофіями.

Об'єкт і та методи. Матеріалом для досліджень були зразки ДНК, виділені з лейкоцитів периферійної крові 56 пацієнтів з недиференційованими прогресуючими м'язовими дистрофіями. Виділення та очистку ДНК проводили методом ферментативного розщеплення та подальшої фенольної екстракції. Обстежувані пацієнти проходили медико-генетичне консультування у Львівському ММГЦ ДУ «Інституту спадкової патології НАМН України» з відповідними клінічними оглядами та лабораторними дослідженнями.

Молекулярно-генетичний аналіз мутацій проводили методом алель специфічної полімеразної ланцюгової реакції (АС-ПЛР) на приладі “Терцик” (“ДНК-технології”, Росія) з використанням реактивів, олігонуклеотидних послідовностей (“МВІ Fermentas”) (Mc. Pherson M. J. et al., 1993; Richard I. et al., 1995). Для детекції алелів у дво-халельній поліморфній послідовності розроблена

алель-специфічна ПЛР. Даний метод передбачає постановку декількох реакцій ампліфікації залежно від кількості алелів у системі. Для кожного досліджуваного зразка ДНК проводили по дві ПЛР. У першу пробірку додавали загальний праймер і праймер А, що відповідає за ампліфікацію нормального алеля (дикий тип); у другу пробірку вносили загальний праймер і праймер

Б, що відповідає за ампліфікацію мутантного алеля. Параметри алель-специфічної ПЛР: денатурація 94 °С протягом 3 хв, 36 циклів - 94°С 1 хв, 55°С 40 сек, 72°С 40 сек. Продукти ПЛР аналізували за допомогою електрофорезу в 1,5% агарозному гелі. Для аналізу зразка на гель по чергово наносили продукти ПЛР реакції для двох алелей.

Мутації	Праймер форвард	Праймер реверс
550delA	ATAAGATGACTGCCTGCCAAC (А) TAGATGACTGCCTGCCAC (Б)	TTCCTGTGAGTGAGGTCTCG
G222R	CTACGAAGCTCTGAAAGGTG (А) CTACGAAGCTCTGAAAGGTA (Б)	GGCTTTCTTCATGATCTTGT
R489W	GCCCTGATGCAGAAGAACC (А) GCCCTGATGCAGAAGAACT (Б)	CCAGGAGCTCTGTGGGTCA
R489Q	GCCCTGATGCAGAAGAACCG (А) GCCCTGATGCAGAAGAACCA (Б)	CCAGGAGCTCTGTGGGTCA
R572W	AGGGGGAATTCATCCTCCG (А) AGGGGGAATTCATCCTCTG (Б)	TTCAACCTCTGGGAGTGGGCC

**Послідовності праймерів, що використовуються для виявлення мутацій.
Sequences of primers used for detection of mutations.**

Проведено дослідження наступних мутацій гена *CAPN3*: 550delA, G222R, R489W, R489Q, R572W. На рисунках 1,2 та 3 приведено детекцію досліджуваних мутацій.

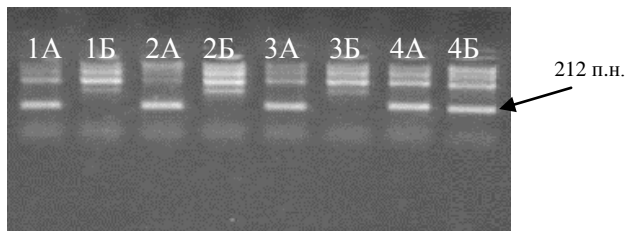


Рис. 1. Виявлення мутації 550delA гена *CAPN3* методом розділення продуктів ПЛР у 1.5% агарозному гелі. Для кожного з чотирьох зразків ДНК проведено по дві ПЛР із загальним та одним з алель-специфічних праймерів А або Б; 1-3 – норма за мутацією 550delA гена *CAPN3*; 4 – гетерозиготне носійство мутації 550delA гена *CAPN3*.

Fig.1. Detection of *CAPN3* 550delA gene mutation by PCR method, 1.5% agarose gel. It was performed two PCR with one general and one allele-specific A or B primers for each DNA samples. 1-3 – patients without 550delA mutation, 4 – heterozygous carrier of 550delA mutation.

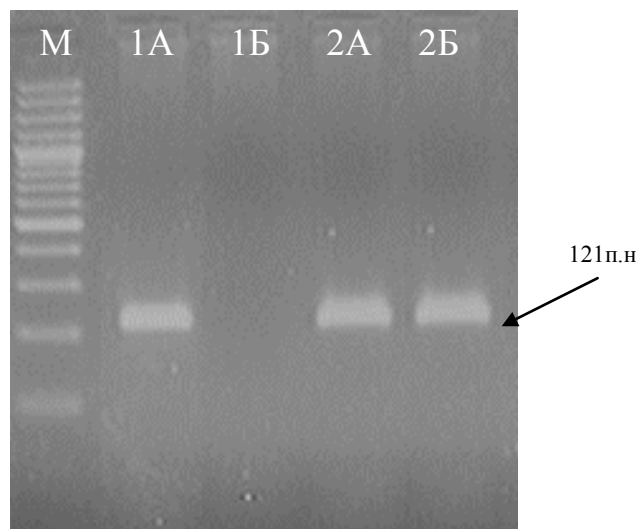


Рис. 2. Виявлення мутації G222R гена *CAPN3* методом розділення продуктів ПЛР у 1.5% агарозному гелі. Для двох зразків ДНК проведено по дві ПЛР із загальним та одним з алель-специфічних праймерів А або Б; М - маркер молекулярної ваги 100 bp Ladder; 1 – норма за мутацією G222R, 2 – гетерозиготне носійство мутації G222R гена *CAPN3*.

Fig.2. Detection of *CAPN3* G222R gene mutation by PCR method, 1.5% agarose gel. It was performed two PCR with one general and one allele-specific A or B primers for each DNA samples. M – 100 bp. Ladder, 1 – patient without G222R mutation, 2 – heterozygous carrier of G222R mutation.

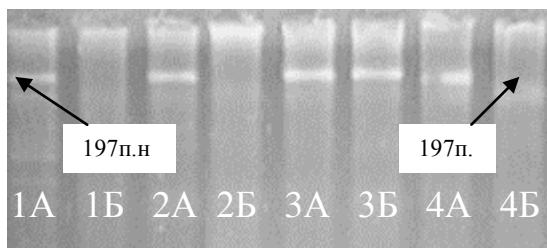


Рис. 3. Виявлення мутацій R489W та R489Q гена CAPN3 методом розділення продуктів ПЛР у 1.5% агарозному гелі. Для кожного з чотирьох зразків ДНК проведено по дві ПЛР із загальним та одним з алель-специфічних праймерів А або Б; 1-2 – норма за мутацією R489W, 3 – гетерозиготне носійство мутації R489Q, 4 – норма за мутацією R489Q.

Fig.3. Detection of R489W and R489Q mutation of CAPN3 gene by PCR method, 1.5% agarose gel. It was performed two PCR with one general and one allele-specific A or B primers for each DNA samples. 1-2 – patients without R489W mutation, 3 – heterozygous carrier of R489Q mutation, 4 – patient without R489Q mutation.

Результати та їх обговорення. Для молекулярно-генетичних обстежень відібрано 56 пацієнтів з прогресуючими м'язовими дистрофіями нез'ясованого генезу. Всі пацієнти попередньо проходили медико-генетичне консультування у Львівському міжобласному медико-генетичному центрі та оглянуті невропатологом-генетиком. Вік пацієнтів коливався від 1 року до 52 років. Тривалість захворювання варіювала від 6 місяців до 30 років. Діагноз ставили на підставі клінічного огляду, генеалогічних даних, електроміографії, аналізу рівня активності креатинкінази у плазмі крові CK(> 500 U / L).

Цікаво зазначити, що в обстежуваній групі переважали пацієнти чоловічої статі. В абсолютних значеннях: обстежено 47 пацієнтів чоловічої статі і 9 пацієнтів жіночої статі. Найпоширенішою зчепленою зі статтю (Х-зчепленою) спадковою прогресуючою нервово-м'язовою хворобою, якою хворіють переважно чоловіки, є міодистрофія Дюшенна – Беккера (DMD/BMD). Тому, для чистоти експерименту, ми вважали за доцільне попередньо виключити цей діагноз в обстежуваній групі пацієнтів чоловічої статі. Молекулярно-генетичні дослідження, проведені нами, виключили діагноз DMD/BMD в усіх 47 пацієнтів. Крім цього, всі пацієнти пройшли скринінг на наявність делеції гена SMN1 (survival motor neuron), локалізованого в ділянці 5q13, яка обумовлює аутосомно-рецесивні проксимальні спінальні аміотрофії (СМА). У всіх 56 пацієнтів діагноз СМА виключено на підставі попередньо проведених нами молекулярно-генетичних дос-

ліджень гена SMN1.

Отже, відібрана клінічна група характеризувалася як недиференційовані м'язові дистрофії з аутоомно-рецесивним типом успадкування, не підпадала під діагноз СМА та DMD/BMD. Детальні клінічні огляди виявили певні фенотипові особливості, характерні для попереково-кінцівкових м'язових дистрофій. Зокрема, гіпертрофія м'язів, судоми після зусиль, м'язова слабкість у нижньому і/або верхньому поясі кінцівок, качина хода, труднощі при підйомі по сходах, значна втрата м'язової сили або втрата пересування. Такі клінічні особливості пацієнтів у сукупності з клініко-генеалогічними особливостями обумовили доцільність молекулярно-генетичних досліджень мутацій гена CAPN3, характерних для ПКМД2А.

Слід зазначити, що в Україні детекція мутацій гена CAPN3, характерних для ПКМД2А до нас не проводилася. Досліджено п'ять поширених мутацій гена CAPN3 (табл. 1).

Таблиця 1
Характеристика досліджуваних мутацій гена CAPN3

Table 1
Description the studied mutations of CAPN3 gene

Мутації	Екзон	Тип мутації	Нуклеотидна позиція
G222R	5	місенс	664G→A
R489W	11	місенс	1465C→T
R489Q	11	місенс	1466G→A
R572W	13	місенс	1714C→T
550delA	4	делеція	delCAA→CA

Всі пацієнти були із західного регіону України. Отримані результати засвідчили 4-ох носіїв мутацій гена CAPN3 серед 56 обстежуваних пацієнтів з прогресуючими м'язовими дистрофіями нез'ясованого генезу з західноукраїнської популяції. Частота склала 7%. Всі пацієнти – носії мутацій були чоловічої статі віком від 18 – до 37 років. Результати представлені в таблиці 2.

Як видно з таблиці, виявлено носійство мутацій 550delA та G222R (по одному випадку) та у двох випадках виявлено носійство мутації R489Q. Мутацій R489W та R572W не було виявлено серед пробандів дослідної групи. Отримані нами результати свідчать про доцільність скринінгу мутацій гена CAPN3 у пацієнтів з недиференційованими формами м'язових дистрофій. Наші дані співзвучні з результатами інших дослідників (Kang P.B. et al., 2007; Krahn M. et al., 2006) стосовно того, що під молекулярний скринінг мутацій CAPN3-гена мали би підпадати всі пацієнти з недиференційованими формами м'язових дистрофій, чи проксимальних міопатій.

Більше того, ми згодні, що молекулярно-генетична діагностика калпаїнопатій є обов'язковою в комплексі діагностичних заходів враховуючи варіабільність клінічних фенотипів ПКМД2А (Angelini C. et al., 2007). Отримані результати передбачають доцільність розширення та поглиблення досліджень мутацій гена *CAPN3* у пацієнтів з недиференційованими м'язовими дистрофіями з аутовомно-рецесивним типом успадкування.

Таблиця 2

Розподіл мутацій гена *CAPN3* серед пацієнтів з прогресуючими м'язовими дистрофіями та підвищеним рівнем креатинфосфокінази в плазмі

Table 2

Distribution of *CAPN3* gene mutations among patients with progressive muscular dystrophy and elevated level of creatine kinase in plasma

Мутації	Екзон <i>CAPN3</i> гена	К-сть проаналізованих хромосом	Кількість мутантних алелів	К-сть носіїв мутації
550delA	5	120	1	1
G222R	5	120	1	1
R489W	11	120	-	-
R489Q	11	120	2	2
R572W	11	120	-	-

Висновки

1. В групі пацієнтів з прогресуючими м'язовими дистрофіями нез'ясованого генезу детектовано 7-відсоткове носійство мутацій гена *CAPN3*.
2. Серед пацієнтів західноукраїнської популяції виявлено носійство 550delA-, G222R- та R489Q – мутацій гена *CAPN3*.
3. Підтримуємо тезу доцільності скринінгу мутацій гена *CAPN3* у пацієнтів з недиференційованими формами м'язових дистрофій.

Список літератури

1. Дадали Е.Л. Клинико-генетические характеристики поясно-конечностной мышечной дистрофии 2А типа / Е.Л.Дадали, О.А.Шагина, О.П. Рижкова и др. // Журнал неврологи и психиатрии. – 2010. – №4 – С. 79-83;
2. Макух Г.В. Спосіб виділення ДНК з лейкоцитів периферійної крові (патент № u200801896 / Г.В.Макух, Д.В.Заставна, М.Я.Тиркус та ін. // Бюлетень. – 2008
3. Angelini C. Heterogeneous pathogenesis of LGMD2: consequences for therapy / C.Angelini, L.Nardeno, M.Fanin et al. // Basic Applied Mycol. – 2007. – № 17. – P.173-179;
4. Beckmann J.S. A gene for limb girdle muscular dystrophy maps to chromosome 15 by linkage. / J.S.Beckmann, S.V.Richard., K.N.Hillarie et al. // C R Acad Sci (Paris). – 1991. – №132. – P.141-148;

5. Blazquez L. Characterization of novel *CAPN3* isoforms in white blood cells: an alternative approach for limb-girdle muscular dystrophy 2A diagnosis / L.Blazquez, M.Azpitarte, A.Saenz et al. // Neurogenetics. – 2008. – № 9. – P.173-182;
6. Bushby K.M., Beckmann J.S. Report of the 30th and 31st ENMC international workshop on the limb-girdle muscular dystrophies: proposal for a new nomenclature / K.M.Bushby, J.S Beckmann // Neuromuscul Disord.- 1995. – № 5. – P. 337-343;
7. Canki-Klain N. Prevalence of the 550delA mutation in calpainopathy (LGMD 2A) in Croatia / N.Canki-Klain, A.Milic, B. Kovac et al. // Am. J. Med. Genet. – 2004. – №125A. – P. 152-156;
8. De Paula F. Clinical variability in calpainopathy: what makes the difference? / F. De Paula, M.Vainzof, M.R.Passos-Bueno et al, // Eur.J.Hum.Genet. – 2002. – № 10. – P. 825-832;
9. Diaz B.E.G, Gauthier S., Davies P.L. Ca⁺⁺ dependency of calpain-3 (p94) activation / B.E.G. Diaz, S.Gauthier, P.L.Davies // Biochemistry. – 2006. – № 45. – P. 3714-3722;
10. Duno, M. cDNA analyses of *CAPN3* enhances mutation detection and reveals a low prevalence of LGMD2A patients in Denmark / M. Duno, Sveen, M.-L.Schwartz et al. // Europ. J. Hum. Genet. – 2008. - № 16. – P.935-940;
11. Fanin M. Molecular diagnosis in LGMD2A: mutation analysis or protein testing? / M.Fanin, L.Fulizio, A.C.Nascimbeni et al.,// Hum. Mut. – 2004. – № 24. – P.52-62;
12. Fanin M. The frequency of limb girdle muscular dystrophy 2A in northeastern Italy / M.Fanin, A. C. Nascimbeni, L. Fulizio et al. // Neuromusc. Disord. – 2005. – № 15. – P.218-224;
13. Fanin M. How to tackle the diagnosis of limb-girdle muscular dystrophy 2A / M.Fanin, A. C.Nascimbeni, E.Tasca et al. // Europ. J. Hum. Genet. – 2009. – № 17. – P. 598-603;
14. Ginjaard H.B. Classification of limb girdle muscular dystrophy types 1C, 2A and 2B based on protein and/or DNA studies / H.B.Ginjaard, W.S.Frankhuizen, M. de Mos et al.// Neuromuscular Disord. – 2000. – № 12. – P. 731-735;
15. Guglieri M. Clinical, molecular, and protein correlations in a large sample of genetically diagnosed Italian limb girdle muscular dystrophy / M. Guglieri, F.Magri, D'Angelo et al. // Hum. Mutat. – 2008. – № 29. – P.258-266;
16. Kang P.B. LGMD 21 in a North American population / P.B. Kang, C.A. Feener, E.Estrella et al. // BMC Musculoskeletal Disorders. – 2007. – № 8. – P. 115-120;
17. Krahn M. *CAPN3* mutations in patients with idiopathic eosinophilic myositis / M.Krahn, A.Lopez, N. Streichenberger et al. // Ann Neurol. – 2006. – № 59. – P. 905-911;
18. Mc. Pherson M. J. PCR a Practical Approach. Oxford University press / Mc M. J. Pherson, P. Quirke, G. R. Taylor. – New York: Oxford University press, 1993. – 253 p.
19. Saenz A. LGMD2A: genotype-phenotype correlations based on a large mutational survey on the

- calpain 3 gene / A. Saenz, F.Leturcq, A.M.Cobo et al. // Brain. – 2005. – № 128. – P.732-742;
20. Todorova, A. A large deletion and novel point mutations in the calpain 3 gene (CAPN3) in Bulgarian LGMD2A patients / A.Todorova, B.Georgieva, I.Tournev et al. // J. Neurogenetics. – 2007. – № 8. P.225-229;
21. Rey M.A., Davies P.L. The protease core of the muscle specific calpain, p94, undergoes Ca-dependent intramolecular autolysis / M.A.Rey, P.L. Davies // FEBS Lett. – 2002. – № 532. – P.401-406;
22. Richard I. Mutations in the proteolytic enzyme calpain 3 cause limb-girdle muscular dystrophy type 2A / I.Richard, O.Broux, V.Allamand et al. // Cell – 1995. - № 81. – C. 27-40
23. Zatz M. The 10 autosomal recessive limb-girdle muscular dystrophies / M.Zatz, F.de Paula, A.Starling et al. // Neuromuscul Disord. – 2003. – № 13. – P.532-544.

Роботу виконано за фінансової підтримки Західно-Українського Біо-Медичного Дослідницького Центру підтримки молодих вчених (WUBMRC).

ANALYSES OF WIDESPREAD CAPN3 GENE MUTATIONS AMONG PATIENTS WITH PROGRESSIVE MUSCULAR DYSTROPHIES

B.I. Tretyak

Institute of Hereditary Pathology of Academy of Medical Science of Ukraine
L'viv, 31a Lysenko str.

For the first time in Ukraine, the detection of widespread CAPN3 gene mutations 550delA, G222R, R489W, R489Q and R572W in the group of patients with progressive muscular dystrophies has been performed. Mutations in the gene CAPN3 lead to muscular dystrophy, which is characterized by progressive weakness of the muscles of the lumbar and/or shoulder part of limbs. Two heterozygous carriers for the mutation R489Q, one heterozygous carriers of mutations 550delA and G222R were detected, whereas mutations R489W and R572W were not found. The data show that 7% of the patients with undifferentiated progressive muscular dystrophies from Western Ukrainian population carry 550delA, G222R or R489Q mutations of CAPN3 gene. The results provide feasibility of widening and deepening of research of CAPN3 gene mutations in patients with undifferentiated autosomal recessive muscular dystrophy.

Key words: mutations, CAPN3 gene, human muscular dystrophies.

Отримано редколегією 06.09.2012

ВПЛИВ НІТРИТНОЇ ІНТОКСИКАЦІЇ НА СИСТЕМУ ВІДНОВЛЕННЯ МЕТГЕМОГЛОБІНУ В ЕРИТРОЦИТАХ КАРАСЯ СРІБЛЯСТОГО

Л.В. Худа, М.М. Марченко, Я.Ю. Хачман, О.І. Худий

Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича,
вул. Коцюбинського, 2, м. Чернівці, 58012, e-mail: lidia_khuda@email.ua

*Досліджували вплив нітритної інтоксикації на вміст метгемоглобіну та функціонування системи його відновлення в еритроцитах карася сріблястого *Carassius gibelio* (Bloch). Встановлено підвищений вміст метгемоглобіну за дії усіх досліджуваних концентрацій NaNO_2 та зниження метгемоглобінредуктазної та каталазної активності еритроцитів. Провідна роль у процесі відновлення метгемоглобіну при підвищенні концентрації нітритів у плазмі крові належить неензиматичним механізмам із залученням глутатіону та аскорбінової кислоти.*

*Ключові слова: нітрити, метгемоглобін, еритроцити, *Carassius gibelio*.*

Вступ. Одним з найефективніших методів індустріальної аквакультури є вирощування риби за контрольованих умов в установках із замкнутим водопостачанням, що, поряд із високою щільністю посадки, дозволяє досягти значно вищої рибопродуктивності у порівнянні з традиційними типами рибних господарств. Однак, такі технології ускладнюються можливістю амонійно-нітритної інтоксикації гідробіонтів. Амоній – основний продукт білкового метаболізму у риб, видаляється з середовища завдяки конверсії у нітрити та в подальшому у нітрати, що здійснюється на біофільтрах. Розбалансування процесів нітрифікації може призвести до накопичення у водному середовищі значних концентрацій нітритів (Raja, 2011; Svobodova, 2000).

Як відомо, основним проявом нітритної інтоксикації є посилене формування в еритроцитах метгемоглобіну. Гемоглобін, перетворюючись у метгемоглобін при переході заліза гему у форму Fe^{3+} , втрачає свою основну кисень-транспортну функцію, що зумовлює розвиток гемічної гіпоксії. За фізіологічних умов в еритроцитах риб рівень метгемоглобіну може варіювати в широких межах за рахунок функціонування багатокомпонентної системи його відновлення (Солдатов, 2002). Неензиматичне відновлення метгемоглобіну відбувається за участю глутатіону та аскорбінової кислоти. Однак, основним фактором, що контролює рівень оксигенації-дезоксигенації гемоглобіну, є функціонування ензиму NADH-залежної метгемоглобінредуктази (NADH-цитохром b_5 -редуктаза, КФ 1.6.2.2), що виконує роль специфічного переносника електронів від NADH через цитохром b_5 на MtHb (при цьому залізо в гемі переходить із тривалентного стану в двовалентний). Шляхом редукції із системою NADH-Н-редуктази майже 70-90% MetHb трансформується в Hb (Saleh, 2012; Проданчук,

2007). Гомеостатична функція крові сформована таким чином, що механізми оксигенації-дезоксигенації гемоглобіну, окислення-відновлення глутатіону та інших ензиматичних та неензиматичних шляхів відновлення метгемоглобіну пов'язані між собою в одну буферну систему, спрямовану проти вибіркової деструктивної дії окисників, причому не лише на гем, а і на глобін.

Метою роботи було визначення впливу нітритної інтоксикації на вміст метгемоглобіну та функціонування системи його відновлення в еритроцитах карася сріблястого *Carassius gibelio* (Bloch).

Матеріали та методи. Відбір проб крові здійснювали із спинної аорти з використанням в якості антикоагулянта гепарину. Еритроцити відділяли від плазми центрифугуванням при 500g та тричі промивали у розчині Рінгера. Виділені еритроцити розподіляли на 6 груп: контрольну та 5 дослідних, які підлягали 30-хвилинній інкубації при 20°C в розчині Рінгера, що містив наступні концентрації NaNO_2 : 7,25 ммоль/л (I група); 14,5 (II); 72,5 (III); 145,0 (IV) та 217,5 ммоль/л (V). Відомо, що напівлетальна доза нітрит-іонів у воді для низки видів прісноводних риб складає 1,45 ммоль/л (Alexander et al., 2009; Svobodova et al., 2000). Враховуючи, що для риб характерною є десятикратна акумуляція нітрит-іону в плазмі крові (Kurocova et al., 2006), концентрації нітрит-іонів в середовищі інкубації еритроцитів були відповідно збільшені.

Вміст метгемоглобіну оцінювали спектрофотометрично ацетон-ціангідриновим методом. Метгемоглобінредуктазну активність визначали за швидкістю відновлення метгемоглобіну в присутності NADH (Горячковский, 2005). Каталазну активність оцінювали за швидкістю утилізації пероксиду водню в кольоровій реакції з молібдатом амонію (Біохімія гідробіонтів, 2009). Вміст

відновленого глутатіону визначали в реакції з 5,5-дітіо-біс-(2-нітробензойною) кислотою (Методы оценки..., 2009). Вміст відновленої аскорбінової кислоти визначали за різницею між вмістом усіх форм аскорбату та суми дегідроаскорбінової та дикетогулонової кислот (Горячковский, 2005).

Вміст загального білку визначали методом Лоурі, гемоглобіну – гемоглобінціанідним методом (Методические указания..., 1999).

Статистичну обробку даних проводили з використанням критерію Стьюдента.

Результати й обговорення. Дослідження показали підвищений вміст метгемоглобіну в еритроцитах карася за дії усіх застосованих концентрацій нітритів (рис. 1). Найбільш посилене формування МtHb відмічається в еритроцитах риб II та III груп – його частка сягає близько 50% від вмісту загального гемоглобіну. Це може бути зумовлено недостатньо ефективною реакцією систем відновлення на зростання рівня МtHb в еритроцитах досліджуваного виду риб.

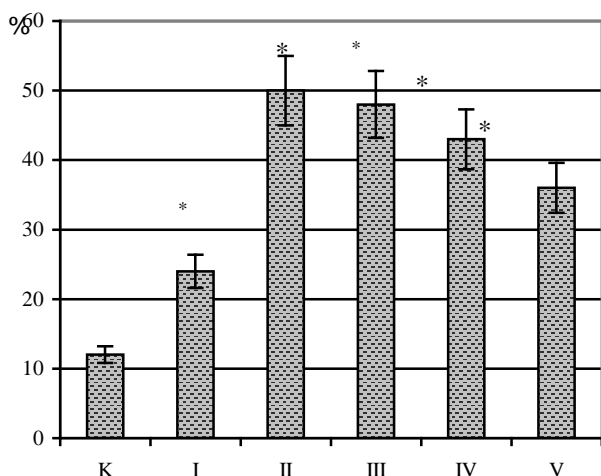


Рис. 1. Вміст метгемоглобіну в еритроцитах карася сріблястого за дії різних концентрацій NaNO₂

Примітка (тут і надалі): K – контрольна група, I – 7,25 ммоль/л NaNO₂, II – 14,5 ммоль/л, III – 72,5 ммоль/л, IV – 145,0 ммоль/л, V – 217,5 ммоль/л. * - вірогідна різниця порівняно з контролем.

Fig. 1. The content of methemoglobin in erythrocytes of *Carassius gibelio* under the condition of different NaNO₂ concentrations

Note (hereinafter): K – control group, I – 7,25 mmol/l NaNO₂, II – 14,5 mmol/l, III – 72,5 mmol/l, IV – 145,0 mmol/l, V – 217,5 mmol/l. * - significant difference compared to control group.

Для перевірки цього припущення нами було досліджено рівень метгемоглобінредуктазної активності еритроцитів, адже відомо, що головним компонентом, що в нормі забезпечує відновлення метгемоглобіну в гемоглобін, є цитозольна форма NADH-Н-цитохром b₅-редуктази (NADH-метгемоглобінредуктаза) (Saleh, 2012).

Очевидно, що зростання рівня метгемоглобіну мало б викликати активацію редуктазної систе-

ми. Однак, нами встановлено, що інкубація еритроцитів карася з усіма варіантами концентрацій NaNO₂ викликає пригнічення активності досліджуваного ензиму (рис. 2 А). Зниження метгемоглобінредуктазної активності на фоні зростання відсоткового вмісту метгемоглобіну може вказувати на порушення у функціонуванні даного ензиму. Як відомо, метгемоглобінредуктазна система в еритроцитах утворена двома складовими – NADH-редуктазою та цитохромом b₅. В молекулярній структурі гему b цитохрому b₅ присутній іон заліза. Подібно тому, як нітрити атакують гем у складі гемоглобіну, інші гемопротеїни, зокрема цитохром b₅, за цих умов також зазнають зміни ступеня окислення іону заліза (Moraes, 2002). Відповідно, пошкоджуюча дія нітрит-іонів може проявлятися у зниженні ензиматичної активності.

Підтвердженням припущення щодо інгібуючої дії нітрит-іонів на метгемоглобінредуктазний комплекс через зміну ступеня окислення іону заліза гему є результати наших досліджень зміни каталазної активності еритроцитів карася. Так, нами встановлено знижений у порівнянні з контролем рівень каталазної активності еритроцитів за умов нітритної інтоксикації. Як відомо, каталаза складається з чотирьох ідентичних субодиниць, кожна з яких містить простетичну гемову групу, до складу якої входить залізо. В еритроцитах каталаза разом з глутатіонпероксидазою і метгемоглобінредуктазою попереджають накопичення метгемоглобіну в фізіологічних умовах шляхом захисту гемоглобіну від окислення. Показано, що нітрит-аніони (при концентрації від 10⁻³М і вище) можуть зв'язуватись із залізом гему каталази (Маєвська, 2004). Оскільки гем входить до складу активного центру ензиму, то така взаємодія може спричинити інгібування активності каталази.

Таким чином, метгемоглобінутворюючі агенти можуть окислювати гемоглобін як безпосередньо, так і опосередковано, пошкоджуючи ензиматичні системи захисту гемоглобіну від окислення або системи, що каталізують відновлення метгемоглобіну.

Зазначимо, що NADH-залежна метгемоглобінредуктаза є основним відновлюючим агентом в еритроцитах риб за фізіологічних умов. Імовірно, за досліджуваних нами високих концентрацій нітритів пріоритетними в відновленні МtHb стають альтернативні шляхи за участю низькомолекулярних сполук. Прямою редукуючою дією на метгемоглобін саме за нітрит-індукованих метгемоглобінемій володіє аскорбінова кислота та глутатіон.

Відомо, що процес окислення гемоглобіну нітритами спряжений з генерацією активних спо-

лук та вільних радикалів – супероксидного аніон-радикалу, $\text{NO}\cdot$, $\text{ONOO}\cdot$, H_2O_2 тощо. Вагомий внесок у формування антиоксидантного потенціалу еритроцитів належить глутатіону, редокс-система якого (GSH-GSSG) служить буфером, який захищає від деструктивної дії активних форм кисню. Легке окислення сульфгідрильних

груп відновленого глутатіону захищає SH-групи гемоглобіну та низки білків і ферментів еритроцитів від вільнорадикального окислення. Таким чином, можливість прямого відновлення метгемоглобіну та антиоксидантні властивості GSH зумовлюють його помітну роль у системі підтримання структури та функцій гемоглобіну.

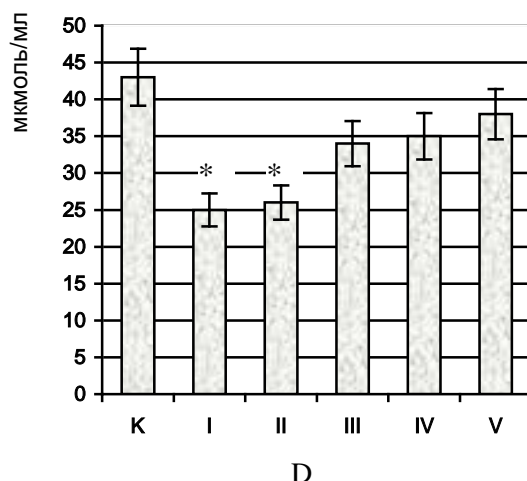
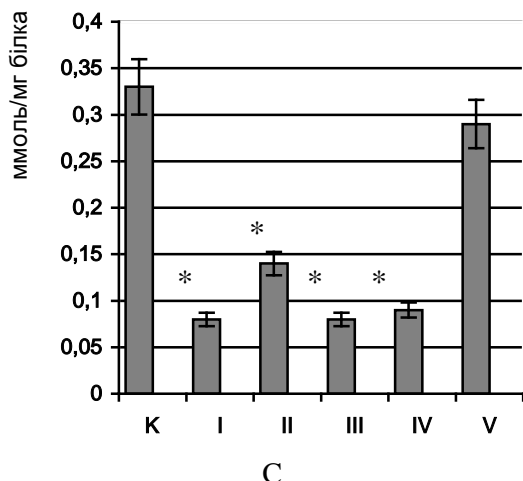
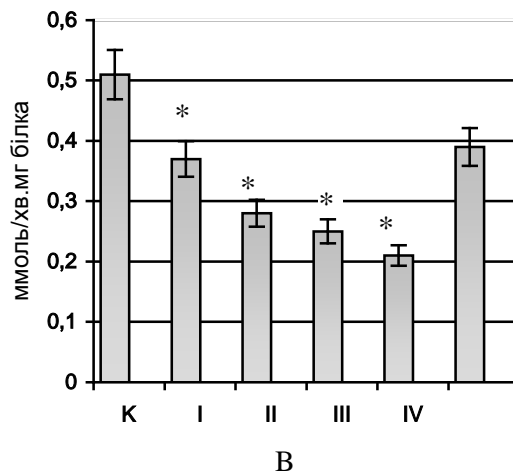
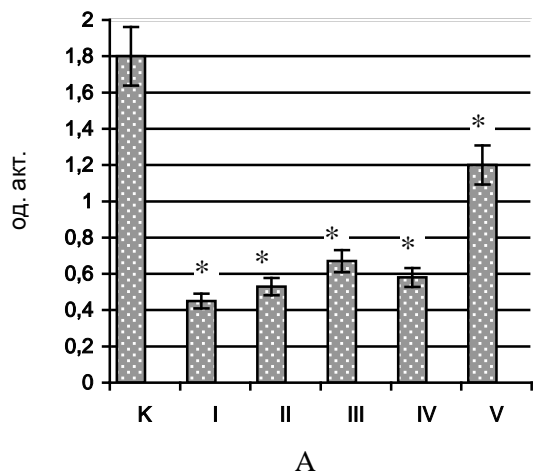


Рис. 2. Метгемоглобінредуктазна активність (А), каталазна активність (В), вміст GSH (С) та аскорбінової кислоти (D) в еритроцитах карася сріблястого за дії різних концентрацій NaNO_2

Fig. 2. The methemoglobin reductase activity, catalase activity, content of GSH and ascorbic acid in erythrocytes of *Carassius gibelio* under the condition of different NaNO_2 concentrations

Порівняльні дослідження ряду авторів показали, що для еритроцитів риб характерна висока концентрація GSH. Відношення GSH/Hb у них значно вище, ніж у ссавців, що зумовлено значними пристосувальними можливостями еритроцитів гідробіонтів через їх перебування в змінних умовах водного середовища (Солдатов, 2002).

Нашими дослідженнями встановлено, що інкубація еритроцитів карася з NaNO_2 зумовлює майже триразове зниження вмісту GSH вже при застосуванні найменшої з досліджуваних концентрацій нітритів. Одержані результати свідчать про стрімке залучення відновленого глутатіону в реакції еритроцитів на нітритну інтоксикацію.

Показано, що прямою відновлюючою дією на метгемоглобін, окрім GSH, володіє аскорбінова кислота, яка виступає потужним терапевтичним агентом за умов нітритної метгемоглобінемії (Проданчук, 2007). На відміну від людини, приматів, деяких ссавців, у яких відсутні два ферменти - D-глюкуронредуктаза і α -гулоно- γ -лактоноксидаза, що забезпечують синтез аскорбінової кислоти з глюкози, аскорбінова кислота в організмі риб синтезується (Verlhas, 2010). Ендогенний синтез аскорбінової кислоти дозволяє з високою вірогідністю припустити, що вона є одним з найпотужніших адаптаційних засобів, що реагують на неспецифічні стрес-фактори.

Встановлено, що інкубація еритроцитів з NaNO_2 в концентрації 7,25 ммоль/л (I група) при-

зводить до майже дворазового зменшення вмісту відновленого аскорбату, у порівнянні з контролем, що, очевидно, пов'язано з його переходом у дегідроаскорбінову кислоту після відповідного залучення в якості відновлюючого агента та антиоксиданта.

Відомо, що відновлення дегідроаскорбінової кислоти в аскорбінову відбувається досить швидко у присутності сульфгідрильних сполук, таких як цистеїн, глутатіон (Проданчук, 2007). Збільшення концентрації в інкубаційному середовищі NaNO_2 проявилось в нашому дослідженні зростанням вмісту аскорбінової кислоти із досягненням максимального значення (серед дослідних груп) у V групі. Необхідно відмітити, що у цій же дослідній групі нами відмічений найбільший вміст відновленого глутатіону. Імовірно, такі його кількості забезпечують швидке відновлення дегідроаскорбінової кислоти.

Необхідно зауважити, що, загалом, найістотніші відхилення досліджуваних показників від контролю спостерігаються при застосуванні найменших з апробованих концентрацій нітрит-іонів. Інкубація еритроцитів із вищою концентрацією нітрит-іонів (IV та V групи) призводила до накопичення метгемоглобіну в менших кількостях та утримання функціональної активності компонентів системи його відновлення в межах, близьких до контрольних значень.

Висновки. Значне накопичення метгемоглобіну в еритроцитах карася сріблястого за умов нітритної інтоксикації зумовлене не лише безпосередньою дією нітрит-іонів на гемоглобін, а й пошкодженням гем-вмісних ензимів, які за фізіологічних умов забезпечують його відновлення.

У зв'язку з цим, провідна роль у процесі відновлення метгемоглобіну при підвищенні концентрації нітритів у плазмі крові належить неензиматичним механізмам із залученням глутатіону та аскорбінової кислоти.

Список літератури:

1. Alexander J. Nitrite as undesirable substances in animal feed / J. Alexander, D. Benford, A. Cookburn // The EFSA Journal. – 2009. – V. 1017. – P. 1-47.

2. Kroupova H. Nitrite intoxication of common carp (*Cyprinus carpio* L.) at different water temperatures / H. Kroupava, J. Machava, V. Piackova // Acta Vet. Brno. – 2006. – V. 75. – P. 561-569.
3. Moraes G. Biochemical effects of environmental nitrite in matrinxa (*Brycon cephalus*) / G. Moraes, I.M. Avilez, A.E. Altran // Aquatic Toxicology: Mechanisms and Consequences. International Congress on the Biology of Fish. Symposium Proceedings. – Vancouver. – 2002. – P. 15-26.
4. Raja I.A. Blood and electrolyte responses in *Clarias batrachus* exposed to nitrogen pollution / I.A. Raja, H.P. Sapkal // Biosci. Biotech. Res. Comm. – 2011. – Vol. 4, №2. – P. 219-222.
5. Saleh M.C. NADH-dependent cytochrome b_5 reductase and NADPH methemoglobin reductase activity in the erythrocytes of *Oncorhynchus mykiss* / M.C. Saleh, S. McConkey // Fish Physiol. Biochem. – 2012. – №38(6). – P.1807-1813.
6. Svobodova Z. Nitrite poisoning of fish in aquaculture facilities with water-recirculating system / Z. Svobodova, J. Machova, G. Poleszczuk // Acta Vet. Brno. – 2000. – V. 74. – P. 129-137.
7. Verlhac V. The effect of vitamin C on fish health / V. Verlhac, J. Gabaudan. – Centre for research in animal nutrition, Saint-Louis Cedex. – 2010. – 35 p.
8. Біохімія гідробіонтів / Вогнівенко Л.П., Євтушенко М.Ю., Шевряков М.В. та ін. – Херсон: Олдіплюс, 2009. – 536 с.
9. Горячковский А.М. Клиническая биохимия в лабораторной диагностике / А.М. Горячковский // Одесса: Экология. – 2005. – 616 с.
10. Маєвська О.М. Активність каталази за дії нітриту натрію / О.М. Маєвська, М.М. Бойко, М.М. Великий // Укр. біохім. журн. – 2004. – Т. 76, №5. – С. 140-143.
11. Методические указания по проведению гематологического обследования рыб / Минсельхозпрод РФ. – 1999. – №13-4-2-/1487. – 20 с.
12. Методы оценки оксидативного статуса / Под ред. Рахманова Т.И., Матасова Л.В., Семенихина А.В. и др. – Воронежский гос. у-нт, 2009. – 62 с.
13. Проданчук Г.Н. Токсические метгемоглобинемии: механизмы формирования и пути оптимизации лечения / Г.Н. Проданчук, Г.М. Балан // Соврем. проблемы токсикологии. – 2007. – №1. – С. 37-45.
14. Солдатов А.А. Особенности структуры, полиморфизм и устойчивость к окислению гемоглобинов рыб / А.А. Солдатов // Журн. эвол. биох. и физиол. – 2002. – Т. 38, №4. – С. 305-308.

NITRITE INTOXICATION INFLUENCE ON THE METHEMOGLOBIN REDUCTION IN ERYTHROCYTES OF CRUCIAN CARP

L.V. Khuda, M.M. Marchenko, Ya.Yu. Hachman, O.I. Khudyi

*The effects of nitrite intoxication on the content of methemoglobin and the system of its reduction in erythrocytes crucian carp *Carassius gibelio* (Bloch) have been investigated. It was found an increased amount of methemoglobin for all investigated concentrations NaNO_2 and decrease methemoglobin reductase and catalase activities in erythrocytes. Leading role in the methemoglobin reduction with increasing concentrations of nitrite in blood belongs nonenzymatic mechanisms involving glutathione and ascorbic acid.*

Keywords: nitrite, methemoglobin, erythrocytes, crucian carp.

Отримано редколегією 30.05.2012

ОСОБЛИВОСТІ РЕСТРУКТУРИЗАЦІЇ КОЛАГЕНОВОЇ КОМПОНЕНТИ ПОЗАКЛІТИННОГО МАТРИКСУ ПРИ РЕГЕНЕРАЦІЇ ПЕЧІНКИ В УМОВАХ ДЕФІЦИТУ ВІТАМІНУ А

І. О. Шмараков, М. О. Миронюк, І. М. Бучковська, Г.П. Копильчук

*Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича, вул. Коцюбинського, 2, м. Чернівці, 58012
e-mail: igor.shmarakov@gmail.com*

*Печінка володіє унікальною здатністю до регенерації, що дозволяє їй швидко відновити нормальне функціонування після гострого ураження. Розвиток більшості патологічних уражень печінки (гепатит, фіброз, цироз, гепатоклітинний рак) супроводжуються різким зниженням запасів ретиноїдів, та втратою стелатними клітинами ретиноїд-вмісних ліпідних крапель, а з поглибленням важкості ураження печінки драматично знижується її здатність до регенерації. В роботі досліджено особливості реструктуризації колагенової компоненти позаклітинного матриксу печінки та її особливостей при відсутності запасів ретиноїдів. Встановлено, що наявність запасів вітаміну А в печінці у вигляді ретинілефірів ліпідних крапель стелатних клітин необхідна для повноцінної регенерації печінки. Водночас, з використанням трансгенних мишей, нокаутних з геном *Lrat* (лецитин:ретинол ацилтрансфераза, ЕС 2.3.1.135), показано, що відсутність вказаних запасів зумовлює порушення реструктуризації позаклітинного матриксу печінки, що, у свою чергу, негативно відображається на темпах регенерації печінки.*

Ключові слова: ретиноїди, позаклітинний матрикс, колаген, печінка, регенерація.

Вступ. Печінка володіє унікальною здатністю до регенерації, що дозволяє їй швидко відновити нормальне функціонування після гострого ураження (Michalopoulos G., 2010, Fausto N. et al., 2006, Taub R., 2004). Вирізняючою особливістю процесу регенерації печінки є те, що всі молекулярні події не обмежуються визначеним типом клітин, а залежать від чіткої взаємодії поза- та внутрішньоклітинних факторів, які походять з різних типів клітин печінки, включаючи клітини Купфера, стелатні, ендотеліальні, епітеліальні жовчечивих проток та гепатоцити (Zhang W., 2009). Наслідком цього є проліферація та відбудова (відновлення) нормальної паренхіми печінки й повернення повноцінного функціонування даного органу. В аспекті молекулярних комунікацій між різними типами клітин печінки за участі сигнальних молекул особливого значення набуває позаклітинний матрикс (ПКМ). Займаючи незначний відсоток від загального об'єму печінки, ПКМ відіграє надзвичайно важливу роль у функціонуванні даного органу в нормі та при патологіях. Білки ПКМ, основну частку з яких складають колагени, одночасно виступають сигнальними й архітектурними молекулами печінки та відповідають за підтримку диференційованого стану нормальних гепатоцитів та непаренхімних клітин (Zhang W. et al., 2009). Розвиток більшості патологічних уражень печінки супроводжується різким зниженням запасів ретиноїдів, та втратою стелатними клітинами ретиноїд-вмісних ліпідних крапель (Leo M., Lieber S., 1999), а з пог-

либленням важкості ураження печінки драматично знижується її здатність до регенерації (Estep J. et al., 2010). Відмітною спільною ознакою, характерною для патологічних процесів печінки від гепатиту до гепатоклітинного раку, є втрата запасів вітаміну А в цьому органі (Shirakami Y. et al., 2012). Враховуючи взаємозв'язок між активністю ретиноїдів в процесах клітинної проліферації, диференціації та апоптозу, існує значна потреба у розумінні важливості запасів ретиноїдів печінки в процесах її відповіді на ураження. У зв'язку з цим метою роботи було встановити особливості реструктуризації колагенової компоненти ПКМ при регенерації печінки та її особливостей при відсутності запасів ретиноїдів.

Матеріали та методи. Дослідження проводили на мишах лінії C57BL/6J масою 25-32 г та віком 2,5-3 місяці, які знаходилися на стандартному раціоні віварію. Утримання тварин та маніпуляції з ними проводили згідно з положеннями «Європейської конвенції про захист хребетних тварин, що використовуються для дослідних та наукових цілей» (Страсбург, 1986) та «Загальних етичних принципів експериментів на тваринах», ухвалених Першим Національним конгресом з біоетики (Київ, 2001).

З метою дослідження впливу запасів ретиноїдів на процеси регенерації печінки в експериментах використано трансгенних мишей, нокаутних з геном *Lrat* (лецитин:ретинол ацилтрансфераза, ЕС 2.3.1.135), білковий продукт якого є ензимом синтезу основної запасуючої форми віта-

міну А – ретинілефірів. Ці тварини, перебуваючи на стандартному раціоні віварію, фенотипово не відрізняються від звичайних мишей лінії C57, проте повністю позбавлені ретинілефірів у печінці та ліпідних крапель стелатних клітин печінки (O'Byrne S. et al., 2005).

Миші дикого типу (C57BL/6J) та нокауті ($Lrat^{-/-}$) піддавались **частковій гепатектомії (ЧГЕ)**, яка полягала у резекції 2/3 тканини печінки. ЧГЕ проводили в ранкові години в умовах анестезії за методом Mitchell & Willenbring (Mitchell C., Willenbring H., 2008), який полягає у почерговому перев'язуванні та резекції лівої латеральної та медіальної часток печінки. Рівень виживання тварин після проведеної хірургічної процедури складав > 95 % та не відрізнявся в межах дослідних груп. Групу дослідного контролю склали тварини, яким проводили лапаротомію.

Евтаназію тварин (5-6 тварин на кожну групу) проводили під легким ефірним наркозом на 12, 24, 36, 48, 72 години та 7-му добу (168 годин) після проведення ЧГЕ. Тварин зважували, видаляли регенеровану частину печінки, яку використовували для подальшого аналізу. Сироватку отримували шляхом центрифугування крові при 8000 g протягом 15 хвилин.

Ступінь гострого ураження тканини печінки контролювали за **ферментативною активністю аланін амінотрансферази** у сироватці крові, яку визначали за допомогою стандартного набору («Фелісіт Діагностика», м. Дніпропетровськ) відповідно до інструкції виробника і виражали в міжнародних одиницях (МО) на літр (л).

Визначення **рівня колагену** проводили на основі аналізу вмісту гідроксипроліну за методом Bergman & Loxley (Samuel C., 2003). Для цього наважку тканини печінки (100 мг) або сироватку крові (100 мкл), отримані з кожної тварини у відповідний проміжок часу, гомогенізували у буфері для екстракції (0,05 моль/л трис HCl, рН 7,5; 0,15 моль/л NaCl, 10 ммоль/л інгібітор протеїназ ФМСФ) та гідролізували у запаяних ампулах в присутності 6 моль/л HCl протягом 24 год при 105 °C. Отриманий гідролізат нейтралізували і додавали буфер окисації (хлорамін Т в ацетат/цитратному буфері, рН 6,0) та ізопропанол. Проби перемішували та інкубували протягом 25 хв при 60 °C. Після охолодження зразків додавали ізопропанол та визначали оптичну густину при $\lambda = 558$ нм. Кількість гідроксипроліну (у мкг на г тканини або на мл сироватки) визначали на основі калібрувального графіку, побудованого з використанням стандартних розчинів гідроксипроліну.

Для **аналізу фракційного складу колагену** тканину печінки гомогенізували у буфері для екстракції, після чого колаген екстрагували шляхом обробки дослідних зразків розчином пепсину

(1 мг/мл в 0,5 моль/л оцтовій кислоті) протягом 24 год при 4 °C. Екстрагований колаген аналізували методом електрофорезу у 10 % поліакриламідному гелі в присутності 10 % ДДС-Na та 4 моль/л сечовини (Gardner J. et al., 2007). Після проведення електрофорезу, гелі зафарбовували барвником кумасі G-250, а незв'язаний барвник відмивали сумішшю розчинів 20 % метанолу та 7 % оцтової кислоти. Отримані забарвлені гелі сканували на приладі Gel Doc 2000 (BioRad) та аналізували з використанням програми Quantity One.

Результати та обговорення. Запаси вітаміну А у вигляді ретинілефірів ліпідних крапель стелатних клітин необхідні для нормальної регенерації печінки. При проведенні експериментальних досліджень регенерації печінки визначали відновлення маси печінки, виражене у співвідношенні маса печінки / маса тіла у тварин дикого типу та $Lrat^{-/-}$ у різні часові проміжки протягом семи діб після ЧГЕ (Рис. 1.).

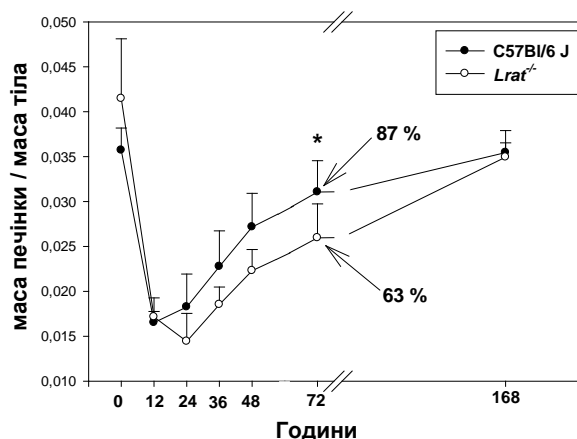


Рис. 1. Відновлення маси печінки у мишей дикого типу (C57BL/6J) та нокаутів ($Lrat^{-/-}$) після часткової гепатектомії.

Примітка: величини подані як $M \pm m$, $n = 5$; цифри на графіку відображають відсоток відновлення маси печінки порівняно з нульовим часом (0 годин); «*» – статистично достовірна різниця порівняно з показниками мишей C57BL/6J ($P = 0,004$).

Fig. 1. Liver mass restoration in wild-type mice (C57BL/6J) and knockouts ($Lrat^{-/-}$) after partial hepatectomy.

Note: Values are given as $M \pm m$, $n = 5$, the numbers on the graph reflect the percentage of recovery of liver mass compared with zero time (0 hours), «*» - statistically significant difference compared to C57BL/6J mice ($P = 0,004$).

Протягом всіх досліджуваних часових інтервалів печінка мишей $Lrat^{-/-}$ характеризувалась сповільненням темпів відновлення. Починаючи з 24 години після ЧГЕ, рівень відновлення маси у цій групі не перевищував 80% величин печінки мишей дикого типу. На 72 годину виявлені відмінності були статистично достовірними ($P =$

0,004) і лише на 7 добу рівень відновлення печінки мишей *Lrat*^{-/-} досягав рівня величин контрольної групи. Нами не виявлялися відмінності у показниках постопераційного виживання між дослідними групами (рівень виживання для обох груп складав більше 95 %). В обох групах після ЧГЕ фіксувався однаковий рівень ураження паренхіми печінки, визначений за АлАТ активністю у сироватці крові (Рис. 2.). Виняток складала початковий період регенерації (12 година після гепатектомії), де зростання АлАТ активності в мишей *Lrat*^{-/-} було статистично достовірно вищим, ніж у тварин дикого типу. Це вказувало на важчі постоперативні пошкодження паренхіми печінки та вищу чутливість до гострого ураження печінки мишей *Lrat*^{-/-}. Максимальний рівень АлАт активності в сироватці мишей після ЧГЕ фіксувався на 24 годину (675,1 ± 256,3 МО/л для мишей дикого типу і 665,8 ± 370,9 МО/л для мишей *Lrat*^{-/-}). Водночас величини АлАТ активності у сироватці крові тварин груп дослідного контролю не перевищували 15 МО/л у будь який досліджуваний часовий інтервал.

Відомо, що гостре ураження печінки, в тому числі і втрата частини паренхіми внаслідок механічного, фізичного чи біологічного пошкодження, супроводжується активацією процесів спрямованих на відновлення цього метаболічно активного органу (Michalopoulos G., 2010, Fausto N. et al., 2006, Taub R., 2004). Одним з елементів цього каскаду регенераційних процесів є активація стелатних клітин печінки, що полягає у пере-

ході цих клітин зі стану спокою (Mabuchi A. et al., 2004). Морфологічно це проявляється у зміні фенотипу цих непаренхімних клітин з ліпоцитного до міофібробластного, основною ознакою чого служить втрата ліпідних крапель цими клітинами (Valabaud C. et al., 2004, Budny T. et al., 2007). Одночасно активовані стелатні клітини починають інтенсивно синтезувати фактори росту (особливо фактор росту гепатоцитів, *HGF*) та компоненти позаклітинного матриксу (в першу чергу колаген), які виступають основними сайтами локалізації та диференціації новоутворених гепатоцитів (Budny T. et al., 2007). В цьому аспекті міофібробластний фенотип стелатних клітин як проєкція і наслідок відсутності гена ензиму лецитин:ретинол ацилтрансферази (*Lrat*) об'єктивно вносить зміни у соціальну поведінку цих клітин. З літератури відомо, що преактивовані чи семіактивовані стелатні клітини печінки втрачають здатність синтезувати ростові фактори в достатній кількості (Makino H. et al., 2006, Issa R. et al., 2003), впливаючи таким чином на нормальну проліферацію гепатоцитів і регенерацію печінки. Враховуючи роль стелатних клітин як основних продуцентів компонентів позаклітинного матриксу печінки (Zhang W. et al., 2009), повноцінне формування якого а процесі регенерації печінки визначатиме її нормальну регенерацію, нами було проведено кількісний і якісний аналіз колагену печінки як основного структурно-функціонального компоненту позаклітинного матриксу.

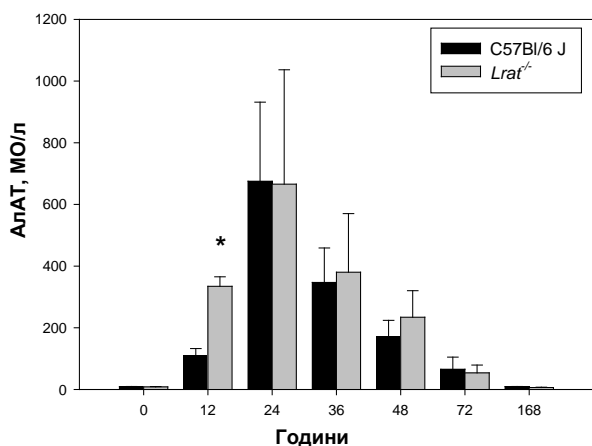


Рис. 2. Аланінамінотрансферазна активність у сироватці крові мишей дикого типу (C57BL/6J) та нокаутів (*Lrat*^{-/-}) після гепатектомії.

Примітка: величини подані як $M \pm m$, $n = 5$; «*» – статистично достовірна різниця порівняно з показниками мишей C57BL/6J ($P = 0,014$).

Fig. 2. Alanine aminotransferase activity in serum of wild-type mice (C57BL/6J) and knockouts (*Lrat*^{-/-}) after partial hepatectomy.

Note: Values are given as $M \pm m$, $n = 5$; «*» - statistically significant difference compared to C57BL/6J mice ($P = 0,014$).

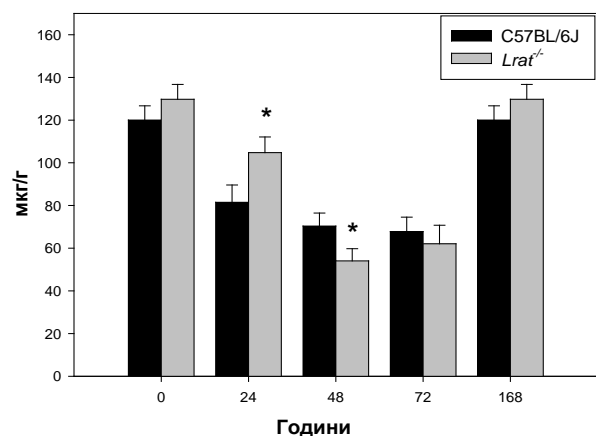


Рис. 3. Рівень гідроксипроліну в печінці мишей дикого типу (C57BL/6J) та нокаутів (*Lrat*^{-/-}) після часткової гепатектомії.

Примітка: величини подані як $M \pm m$, $n = 5$; «*» – статистично достовірна різниця порівняно з показниками мишей C57BL/6J ($P \leq 0,05$).

Fig. 3. The level of hydroxyproline in the liver of wild-type mice (C57BL/6J) and knockouts (*Lrat*^{-/-}) after partial hepatectomy.

Note: Values are presented as $M \pm m$, $n = 5$; «*» - statistically significant difference compared to C57BL/6J mice ($P \leq 0,05$).

Запаси вітаміну А у формі ретинілефірів ліпідних крапель стелатних клітин необхідні для нормальної реструктуризації колагенової компоненти позаклітинного матриксу печінки. Білки позаклітинного матриксу одночасно виступають сигнальними й архітектурними молекулами та відповідають за підтримку диференційованого стану нормальних гепатоцитів та непаренхімних клітин. Процеси регенерації печінки та розвитку фіброзу і цирозу супроводжуються змінами у перерозподілі колагенів та інших білків позаклітинного матриксу, що відображається на фенотипі клітин, зміні архітектоники тканини з порушенням кровотоку, дифузії та викривленні міжклітинної сигналізації (Martinez A., Amenta P., 1995, Reid L. et al., 1992).

Основними продуцентами колагену в печінці виступають стелатні клітини, які синтезують цей білковий компонент позаклітинного матриксу у значних кількостях при переході в активований

стан та втраті ліпідних крапель (Estep J. et al., 2010). Результати проведеного дослідження показали, що початкові етапи регенерації супроводжуються зниженням загального рівня колагену (визначеного за рівнем гідроксипроліну). Зокрема, рівень гідроксипроліну на 24 годину після гепатектомії в досліджуваних зразках тканин печінки знижується на 30 % порівняно з вихідними показниками нульового часу (Рис. 3.). Якісний аналіз фракційного складу колагенових фібрил засвідчив зниження частки усіх без винятку фракцій колагену в досліджуваних зразках (Рис. 4.). Виявлена тенденція до зниження рівня колагену спостерігалась протягом перших трьох діб після проведеної ЧГЕ, при цьому найнижчий рівень колагену виявлявся в часовому проміжку, що відповідає 3-ій добі (72 години) після проведеної гепатектомії. Встановлена динаміка виявляється цілком закономірною з огляду на необхідність повноцінного відтворення структури паренхіми печінки.

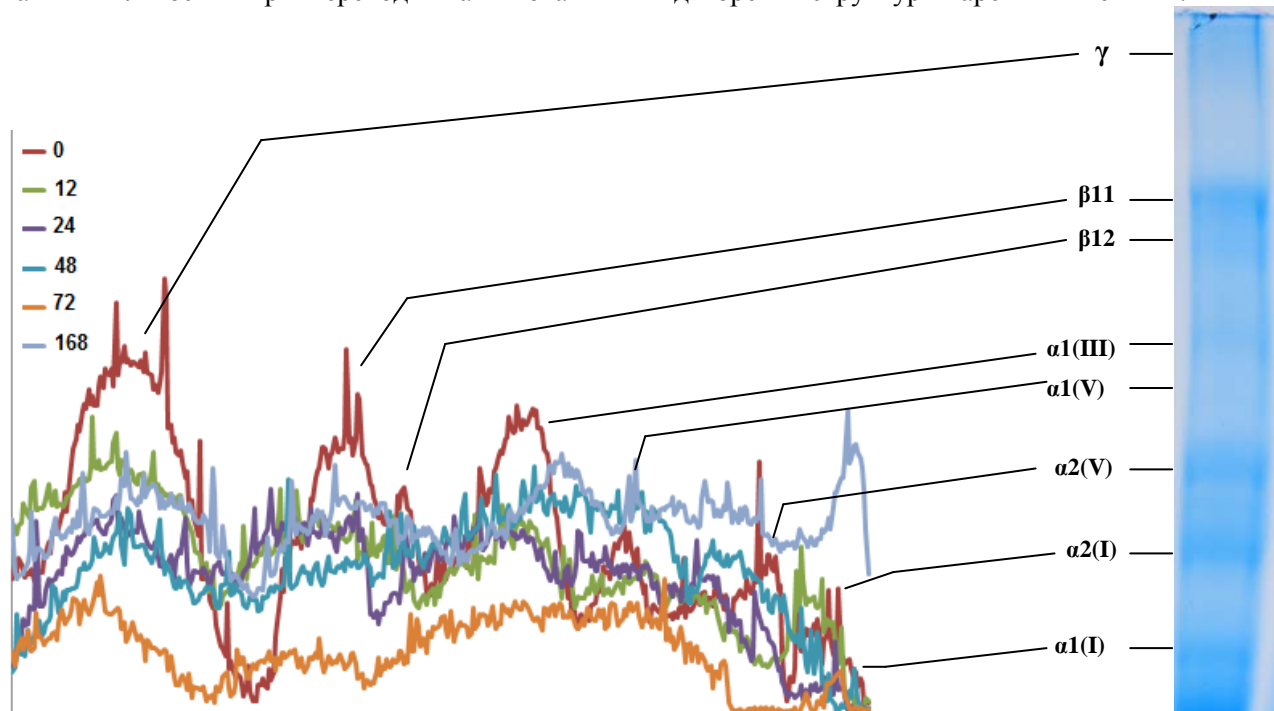
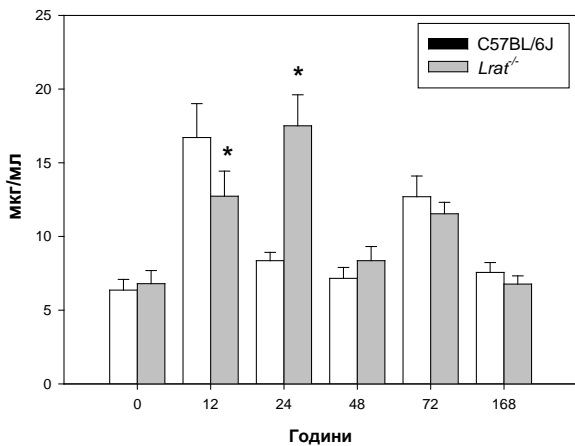


Рис. 4. Фракційний розподіл інтерстиційних колагенів печінки миші дикого типу (C57BL/6J) при регенерації після часткової гепатектомії.

Показано мономери колагену I-го типу, представлені $\alpha 1(I)$ та $\alpha 2(I)$ субодинаціями/ланцюгами; мономери III-го типу, представлені $\alpha 1(III)$ ланцюгами; мономери V-го типу, представлені $\alpha 1(V)$ та $\alpha 2(V)$ субодинаціями/ланцюгами. Представлені димери колагену I-го типу, $\beta 11$: димери двох субодинаць $\alpha 1(I)$; $\beta 12$: димери мономерів $\alpha 1(I)$ та $\alpha 2(I)$; і тримери (γ).

Fig. 4. Fractional distribution of interstitial collagens of wild-type mice (C57BL/6J) liver during regeneration after partial hepatectomy.

Monomers of collagen type I are displayed, represented as $\alpha 1(I)$ and $\alpha 2(I)$ subunits/chains, monomers of type III presented as $\alpha 1(III)$ chains, monomers of type V represented as $\alpha 1(V)$ and $\alpha 2(V)$ subunits/chains. Dimers of collagen type II are presented as $\beta 11$: dimers of two subunits $\alpha 1(I)$; $\beta 12$: dimers monomers $\alpha 1(I)$ and $\alpha 2(I)$ and trimers (γ).

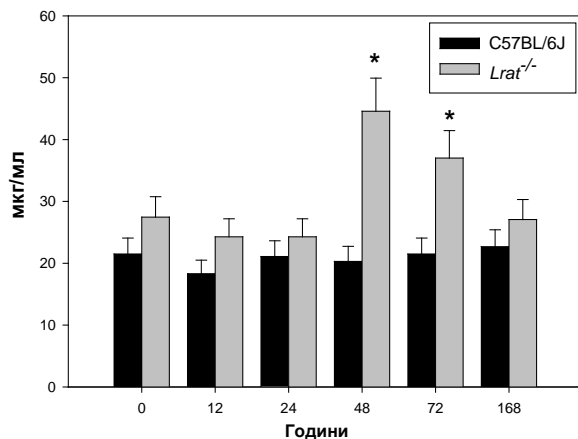


а

Рис. 5. Рівень вільного (а) та зв'язаного (б) гідроксипроліну в сироватці мишей дикого типу (C57BL/6J) та нокаутів (Lrat^{-/-}) після часткової гепатектомії. Примітка: величини подані як $M \pm m$, $n = 5$; «*» – статистично достовірна різниця порівняно з показниками мишей C57BL/6J ($P \leq 0,05$).

Цей процес в першу чергу полягає в протеолізі наявного позаклітинного матриксу, з метою підвищення мобільності клітин печінки. Протягом ініціації відновлення паренхіми печінки відбувається формування аваскулярних кластерів, утворених гепатоцитами та стелатними клітинами печінки. Надзвичайно важливим виявляється міграція стелатних клітин в такі кластери з їх наступною адгезією та формуванням щільних клітинних контактів з гепатоцитами (Mabuchi A. et al., 2004, Valabaud C. et al., 2004, Budny T. et al., 2007). У зв'язку з цим цілком закономірним виявляється усунення топологічних перешкод міграції клітин у вигляді інертного ПКМ шляхом його протеолізу, що опосередковується дією спеціалізованої групи більш ніж 20 протеїназ, відомих як матриксні металопротеїнази. Висловлене припущення підтверджується отриманими даними щодо підвищення рівня вільного гідроксипроліну в сироватці крові дослідних тварин (Рис. 5 а.). Рівень цієї амінокислоти, утвореної внаслідок потрансляційних модифікацій проколагенових поліпептидних ланцюгів та вивільненої при протеолізі колагену, зростає більш ніж у 2 рази, досягаючи своїх максимальних значень вже на 12 годину після проведеної часткової гепатектомії.

Водночас в печінці мишей Lrat^{-/-} спостерігається деяке уповільнення реструкції колагенової компонуєти І. М. окремим на 24 годину при збереженні тенденції до зниження кількості колагену рівень його в печінці цієї групи на 28% перевищує даний показник в групі тварин з нормальним забезпеченням вітаміну А (Рис.3.). При



б

Fig. 5. Free (a) and bound (b) hydroxyproline level in serum of wild-type mice (C57BL/6J) and knockouts (Lrat^{-/-}) after partial hepatectomy.

Note: Values are presented as $M \pm m$, $n = 5$; «*» – statistically significant difference compared to C57BL/6J mice ($P \leq 0,05$).

цьому електрофоретичний аналіз колагенових фракцій вказує на зниження частки мономерних колагенових фібрил при збереженні фракції зрілих тримерів колагену (Рис. 6 а.). Неможливістю повноцінного протеолізу тримерів, значна частка яких виявляється на електрофореграмах при якісному аналізі колагенових фракцій, можна пояснити підвищений рівень колагену в печінці групи нокаутних тварин позбавлених ретинілефірів та ліпідних крапель стелатних клітин. Отримані результати узгоджуються з даними літератури щодо перешкоджання повноцінної регенерації в умовах порушення протеолітичної деградації колагену I (Issa R. et al., 2003). Водночас порушення протеолізу колагену на початкових етапах регенерації інгібує проліферацію клітин печінки, в тому числі і стелатних клітин. Дослідження *in vitro* засвідчили, що накопичення інтерстиційних фібрилярних колагенів здатне впливати на проліферацію, виживання та синтетичну активність клітин печінки, включаючи ендотеліальні клітини, гепатоцити та стелатні клітини (Zhou X. et al., 2006). Крім того інтактний колаген є слабким лігандом до зв'язування сигнальних молекул типу інтегринів, в той час як частково деградовані зрілі ланцюги виступають сайтами зв'язування цих молекул і активаторами проліферації гепатоцитів (Zhou X. et al., 2006).

Починаючи з 3 доби після гепатектомії нами спостерігалася тенденція до підвищення рівня колагену в регенованої тканині печінки, досягаючи на 7 добу вихідних показників (Рис. 3.).

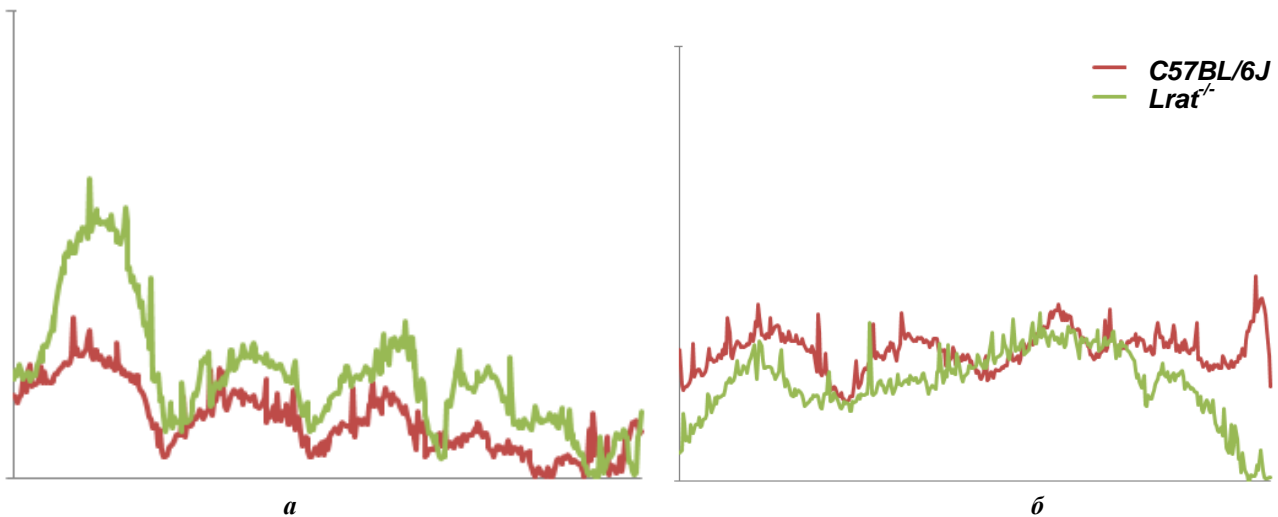


Рис. 6. Електрофоретичні профілі екстрагованої колагенової фракції печінки мишей дикого типу (C57BL/6J) та $Lrat^{-/-}$ на 24 (а) та 48 (б) години після часткової гепатектомії.

Fig. 6. Electrophoretic profiles of the extracted collagen fraction of wild-type mice (C57BL/6J) and $Lrat^{-/-}$ liver at 24 (a) and 48 (b) hours after partial hepatectomy.

Після проходження декількох раундів проліферації клітин печінки (що відбуваються в проміжку між 24 і 48 годинами), основну частину з яких складають гепатоцити, виникає потреба у формуванні нового ПКМ для новоутворених клітин. Водночас структурні компоненти ПКМ виступають місцями зв'язування спеціальних молекул необхідних для повноцінного відновлення структури печінки (Schuppan D. et al., 1998).

Фракційний аналіз колагенів печінки тварин дикого типу (C57BL/6J) з нормальною забезпеченістю вітаміном А дозволив виявити колагенові фібрили різного ступеня олігомеризації, зі значною часткою мономерів та димерів, що вказує на переважання новосинтезованих колагенових ланцюгів та лабільність утвореної структури позаклітинного матриксу (Рис. 6 б.).

Водночас в печінці $Lrat^{-/-}$ спостерігається низький рівень колагену (визначений за рівнем гідроксипроліну), зокрема, на 48 годину даний показник статистично достовірно нижчий порівняно з групою тварин C57BL/6J (Рис. 3.). Це може бути зумовлено як підвищенням активності матриксних металопротеїназ, так і порушенням процесів формування повноцінного колагену. Імовірно в нашому експерименті вказані події відбуваються одночасно. Утворені новосинтезовані колагенові фібрили повинні пройти етап дозрівання за участю ферменту трансглутамінази, оскільки у незрілому стані ці новосинтезовані білкові агрегати виявляються чутливими до дії протеїназ. Враховуючи залежність активності основного ензиму дозрівання колагенів – трансглутамінази – від рівня вітаміну А (Ohtake Y. et al., 2008), цілком імовірно, що в печінці мишей $Lrat^{-/-}$ процес формування стабільного колагено-

вого тримеру проходить неповноцінно. Цим можна пояснити виявлений нами низький загальний рівень колагену та низька частка тримерів в печінці даної групи тварин. В нашому експерименті це також підтверджується зростанням рівня вільного і зв'язаного гідроксипроліну в сироватці крові досліджуваних тварин (Рис. 5 б.), значні кількості яких утворюються при протеолізі незрілих колагенів.

Отже, нами встановлено, що наявність достатніх запасів вітаміну А в печінці у вигляді ретинілефірів ліпідних крапель стелатних клітин необхідна для повноцінної регенерації печінки. Водночас, відсутність вказаних запасів зумовлює порушення реструктуризації позаклітинного матриксу печінки, що, у свою чергу, негативно відображається на темпах регенерації печінки.

Список літератури

1. Balabaud C., Bioulac-Sage P., Desmouliere A. The role of hepatic stellate cells in liver regeneration // J. Hepatol. – 2004. – 40. – P. 1023-1026.
2. Budny T., Palmes D., Stratmann U., Minin E., Herbst H., Spiegel H. Morphologic features in the regenerating liver – a comparative intravital, lightmicroscopical and ultrastructural analysis with focus on hepatic stellate cells // Virchows Arch. – 2007. – Vol. 451. – P. 781-791.
3. Estep J., O'Reilly L., Grant G., Piper J., Jonsson J., Afendy A. Hepatic stellate cell and myofibroblast-like cell gene expression in the explanted cirrhotic livers of patients undergoing liver transplantation // Dig. Dis. Sci. – 2010. – Vol. 55. – P. 496-504.
4. Fausto N., Campbell J. S., Riehle K. J. Liver regeneration // Hepatology. – 2006. – Vol. 43. – P. 45-53.
5. Gardner J., Turner S., Bautista A., Lindwall G., Awada M., Hellerstein M. Measurement of liver collagen synthesis by heavy water labeling: effects of

- profibrotic toxicants and antifibrotic interventions // Am. J. Physiol. Gastrointest. Liver Physiol. – 2007. – Vol. 292. – P. 695-705.
6. Issa R., Zhou X., Trim N., Millward-Sadler H., Krane S., Benyon C., Iredale J. Mutation in collagen-1 that confers resistance to the action of collagenase results in failure of recovery from CCl₄-induced liver fibrosis, persistence of activated hepatic stellate cells, and diminished hepatocyte regeneration // FASEB J. – 2003. – Vol. 17. – P. 47-49.
 7. Leo M., Lieber C. Alcohol, vitamin A, and beta-carotene: adverse interactions, including hepatotoxicity and carcinogenicity // Am. J. Clin. Nutr. – 1999. – Vol. 69. – P. 1071-1085.
 8. Mabuchi A., Mullaney I., Sheard P., Hessian P., Mallard B., Tawadrous M. Role of hepatic stellate cell/hepatocyte interaction and activation of hepatic stellate cells in the early phase of liver regeneration in the rat // J. Hepatol. – 2004. – P. 40. – P. 910-916.
 9. Makino H., Shimizu H., Ito H., Kimura F., Miyazaki M. Changes in growth factor and cytokine expression in biliary obstructed rat liver and their relationship with delayed liver regeneration after partial hepatectomy // World J. Gastroenterol. – 2006. – Vol. 12. – P. 2053-2059.
 10. Martinez A., Amenta P. The extracellular matrix in hepatic regeneration // FASEB J. – 1995. – Vol. 9. – P. 1401-1410.
 11. Michalopoulos G. K. Liver regeneration after partial hepatectomy: critical analysis of mechanistic dilemmas // Am. J. Pathol. – 2010. – Vol. 176. – P. 2-13.
 12. Mitchell C., Willenbring H. A reproducible and well-tolerated method for 2/3 partial hepatectomy in mice // Nat. Protoc. – 2008. – Vol. 3. – P. 1167-1170.
 13. O'Byrne S., Wongsiriroj N., Libien J., Vogel S., Goldberg I., Blaner W. S. Retinoid absorption and storage is impaired in mice lacking lecithin:retinol acyltransferase (LRAT) // J. Biol. Chem. – 2005. – Vol. 280. – P. 35647-35657.
 14. Ohtake Y., Maruko A., Ohishi N., Kawaguchi M., Satoh T., Ohkubo Y. Effect of retinoic acid on transglutaminase and ornithine decarboxylase activities during liver regeneration // Cell Biochem. Funct. – 2008. – Vol. 26. – P. 359-365.
 15. Reid L., Fiorino A., Sigal S., Brill S., Holst P. Extracellular matrix gradients in the space of Disse: relevance to liver biology // Hepatology. – 1992. – Vol. 15. – P. 1198-203.
 16. Samuel C. Determination of Collagen Content, Concentration, and Sub-types in Tissue // Meth. Mol. Biol. – 2003. – Vol. 466. – P. 335 – 385.
 17. Schuppan D., Schmid M., Somasundaram R., Ackermann R., Ruehl M., Nakamura T., Riecken E. Collagens in the liver extracellular matrix bind hepatocyte growth factor // Gastroenterology. – 1998. – Vol. 114. – P. 139-152.
 18. Shirakami Y., Lee S., Clugston R., Blaner W. Hepatic metabolism of retinoids and disease associations // Biochim. Biophys. Acta. – 2012. – Vol. 1821. – P. 124-136.
 19. Taub R. Liver regeneration: from myth to mechanism // Nat. Rev. Mol. Cell Biol. – 2004. – Vol. 5. – P. 836-847.
 20. Zhang W., Chen X., Zhang W., Zhang F., Xiang S., Dong H. Hepatic non-parenchymal cells and extracellular matrix participate in oval cell-mediated liver regeneration // World J. Gastroenterol. – 2009. – Vol. 15. – P. 552-560.
 21. Zhou X., Jamil A., Nash A., Chan J. Impaired proteolysis of collagen inhibits proliferation of hepatic stellate cells // J. Biol. Chem. – 2006. – Vol. 281. – P. 39757 – 39765.

COLLAGENOUS EXTRACELLULAR MATRIX COMPONENT RESTRUCTURING DURING LIVER REGENERATION UNDER CONDITIONS OF VITAMIN A STORES DEFICIENCY

Shmarakov I.O., Myroniuk M.O., Buchkovska I.M., Kopylchuk G.P.

Liver possesses a unique ability to regenerate, allowing it to quickly restore normal functioning after acute injury. The development of the most pathological hepatic lesions (hepatitis, fibrosis, cirrhosis, hepatocellular carcinoma) are accompanied by striking decrease in retinoid stores, and loss of retinoid-containing lipid droplets by stellate cells, and the deepening of liver disease severity dramatically reduces its ability to regenerate. The study investigates the features of restructuring of liver collagenous extracellular matrix component and its features in the absence of retinoid stores. It is determined that the available reserves of vitamin A in hepatic stellate cells in the form of retinyl ester lipid droplets are required for full liver regeneration. However, using transgenic mice, with Lrat gene knockout (lecithin: retinol acyltransferase, EC 2.3.1.135), it is shown that the lack of the mentioned stores leads to the disruption of restructuring liver extracellular matrix, which in turn negatively reflects the rate of liver regeneration.

Key words: retinoids, extracellular matrix, collagen, liver regeneration.

Отримано редколегією 10.07.2012

УДК [639.215:216]547.64

ВМІСТ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ У ОРГАНІЗМІ КАРАСЯ І ОКУНЯ З Р. ЗБРУЧ

Т.В. Андрусин, В.В. Грубінко

Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка,
вул. М. Кривоноса, 2, м. Тернопіль, 46027, v.grubinko2@yahoo.com

Досліджено вміст металів у тканинах організму карася і окуня з р. Збруч. риби накопичують як біогенні (Fe, Zn, Mn, Co, Cu), так і токсичні (Pb, Cd, Ni) метали. Накопичення металів є тканиноспецифічним і частково визначається трофічними особливостями виду. Максимальне накопичення Cu в організмі окуня виявлено у печінці, в карася – у кістках; Zn в окуня – в кістках, в карася – у зябрах; Co в окуня – в кістках, в карася – в печінці; Ni – в окуня максимум накопичення був щомісячно в іншому органі, а в карася – постійно в кістках; Cd в окуня – в кістках, а в карася – в м'язах. Накопичення Fe, Mn і Pb і в окуня, і в карася найвищим було у печінці та кістках. Накопичення металів переважно характеризуються таким рядом: карась – Fe>Zn>>Ni>Cu~Co~Pb>Mn>Cd; окунь – Zn>Fe>>Ni>Cu~Co~Pb~Mn>Cd.

Ключові слова: важкі метали, карась, окунь, р. Збруч.

Вступ. В останні роки екологічна ситуація у гідроценозах річок значно погіршилася унаслідок зростаючого забруднення, що негативно позначилося на становищі окремих видів гідробіонтів (Пилипенко і ін., 2007). Пріоритетними забруднювачами сьогодення є важкі метали, оскільки вони, на відміну від речовин органічної природи, не розкладаються, а перерозподіляються між компонентами гідроєкосистеми, постійно перебуваючи в ній (Сорока, 2010; Федоненко і ін., 2010). Унаслідок забруднення важкими металами у організмі риб значно модифікується метаболізм (Грубінко, 2010), спостерігається мутагенний, ембріотоксичний, гонадотоксичний ефекти (Грициняк і ін., 2009), що викликає зміни у їх популяціях, порушення функціональної ролі у трофічній структурі і продуктивності гідроценозів (Гандзюра, Грубінко, 2008). Тому становить інтерес вивчення закономірностей формування токсикорезистентності риб до іонів металів, що є як токсикантами, так і регуляторами метаболізму в організмі риб (Гандзюра, Грубінко, 2008).

Особливу небезпеку для риб внутрішніх водойм становлять Cd, Co, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Zn (Ситник та ін., 2006). Нами досліджено вміст цих металів в організмі карася *Carassius auratus* L. і окуня *Perca fluviatilis* L. як представників різних ланок трофічного ланцюга, оскільки карась є типовим бентофагом, а окунь живиться як бентосними організмами, так може переходити на рибні об'єкти харчування (Захарченко, Беседінська, 2010).

Об'єкт і методи. Дослідження проводили протягом літньо-осіннього періоду у червні-вересні 2010 р. Карасів *Carassius auratus* L. і окунів *Perca fluviatilis* L. статевозрілого віку та масою 170-230 г виловлювали траловим методом з р. Збруч поблизу м. Волочиськ Хмельницької обл. (Сорока, 2011). Перед забором тканин для аналізу риб декапітували. Вміст металів визначали в печінці, зябрах, м'язах та кістках, за допомогою атомно-абсорбційного спектрофотометра С115 М1, попередньо спаливши наважки тканин при 100°С в концентрований нітратній кислоті (Мур, Рамамурти, 1987). Статистичну обробку даних здійснено за Brooks S. R. (1992). Величину коефіцієнта накопичення металів (K_n) розраховували за формулою:

$$K_n = C_{ip} / C_{iwp},$$

де: C_{ip} - концентрація *i*-ого металу органі/тканині, мг/кг; C_{iwp} - концентрація *i*-ого металу у воді, мг/дм³ (Сорока, 2011).

Результати та їх обговорення. На основі проведених досліджень визначено вміст важких металів та їх динаміку у тканинах та органах риб (табл. 1). Опираючись на дані про вміст важких металів у воді р. Збруч (Сорока, 2011), розраховано коефіцієнти накопичення Cu, Pb, Mn, Fe, Co, Ni, Cd, Zn у тканинах риб (табл. 2).

Carassius auratus L. Вміст *купруму* у всіх тканинах карася був найбільшим у липні та вересні, але низьким у серпні. Максимальну концентрацію цього металу зафіксовано у липні в печінці, зябрах

та м'язах, а у вересні – в кістках. Найвищий коефіцієнт накопичення металу встановлено у кістках.

Вміст *мангану* у печінці і м'язах був найбільшим у вересні, а у зябрах, як і в кістках – у липні. Найвищий коефіцієнт накопичення металу встановлено у кістках.

Вміст *феруму* у всіх тканинах карася був найвищим у вересні. Із загальної картини випадає динаміка концентрації металу у м'язах, оскільки вона знижувалася від червня до серпня, а у вересні – зростала. Щодо печінки, зябер та кісток, то тут динаміка вмісту феруму була флуктуаційною. Найвищий коефіцієнт накопичення металу встановлено у печінці.

Вміст *цинку* у всіх тканинах карася був найвищим у вересні. Крім цього спільною є і динаміка вмісту металу – зниження у липні відносно червня та подальше зростання. Лише у печінці на відміну від інших тканин у липні вміст цинку збільшився. Найвищий коефіцієнт накопичення металу встановлено у зябрах.

Вміст *плюмбуму* був найбільшим у печінці у червні, в зябрах – в липні, у м'язах – в серпні, в кістках – у вересні. Найвищий коефіцієнт накопичення металу встановлено у кістках.

Найвищий вміст *кобальту* у всіх тканинах зафіксовано у червні, а найнижчий – у липні, за винятком кісток, де мінімальний показник зафіксовано у вересні. Найвищий коефіцієнт накопичення металу встановлено у печінці.

Концентрація *нікелю* у всіх тканинах тіла карася була найнижчою у червні; найвищою у липні – в печінці і зябрах, а в серпні – у м'язах і кістках. Динаміка вмісту цього металу у печінці і зябрах є схожою у перші три місяці сезону, лише у вересні концентрація нікелю у печінці знизилася, а у зябрах зросла. У м'язах та кістках вміст металу зростав від червня до серпня, а у вересні – зменшився. Найвищий коефіцієнт накопичення металу встановлено у кістках.

Вміст *кадмію* у печінці, зябрах та м'язах був найвищим у червні, а у кістках – у вересні. У зябрах та кістках вміст кадмію знижувався до мінімального в серпні, у вересні – збільшився. Найвищий коефіцієнт накопичення металу встановлено у м'язах.

Perca fluviatilis L. Вміст *купруму* у тканинах окуня протягом червня-вересня у печінці і зябрах зростав до максимального значення у серпні, а у вересні – зменшився. У м'язах та кістках спільним є флуктуаційний характер динаміки вмісту з максимумом у липні та вересні відповідно. Найвищий коефіцієнт накопичення металу виявлено у печінці.

Вмісту *мангану* у тканинах окуня найбільший у липні, а найменший – в серпні, вересень характеризувався збільшенням вмісту металу щодо попереднього місяця. У печінці концентрація

металу збільшувалася від червня до максимального значення у серпні, а у вересні знижувалася до мінімальної величини. Найвищий коефіцієнт накопичення мангану виявлено у кістках.

Вміст *феруму* у печінці окуня був найвищим у липні, знижувався у серпні-вересні до мінімального значення за досліджуваній період. Концентрація металу у зябрах зростала, сягаючи максимуму у вересні. Вміст металу у м'язах та кістках був найменшим у липні, збільшився у наступні місяці до максимального рівня у вересні. Найвищий коефіцієнт накопичення металу характерний для печінки.

Концентрація *цинку* у тканинах окуня мала чітко визначену висхідну динаміку до серпня, коли виявлено найбільший вміст металу, однак у вересні він знизився. Із загальної картини дещо вирізняються кістки, в яких у липні, на відміну від інших тканин, вміст цинку знижувався, а мінімальне значення спостерігаємо у вересні. Найвищий коефіцієнт накопичення металу встановлено у кістках.

Вміст *плюмбуму* у тканинах окуня був найменшим у червні, зростав до максимального значення у липні, а у серпні-вересні знизився. У кістках у вересні концентрація металу збільшилася. Найвищий коефіцієнт накопичення металу встановлено у кістках.

Концентрація *кобальту* у печінці та м'язах окуня була найвищою у серпні, а у зябрах та кістках – у вересні. Мінімальні для всіх тканин показники накопичення кобальту виявлено у червні. Найвищий коефіцієнт накопичення металу встановлено у кістках.

У всіх тканинах окуня вміст *нікелю* з весни і влітку зростав з максимумом показників у серпні, а у вересні спостерігалось зниження концентрації металу. Найвищим за весь період дослідження вміст металу був у кістках. Найвищий коефіцієнт накопичення металу встановлений: в червні – у кістках, в липні – у м'язах, в серпні – у печінці, у вересні – в зябрах.

Вміст *кадмію* у печінці та кістках окуня знижувався у липні відносно червня та зростав у серпні, однак максимальною концентрація металу у кістках була у вересні, а в печінці, зябрах та м'язах – у серпні. Найвищий коефіцієнт накопичення металу встановлено у кістках.

З отриманих даних видно, що накопичення металів є тканиноспецифічним, а також пов'язано із їх взаємодією з зовнішніми чинниками. Максимальні коефіцієнти накопичення у окуня та карася відмінні для різних металів. Так, Си в організмі окуня депонується переважно в печінці, а у карася – в кістках; Zn в окуня – в кістках, а в карася – у зябрах; Со в окуня – в кістках, а у карася – в печінці; Ni – в окуня максимум накопичення був щомісячно в іншому

Таблиця 1
Динаміка вмісту важких металів в тканинах та органах карася і окуня з р.Збруч протягом червня-вересня 2010 р., мг/кг (n=3)

Table 1
Dynamics of contents of heavy metals in tissues and organs of crucian carp and perch from the Zbruch river during June-September 2010, mg/kg (n=3)

Вид	орган	Cu	Pb	Mn	Fe	Co	Ni	Cd	Zn
червень									
карась	печінка	1,98±0,17	4,68±0,35	1,22±0,15	98,02±6,45	4,16±0,18	7,72±0,65	1,01±0,10	44,46±0,55
	зябра	1,92±0,17	1,44±0,32	1,99±0,25	42,62±3,85	3,66±0,19	7,37±0,58	1,07±0,09	97,27±6,46
	м'язи	0,62±0,06	1,66±0,24	1,01±0,09	45,69±7,52	3,19±0,23	7,83±0,46	1,29±0,23	49,87±2,58
	кістки	2,99±0,73	4,24±0,26	4,21±0,25	21,00±3,18	4,04±0,20	8,84±0,50	1,01±0,02	84,11±6,86
окунь	печінка	1,59±0,20	2,00±0,15	2,50±0,12	72,30±4,69	1,17±0,01	4,49±0,75	0,82±0,03	34,20±1,60
	зябра	1,25±0,15	2,10±0,10	1,92±0,15	54,32±3,25	0,83±0,05	3,33±0,25	0,56±0,05	19,74±1,75
	м'язи	1,16±0,18	2,97±0,30	0,87±0,22	39,37±4,69	1,66±0,21	3,86±0,41	0,76±0,06	16,32±1,34
	кістки	1,19±0,23	3,52±0,57	10,46±2,40	49,88±4,06	2,56±0,13	4,85±0,29	0,95±0,05	72,42±3,41
липень									
карась	печінка	3,01±0,21	4,18±0,35	1,30±0,05	162,58±10,45	1,30±0,10	13,57±1,15	0,92±0,08	67,54±5,34
	зябра	3,23±0,21	3,74±0,34	2,40±0,16	48,47±3,39	1,40±0,11	13,34±0,91	0,89±0,02	94,82±3,12
	м'язи	3,34±0,37	3,06±0,83	1,66±0,13	40,99±3,05	1,33±0,17	12,87±0,64	0,80±0,02	26,81±1,39
	кістки	4,70±0,35	5,40±0,50	5,06±0,22	28,60±1,75	2,42±0,18	13,30±1,25	1,00±0,05	78,2±4,95
окунь	печінка	3,29±0,25	4,14±0,50	2,88±0,18	120,78±9,40	1,48±0,15	7,29±0,45	0,70±0,05	63,36±4,65
	зябра	2,14±0,15	4,60±0,56	2,20±0,14	57,40±4,75	1,62±0,16	8,12±0,78	0,76±0,07	45,40±3,85
	м'язи	1,99±0,34	5,57±0,15	1,72±0,09	27,72±1,68	1,80±0,07	9,28±0,70	0,83±0,08	23,68±1,32
	кістки	2,18±0,15	8,45±0,42	17,39±1,12	30,04±2,61	2,61±0,22	8,28±0,68	0,81±0,04	71,95±9,74
серпень									
карась	печінка	2,16±0,15	1,80±0,12	0,42±0,06	159,00±12,65	2,74±0,25	12,36±1,45	0,96±0,06	73,60±4,99
	зябра	2,08±0,12	3,45±0,93	1,21±0,27	45,86±3,94	2,26±0,28	11,21±0,88	0,88±0,07	98,39±5,72
	м'язи	1,73±0,13	3,98±0,29	1,02±0,13	36,14±3,39	2,51±0,11	13,30±1,01	0,92±0,02	51,30±2,35
	кістки	1,84±0,12	4,60±0,31	3,42±0,26	24,40±1,75	3,20±0,23	15,46±1,15	0,92±0,05	93,40±6,76
окунь	печінка	7,68±0,55	3,00±0,25	3,22±0,35	72,60±6,15	2,42±0,25	14,84±1,80	0,94±0,05	78,60±3,15
	зябра	2,60±0,16	3,99±0,31	3,05±0,25	62,79±4,85	1,55±0,09	14,57±1,05	0,99±0,06	58,59±3,58
	м'язи	1,68±0,08	4,22±0,53	0,25±0,01	35,08±3,78	2,03±0,19	13,83±0,40	0,88±0,02	41,37±6,48
	кістки	1,97±0,19	5,70±0,25	4,93±0,65	39,00±4,28	3,05±0,29	11,99±0,94	1,06±0,01	75,13±5,59
вересень									
карась	печінка	3,04±0,25	2,24±0,17	1,68±0,12	319,20±23,15	2,32±0,11	11,70±0,85	0,84±0,07	80,08±4,35
	зябра	3,06±0,18	3,25±0,28	1,75±0,06	87,38±6,25	1,97±0,10	12,38±0,66	0,95±0,02	120,26±6,01
	м'язи	3,07±0,20	3,75±0,34	1,66±0,03	63,85±2,30	1,89±0,08	12,56±0,64	0,89±0,07	54,50±1,91
	кістки	5,53±0,41	7,48±0,68	1,96±0,24	41,91±3,48	2,35±0,06	13,54±0,78	1,09±0,03	104,59±8,61
окунь	печінка	2,82±0,26	2,24±0,26	0,83±0,09	64,56±7,23	1,53±0,03	10,80±0,38	0,93±0,11	39,64±4,56
	зябра	1,91±0,25	2,38±0,22	1,22±0,14	82,69±4,51	1,90±0,24	11,10±1,18	0,83±0,05	33,29±2,71
	м'язи	1,79±0,13	3,87±0,37	0,73±0,17	39,68±1,67	1,95±0,07	10,36±0,76	0,79±0,01	18,35±0,63
	кістки	2,86±0,37	8,04±0,12	5,85±0,54	51,37±2,08	3,10±0,16	13,52±0,69	1,15±0,04	62,64±2,89

Таблиця 2
Коефіцієнт накопичення важких металів в організмі карася та окуня

Table 2
Accumulation coefficient of heavy metals in the body crucian carp and perch

Вид	орган	Cu	Pb	Mn	Fe	Co	Ni	Cd	Zn
червень									
карась	печінка	227,13	754,84	298,05	6578,52	967,44	200,57	3380,00	8717,65
	зябра	220,11	232,26	487,07	2860,40	851,16	191,45	3553,33	1907,55
	м'язи	70,69	268,23	245,85	3066,44	743,02	203,27	4316,67	9778,43
	кістки	344,48	684,35	1025,61	1409,39	940,00	229,48	3373,33	16492,16
окунь	печінка	182,76	322,58	609,76	4852,35	272,09	116,62	2733,33	6705,88
	зябра	143,22	338,71	467,80	3645,64	192,09	86,55	1866,67	3870,59
	м'язи	132,87	480,16	212,93	2642,15	385,12	100,18	2520,67	3200,00
	кістки	137,13	567,10	2551,71	3347,65	594,88	126,05	3170,00	14200,00
липень									
карась	печінка	972,26	491,76	1180,00	18267,42	0	9049,33	0	13783,67
	зябра	1043,23	440,00	2180,00	5446,40	0	8892,67	0	19351,02
	м'язи	1075,81	360,35	1509,09	4605,62	0	8582,67	0	5472,04
	кістки	1516,13	635,29	4600	3213,48	0	8866,67	0	15959,18
окунь	печінка	1062,58	487,06	2618,18	13570,79	0	4860,00	0	12930,61
	зябра	690,32	541,18	2000,00	6449,44	0	5413,33	0	9265,31
	м'язи	640,97	655,65	1560,00	3114,61	0	6184,00	0	4832,65
	кістки	702,26	993,65	15804,55	3375,28	0	5519,33	0	14683,67
серпень									
карась	печінка	392,73	136,36	190,91	41842,11	0	6180,00	0	17523,81
	зябра	378,55	261,06	551,82	12068,42	0	5604,00	0	23426,90
	м'язи	314,55	301,52	455,45	9510,53	0	6650,00	0	12214,28
	кістки	334,55	348,48	1554,55	6421,05	0	7730,00	0	22238,10
окунь	печінка	3214,55	227,27	1463,64	19105,26	0	7420,00	0	18714,28
	зябра	473,45	302,27	1384,09	16523,68	0	7287,00	0	13950,00
	м'язи	304,55	319,70	114,09	9232,37	0	6916,00	0	9850,00
	кістки	357,82	431,74	2242,27	10263,16	0	5995,00	0	17888,10
вересень									
карась	печінка	304,00	169,70	646,15	28500,00	0	2017,93	0	50050,00
	зябра	305,80	245,91	673,08	7801,78	0	2133,96	0	75162,50
	м'язи	307,30	284,09	638,08	5700,00	0	2165,00	0	34064,37
	кістки	552,90	566,67	754,23	3741,96	0	2333,79	0	65365,62
окунь	печінка	282,30	169,32	318,08	5764,28	0	1861,72	0	24771,87
	зябра	190,80	180,30	467,08	7383,03	0	1913,45	0	20806,25
	м'язи	179,10	286,59	280,00	3542,86	0	1786,21	0	11466,25
	кістки	286,10	609,09	2250,00	4586,61	0	1331,38	0	39147,50

Примітка: 0 – показник не розраховували у зв'язку з не виявленням металу у воді

органі, а у карася – постійно в кістках; Cd в окуня – в кістках, а у карася – в м'язах. Щодо таких металів як Fe та Mn і Pb, то їх накопичення і в окуня, і в карася найвищим було у печінці та кістках.

Інтенсивність накопичення металів представниками досліджених видів характеризуються такими рядами:

- печінка:
карась – Fe>Zn>>Ni>Cu~Co~Pb>Mn>Cd;
окунь – Fe>Zn>>Ni> Cu~Co~Pb~Mn>Cd;
- зябра:
карась – Zn>Fe>>Ni>Cu~Co~Mn>Pb>Cd;
окунь – Fe>Zn>>Ni>Cu~Co~Mn>Pb>Cd;
- м'язи:
карась – Zn~Fe>>Ni>Cu~Co~Mn~Pb>Cd;
окунь – Fe>Zn>>Ni>Pb>Cu~Co~Mn>Cd;
- кістки:
карась – Zn>>Fe> Mn>Ni>Cu~Co>Pb>Cd;
окунь – Zn>>Fe> Mn>Ni~Pb>Cu~Co>Cd.

Найзначніше досліджені риби накопичують цинк і ферум, менше – нікель, що пов'язано як з біологічною потребою у цих металах, так і з особливостями фізико-хімічної взаємодії іонів металів з молекулярними структурами клітин, що можуть бути їх лігандами (Сімчук, 2012). Звертає на себе увагу близьке за рівнем накопичення біогенних металів – мангану, купрум і кобальту, що є мікроелементами, але, разом з тим, і токсичного плумбуму, що свідчить про високий рівень забруднення водойми цим металом. Це підтверджується також накопиченням у тканинах риб кадмію. Тканинні відмінності накопичення металів незначні, проте більшою спорідненістю до них володіють кістки і м'язи. Зябра, ймовірно, є органом, через який здійснюється надходження і перерозподіл металів в організмі, а печінка в силу високої метаболічної активності активно виводить метали (Сімчук, 2012).

Відомо, що акумулювання водними організмами важких металів визначається складом і адсорбційною активністю поверхневих структур організмів, з якими контактують сполуки металів, а також залежить від хімічних властивостей іонів металу, фізико-хімічних характеристик водного середовища, в якому цей процес здійснюється, а також біологічної, насамперед трофічної, активності організму-накопичувача і його екологічної відкритості до дії чинників середовища існування (Сімчук, 2012). У процесі проникнення іонів важких металів в організм гідробіонтів на початку проходить досить швидко (від декількох хвилин до декількох годин в залежності від систематичної приналежності організмів) поглинання сполук металу з води в результаті сорбційних процесів чи іонообмінних або хімічних взаємодій з поверхневими структурами клі-

тин, а з насиченням цієї ємності накопичення починає лімітуватися іншими чинниками, такими як проникнення металу через мембранні структури, обміном речовин в самому організмі, швидкістю екскреції та ін. (Сімчук, 2012). Окрім цих особливостей накопичення металів необхідно відмітити також фізіолого-біохімічні. Першочергово накопичуються ті метали, що беруть активну участь в метаболічних процесах, насамперед, реагують з білковими чи іншими функціональними групами, легко і швидко засвоюються організмами з середовища чи з їжею та включаються в метаболічні процеси. Тому існують виражені таксономічні відмінності накопичення металів, пов'язані з еколого-фізіологічними особливостями організмів. Наприклад, у риб різних екологічних груп накопичення більшості мікроелементів зростає в ряді океанічні-морські-напівпрісодні-прісноводні (Патин, Мороз, 1981). Вважається, що суттєву роль в розвитку опірності організму до токсикантів відіграє генетично детермінована індивідуальна чутливість організмів до діючого фактору (-ів) (Сидорин и др., 2004). Щодо окремих видів тварин, то більша акумуляція металів виявлена у ектотермних тварин (риби, земноводні), очевидно завдяки відомій їх більшій термодинамічній відкритості та особливостям життєдіяльності у водному середовищі існування (Hochachka, Somero, 2002).

Якісних відмінностей у накопиченні металів між карасем і окунем нами виявлено небагато. Відмітимо лише певне переважання в м'язах і зябрах окуня феруму, а карася – цинку. Окунь у м'язах і кістках також накопичує більше, ніж карась, плумбуму, що може бути пов'язано з його розміщенням у трофічному ланцюзі як хижака далі, ніж карася.

Отже, карась і окунь з р. Збруч активно накопичують як біогенні (Fe, Zn, Mn, Co, Cu), так і токсичні (Pb, Cd, Ni) метали. Накопичення металів є тканинспецифічним, пов'язано з їх функціональними особливостями, а також, частково, з трофічними особливостями виду. Максимальне накопичення Cu в організмі окуня виявлено в печінці, а у карася – в кістках; Zn в окуня – в кістках, а в карася – у зябрах; Co в окуня – в кістках, а у карася – в печінці; Ni – в окуня максимум накопичення був щомісячно в іншому органі, а у карася – постійно в кістках; Cd в окуня – в кістках, а у карася – в м'язах. Накопичення Fe, Mn і Pb і в окуня, і в карася найвищим було у печінці та кістках. Інтенсивність накопичення металів переважно характеризуються таким рядом: карась – Fe>Zn>>Ni>Cu~Co~Pb>Mn>Cd; окунь – Zn>Fe>>Ni> Cu~Co~Pb~Mn>Cd.

Список літератури:

1. Гандзюра В. П., Грубінко В. В. Концепція шкодо-чинності в екології. – Київ-Тернопіль : Вид-во ТНПУ ім. Володимира Гнатюка, 2008. – 144 с.
2. Грициняк І. І., Литвинова Т. Г., Колесник Н. Л. Спосіб прогнозування концентрацій деяких важких металів в органах і тканинах коропових риб // Рибогосподарська наука України. – 2009. – № 2. – С. 21 – 24.
3. Грубінко В. В. Регуляторная роль металлов в адаптации гидробионтов: эволюционно-экологические аспекты // Совр. проблемы физиологии и биохимии водных организмов : III Межд. конф. с элементами школы для мол. ученых, аспирантов и студентов. Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 22-26 июня 2010 г. : тез. докл. – Петрозаводск : Ин-т биологии Кар. НЦ РАН, 2010. – С. 43 – 46.
4. Захарченко І. Л., Беседінська Н. І. Особливості живлення окуня Дністровського водосховища // Рибогосподарська наука України. – 2010. – №1. – С. 37 – 41.
5. Мур Дж., Рамамурти С. Тяжёлые металлы в природных водах. Контроль и оценка влияния. – М.: Мир, 1987. – 287 с.
6. Патин С. А., Мороз Н. П. Микроэлементы в морских организмах и экосистемах. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1981. – 152 с.
7. Пилипенко Ю. В., Бедункова О. О., Пилипенко Є. Ю. Міграційні шляхи розповсюдження іонів важких металів в органах і тканинах риб-біомеліораторів в умовах малих водосховищ // Вісник НУВГП. – Вип. 2 (38). – Рівне, 2007. – С. 313 – 318.
8. Сімчук С.Р. Особливості накопичення і розподілу важких металів у тварин різних еволюційних груп: автореф. дис. на здобуття наукового ступеня канд. біол. наук. Спеціальність “Екологія”. – Київ: Інститут агроекології і природокористування НААН України, 2012. – 21 с.
9. Сидорин Г. И. Луковникова Л. В., Фролова А. Д. Адаптация как основа защиты организма от вредного действия химических веществ // Росс. хим. журн. (Журн. Рос. об-ва им. Д.И. Менделеева). – 2004. – Т. 48, № 2. – С. 44 – 50.
10. Ситник Ю. М., Шевченко П. Г., Забитівський Ю. М. Токсикологічні аспекти загибелі вугра в озері Чорне Велике Шацького Національного природного парку (огляд) // Національний лісотехнічний університет України. Науковий вісник. – 2006. – Вип. 16. – С. 50 – 58.
11. Сорока Т.В. Динаміка вмісту важких металів у складових екосистемі р. Збруч у весняно-літній період // Біологічні системи. – 2011. – Т. 3., вип. 2. – С. 29 – 33.
12. Федоненко О. В., Єсіпова Н. Б., Шарамок Т. С., Яковенко В. О., Ананьєва Т. В. Екологічні аспекти сучасного стану промислового іхтіокомплексу Запорізького (Дніпровського) водосховища // Наук. зап. Терноп. нац. пед. ун-ту ім. В. Гнатюка. Сер. Біологія. – 2010. – № 2 (43). – С. 506 – 509.
13. Brooks S. P. A simple computer program with statistical tests for the analysis of enzyme kinetics // Biotechnology techniques. – 1992. – Vol. 13. – P. 906 – 911.
14. Hochachka P. W., Somero G. N. Biochemical Adaptation: Mechanism and Process in Physiological. Evolution. – New York - London : Oxford University Press US, 2002. – 466 p.

CONTENT OF HEAVY METALS IN ORGANISM OF *CARASSIUS AURATUS* L. AND *PERCA FLUVIATILIS* L. FROM RIVER ZBRUCH

T.V. Andrusyshyn, V.V. Grubinko

Content of metals is investigational in organism of the Carassius auratus L. and Perca fluviatilis L. from river Zbruch accumulate biogenic (Fe, Zn, Mn, Co, Cu) and toxic (Pb, Cd, Ni) metals. An accumulation of metals is tissue-specific and partly determined by the trophic features of kind. The maximal accumulation of Cu in the organism of P. fluviatilis is educed in a liver, for the C.auratus - in bones; Zn for a P. fluviatilis - in bones, for the C. auratus – in branchiaes; Co for a P. fluviatilis - in bones, for the C.auratus - in liver; Ni - for a P. fluviatilis at most accumulation was monthly in other organ, and for the C.auratus - constantly in bones; Cd for a P. fluviatilis - in bones, and for the C.auratus - in muscles. Accumulation of Fe, Mn and Pb and for P. fluviatilis and for the C.auratus the greatest was in a liver and bones. The accumulations of metals are mainly characterized by such row: the C.auratus - Fe>Zn>>Ni>Cu~Co~Pb>Mn>Cd; P. fluviatilis - Zn>Fe>>Ni> Cu~Co~Pb~Mn>Cd.

Keywords: heavy metals, Carassius auratus L., Perca fluviatilis L., river Zbruch.

Отримано редколегією 01.07.2012

FOOD WEB MEASURES OF ECOSYSTEM STABILITY

Oksana Y. Buzhdygan¹, Svetlana S. Rudenko¹, Bernard C. Patten²¹ Department of Ecology and Biomonitoring, Chernivtsi National University, Chernivtsi 58012, Ukraineoksana.buzh@gmail.com rudenko@chnu.edu.ua;² Odum School of Ecology, The University of Georgia, Athens, GA 30602, USAbmpatten@earthlink.net

Ecosystem stability and stability-diversity relationship are at the forefront of ecological interests. According to reviews of diversity-stability studies, food web diversity and complexity can be expected, on average, to give rise to ecosystem stability. However, it seems that focus on food web measures by which ecosystem health and stability can be assessed is still needed. Even with increased attention to stability drivers, a gap exists between food web measures and resistance/resilience aspects of stability. This paper investigates ecosystem stability assessment based on comparative food-web analysis of 31 pastoral ecosystems. Social Network Analysis tools are used to build and aggregate trophic networks. Network indices are investigated for their contributions to system stability. Stability is positively related to the network indices number of nodes, number of links, linkage density, connectance, number of specific nodes, relational connectivity, and number of surplus links, and negatively related to flattening of links, structural-functional complexity and structural saturation. This study confirms that food web information can be used to assess the stability and health states of ecosystems. Trophic network indices appear to be sensitive indicators of pastoral ecosystem stability or instability, and useful for assessing the health of ecosystems in general. We develop resistance and resilience stability measures based on a network indices rating analysis. Stability or instability ranges are based on the absolute difference between average ratings of their indicators.

Keywords: food webs, trophic networks, ecosystem stability, resistance, resilience, linkage density, connectance, complexity, pastoral ecosystem.

Introduction. Assessing ecosystem health is in the forefront of ecological interests (Salomon, 2008; Karr, 2008). Numerous parameters have been employed as stability measures, including population parameters of different species. The last decade has seen steady growth in the number of indices that describe trophic networks (Bersier et al, 2002; Dunne et al., 2004; Dell et al., 2005). Investigation of food web measures for their contribution to system stability is an enduring line of inquiry in ecology.

Population behavior is highly variable compared to community structure (Bjornstad & Grenfell, 2001; Dell et al., 2005). Community trophic networks are complex and stable over ecological time (Dell et al., 2005) and exhibit consistent patterns and rules (Martinez, 1994; Warren, 1994; Williams & Martinez, 2000; Camacho et al., 2002; Garlaschelli et al., 2003; Cattin et al, 2004; Ariei et al., 2007; Dell et al., 2005). This makes them good objects for assessing ecosystem stability. Species interactions are the basis for forming higher level food-web structure (Ulanowicz, 2004). According to Ariei & Parrott (2004), food-web structure can directly affect a system's ability to tolerate species extinction (Dell et al., 2005). That is why trophic network properties are essential to maintaining system stability.

Numerous works have sought to determine the drivers of positive diversity-stability relationships.

Elton (1958), Odum (1953) and MacArthur (1955) were among the first proponents of this concept. Elton suggested that greatly simplified communities were more sensitive to invasions, and that complex communities were resistant to unusual behavior. Odum argued that the amount of choice energy has when flowing through a trophic network is a direct measure of system stability. MacArthur considered that more compartments were a buffer against perturbations. Puzachenko (1989) considered feeding interaction diversity as a unique instrument enabling ecosystems to resist disturbances.

It was somewhat paradoxical when May (1973), Gardner & Ashby (1970), Pimm & Lawton (1978), and Williams & Martinez (2004) indicated that diversity destabilized communities based on randomly constructed community models. Armand (1992) also held that biotic interaction complexity increased community susceptibility to external disturbance.

McCann (2000) bridged the gap between these two approaches, suggesting that randomly constructed trophic networks cannot reflect a real system's capability to respond adaptively to fluctuating conditions, which can increase as the system becomes more diverse (Naeem, 1998; Dell et al., 2005; Barabasi & Albert, 1999).

The past two decades have seen an incredible increase in the number of works on diversity-stability relations (Tilman & Downing, 1994; Tilman, 1996;

Naeem & Li, 1997; McGrady-Steed & Morin, 2000; Parrott, 2010).

According to reviews of diversity-stability studies (McCann, 2000; Cottingham et al., 2001; Diaz & Cabido, 2001; Worm & Duffy, 2003; Loreau et al., 2001; Ives & Carpenter, 2007; Jiang & Pu, 2009; Campbell et al., 2010), food web diversity and complexity can be expected, on average, to give rise to ecosystem stability. However, it seems that focus on food web measures by which ecosystem health and stability can be assessed is still needed. Even with increased attention to stability drivers, a gap exists between food web measures and resistance/resilience aspects of stability.

In this paper we present a scheme for assessing ecosystem stability based on comparative analysis of constructed food webs for 31 pastoral ecosystems. Food web properties as unweighted networks (digraphs, adjacency matrices) are examined for their contribution to stability. In particular, we evaluate for each studied system the number of nodes, number of links, linkage density, connectance, number of specific nodes, relational connectivity, number of surplus links, flattening of trophic links, structural-functional complexity, and structural saturation. Then we assess resistance and resilience stability based on food web characteristics in our 31 pastures.

Materials and methods:

Pastoral ecosystems sampling. We studied 31 public pastoral ecosystems located throughout the Chernivtsi Region of Western Ukraine. These grasslands have been unmanaged since 1992 and are used as commons for cattle pasturing.

Samples for food web analysis were gathered during peak growing seasons (June and July) of 2005, 2006, and 2007.

Plant and insect specimens were identified as much as possible to species.

Plant standing stocks were assessed as oven-dried biomass of plants / m².

Plant urbanization was estimated as the fraction of urban flora in each plant community (Protopopova, 1973). Pastoral degradation was assessed as the fraction of plant-indicators of pasture

health based upon methodology and scales of Ramensky et al. (1956).

Earthworms (subclass Oligochaeta) were separated by a standard method, Quantitative Hand Sorting (Fasulaty, 1971).

Microbiological soil analysis was based on cell counts of three microbial groups: Heterotrophic Bacteria, Fungi (Micromycetes) and Ray Fungi (Actinomycetes). Cells were cultured on specific substrates under controlled temperature (T) conditions—Heterotrophic Bacteria: meat-peptone agar, 28 ≤ T ≤ 30°C; Fungi (Micromycetes): modified Czapek-Dox substrate with streptomycin, 20 ≤ T ≤ 25°C; Ray Fungi (Actinomycetes): starch-ammonium agar, 28 ≤ T ≤ 30°C (Zvagynev, 1980; Zvagynev et al., 2000).

Cattle density was counted as number of animals / 100 m².

Trophic compartments selection. In building trophic networks, food-web scientists have taken different approaches to selection of compartments and their aggregation into functional groups (Elton, 1927; Root, 1967; Hawkins & MacMahon, 1989; Pimm et al., 1991, Goldwasser & Roughgarden, 1993; Persson et al., 1996; Yodzis & Winemiller, 1999; Post, 2002).

Usually, biological species are the elementary units in constructed food webs. However, different ontogenetic stages and sexes of the same species can occupy different trophic niches. Understanding of food web properties can clearly be limited by empirical and conceptual aspects of network structure.

We defined trophic compartments based upon distinct feeding roles in the studied pastures. Our basic categories for compartments were plant species, their pollen and nectar, cattle, ontogenetic stages and sexes of insects reflecting distinct trophic roles, earthworms, heterotrophic bacteria, fungi, ray fungi, plant litter, animal litter, detritus, and cattle excrement. Appendix 1 (on-line data supplement) lists taxonomic names and identification numbers for each of 494 compartments. Table 1 lists 15 basic categories for compartments containing the 494 primary ones.

Table 1

Trophic compartments used for building of trophic networks of pastoral ecosystems

Compartment variety	Number of compartments	Compartment variety	Number of compartments
1) plants	179	9) heterotrophic bacteria	1
2) pollen and nectar of plants	134	10) fungi (Micromycetes)	1
3) larvae of insects	28	11) ray fungi (Actinomycetes)	1
4) imago of insects (adults)	136	12) plant litter	1
5) males of insects	4	13) animal litter	1
6) females of insects	4	14) detritus	1
7) cattle	1	15) cattle excrements	1
8) earthworms	1	Σ	494

Social Network Analyses. We used Social Network tools to construct and analyze our food web networks. We formed a square ($n \times n$; n the number of compartments) adjacency matrix $A = (a_{ij})$, $i, j = 1, \dots, n$, of zeros and ones oriented from rows to columns. A matrix entry of $a_{ij} = 1$ signified a biomass feeding flow from row compartment i to column compartment j . A value of $a_{ij} = 0$ indicated no food transfer from i to j . Self transfers, if any, appeared on the principal diagonal, $a_{ii} = 1$.

We aggregated our 494 primary compartments based on their trophic role similarity. To assess this we used a "regular equivalence" algorithm drawn from Social Network Theory (Borgatti & Everett, 1993). Regular-equivalent compartments are those that eat ("predator" orientation) or are eaten by ("prey" orientation) trophically equivalent, but not necessarily the same, compartments (Luczkovich et al., 2003). Below, we detail the aggregation scheme used:

1. Adjacency matrix entries were assessed by the regular equivalence algorithm using Ucinet 6 software for Social Network Analysis (Borgatti, Everett & Freeman, 2002).

2. An output proximity matrix derived from step 1 was used as input data for Johnson's Hierarchical Clustering algorithm (Johnson, 1967).

3. An Ucinet output dendrogram derived from step 2 was used to aggregate most similar compartments into a single trophic class. By a measure of cluster adequacy the 494 primary compartments resulted in 15 trophic classes. All 31 pastoral ecosystems were formalized in the same way: (1) Gazing Plants; (2) Grazing-tolerant Plants; (3) Pollen and Nectar; (4) Cattle; (5) Herbivorous insects; (6) Pollinators; (7) Bloodsucking Parasites of cattle; (8) Carnivorous Insects; (9) Omnivores insects; (10) Insects that feed in other ecosystems; (11) Decomposers; (12) Plant Litter; (13) Animal Litter; (14) Cattle Excrement; and (15) Detritus.

We used Ucinet 6 software (Borgatti, Everett & Freeman, 2002) as described above, and for visualization of trophic networks Network Drawing Software, Pajek 2.00 (Batagelj & Mrvar, 2010; available on-line at <http://vlado.fmf.uni-lj.si/pub/networks/pajek>) (Figures 1 and 2). Colors were used to identify trophic class membership based on the regular-equivalence relations.

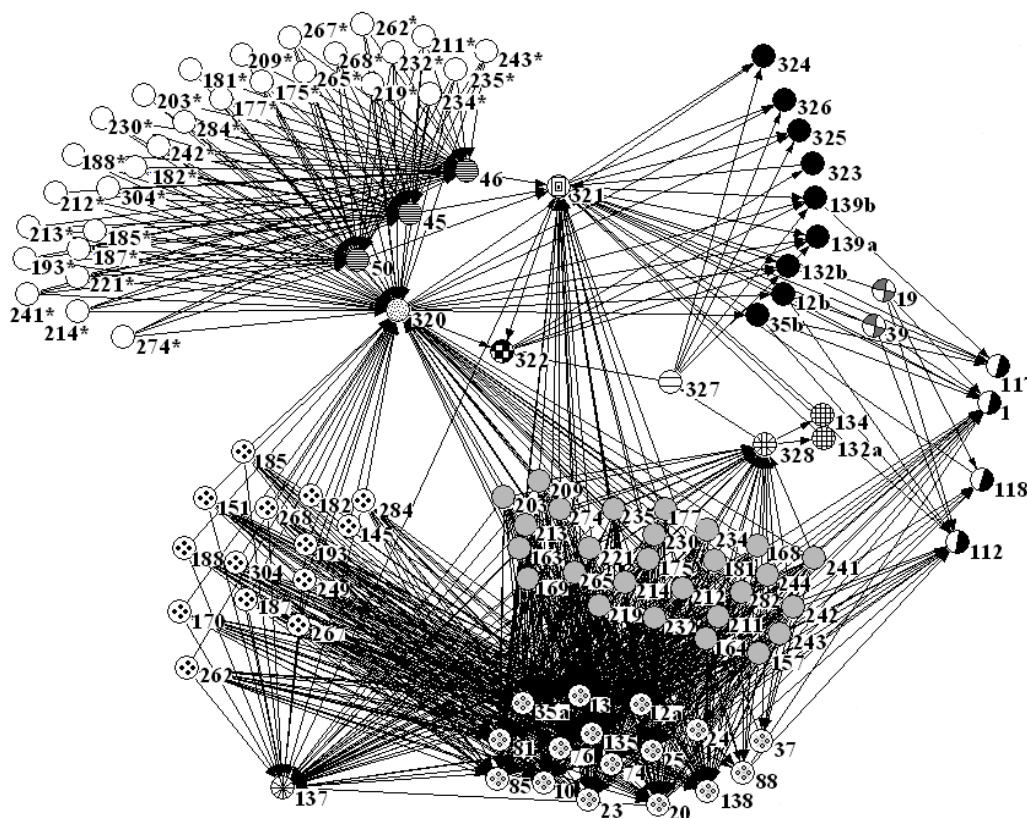


Fig. 1. Graph of a simple food web of one from 31 pastoral ecosystems (Dolyshnij Shepit). Lines represent trophic linkages. Color codes represent trophic class membership based on the regular equivalence relations (the same as in Fig. 2).

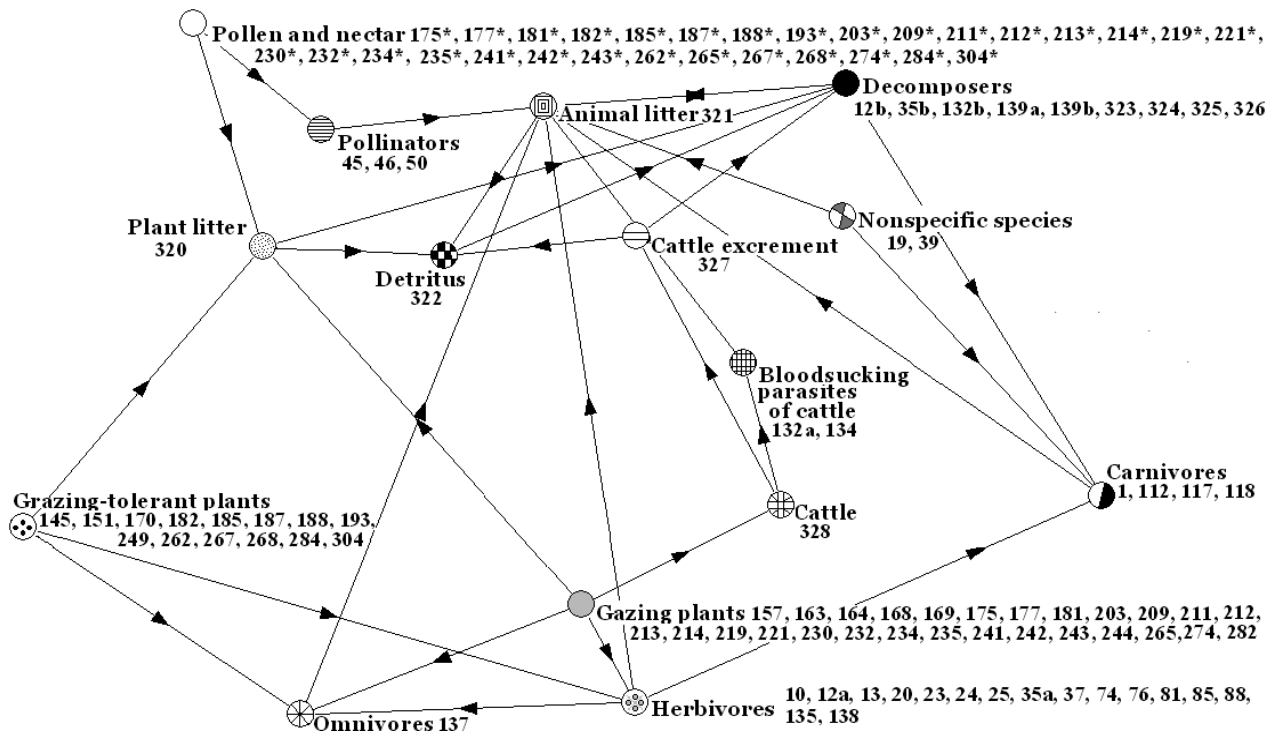


Fig. 2. Graph of an aggregated food web of one from 31 pastoral ecosystems (Dolyshnij Shepit). Lines represent trophic linkages. Color codes represent trophic class membership based on the regular equivalence relations.

Results and Discussion:

Trophic network indices. The food web indices defined and notated below were used to assess stability:

- Number of nodes (N) and trophic links (L) reflect the amount of choice energy has in traversing a food web. We found it important to observe the directions of N and L-stability relations.

- Food web complexity (C) counts all possible interactions ($C = L/n^2$), where $0 \leq L \leq n^2$ is the number of links ($a_{ij} = 1$) and n^2 is the maximum possible number (Martinez, 1992; Dell et al. 2005; Parrott, 2010).

- Linkage density (LD) is a node-specific linkage measure (Dell et al. 2005):

$$LD = L/n .$$

- Number of specific nodes (SN) measures the proportion of nodes for the number of trophic classes (CI):

$$SN = n/CI.$$

- Relational connectivity (RC) is a function of number of links and number of trophic classes:

$$RC = L/CI (CI - 1) * 100.$$

- Number of surplus links (SL) may also contribute to system stability $(L - C - 1)/100$.

- Link flattening (LF), based on Shannon's formula (1948), was used to measure the distribution of links across trophic classes:

$$LF = -\sum (m_i/n) \log_2(m_i/n)$$

where m_i is the number of links in trophic class i .

- Structural-functional complexity (SFC) incorporates both link and node flattening in trophic classes and reflects a different pattern of information compared with linkage density and complexity. We used a community complexity formula, modified after Emelyanov (1999):

$$SFC = (LF \times NF)^{1/2},$$

where $NF = -\sum (n_i/n) \log_2(n_i/n)$, n_i the number of nodes in trophic class i .

- Structural saturation (SS) is the proportion (percent) of trophic classes and number of nodes, $SS = CI/n * 100$.

These indices were used to analyze our 31 pastoral ecosystem trophic networks. Results are summarized in Table 2.

Table 2

Network indices calculated for food webs of Ukrainian pastoral ecosystems

№	Pastoral ecosystems	Trophic network indices									
		L	N	LD	SA	Con	RC	SL	LF	SFC	SS
1	Vikno	496	86	33	5.73	2.20	2.36	4.09	1.82	2.04	0.17
2	Kostrzyzhivka	147	41	10	2.73	0.65	0.70	1.05	2.08	2.24	0.37
3	Luzhany	300	69	23	5.31	1.78	1.92	2.3	1.51	1.74	0.19
4	Polyana	396	80	30	6.15	2.34	2.54	3.15	1.46	1.74	0.16
5	Chornyvka	362	69	24	4.60	1.61	1.72	2.92	1.74	1.97	0.22
6	Zelena	295	66	21	4.71	1.51	1.62	2.28	1.71	1.95	0.21
7	Vovchynec	319	66	21	4.40	1.42	1.52	2.52	2.00	2.10	0.23
8	Stavchany	299	66	20	4.40	1.33	1.42	2.32	1.89	2.09	0.23
9	Grushivcy	286	83	22	6.38	1.69	1.83	2.02	1.77	1.88	0.16
10	Myhalkove	255	68	18	4.86	1.30	1.40	1.86	1.94	2.06	0.21
11	Magala	310	69	22	4.93	1.58	1.70	2.4	1.73	1.90	0.20
12	Zarozhany	250	63	21	5.25	1.74	1.89	1.86	1.76	1.92	0.19
13	Ternavka	399	75	27	5.00	1.77	1.90	3.23	1.70	1.95	0.20
14	Gorbovo	977	135	70	9.64	4.98	5.37	8.41	1.44	1.71	0.10
15	Valya Kuzmyna	773	107	59	8.23	4.57	4.96	6.65	1.51	1.78	0.12
16	Myhalcha	512	84	34	5.60	2.28	2.44	4.27	2.01	2.15	0.18
17	Chervona-Dibrova	665	102	44	6.80	2.96	3.17	5.62	1.53	1.78	0.15
18	Dubovo	311	75	21	5.00	1.38	1.48	2.35	1.90	2.00	0.20
19	Kostynsy	641	97	43	6.47	2.85	3.05	5.43	1.64	1.90	0.15
20	Brusnyca	475	88	34	6.29	2.42	2.61	3.86	1.66	1.91	0.16
21	Chereshenka	460	80	33	5.71	2.35	2.53	3.79	1.63	1.90	0.18
22	Banyliv Pidgirnyj	297	75	21	5.36	1.52	1.63	2.21	1.52	1.77	0.19
23	Krasnoyilsk	242	66	17	4.71	1.23	1.33	1.75	1.66	1.84	0.21
24	Staryj Vovchynec	496	93	35	6.64	2.53	2.73	4.02	1.47	1.72	0.15
25	Stebnyk	98	49	8	4.08	0.68	0.74	0.48	1.71	1.84	0.24
26	Lopushna	686	102	49	7.29	3.50	3.77	5.83	1.43	1.74	0.14
27	Dolyshnij Shepit	856	113	57	7.53	3.80	4.08	7.42	1.43	1.71	0.13
28	Ust-Putyla	274	84	21	6.46	1.62	1.76	1.89	1.58	1.70	0.15
29	Selatyn	540	104	36	6.93	2.40	2.57	4.35	1.58	1.77	0.14
30	Shepit	275	77	21	5.92	1.63	1.76	1.97	1.44	1.69	0.17
31	Percalab	285	96	20	6.86	1.45	1.57	1.88	1.58	1.71	0.15

Contributions of trophic network indices to ecosystem stability. There is little doubt that pasture stability is positively related to plant production and negatively related to plant urbanization and pastoral degradation. We use these general observations as

background for our more specific food web-based assessments.

We used correlation analysis of the Table 2 comparative data to measure the contribution of the above network indices to system stability (Table 3).

Table 3

Correlation Analysis of Network Indices and Pasture Properties

Properties	L	N	LD	C	LF	SFC	RC	SN	SS	SL
plant production	0.56	0.49	0.56	0.57	-0.22	-0.16	0.57	0.47	-0.29	0.56
plant urbanization	-0.32	-0.40	-0.32	-0.31	0.49	0.50	-0.31	-0.40	0.42	-0.31
pastoral degradation	-0.36	-0.29	-0.39	-0.41	0.48	0.41	-0.42	-0.34	0.33	-0.36
L		0.91	0.99	0.97	-0.50	-0.34	0.96	0.84	-0.71	1.00
N			0.91	0.89	-0.61	-0.56	0.89	0.96	-0.88	0.89
LD				0.99	-0.53	-0.39	0.99	0.87	-0.73	0.99
C					-0.57	-0.44	1.00	0.89	-0.75	0.96
LF						0.95	-0.58	-0.70	0.71	-0.48
SFC							-0.44	-0.67	0.71	-0.32
RC								0.89	-0.75	0.96
SN									-0.92	0.82
SS										-0.68

Boldfaced entries mean r is significant when P < 0.05

Based on their strong positive correlations with pasture plant production, and negative correlations with pastoral degradation and plant urbanization, the indices listed below in Group I are concluded to be positive stability indicators. In contrast, those in Group II are negatively correlated with plant production and positively correlated with pastoral degradation and plant urbanization. Therefore, they are expected to decrease ecosystem stability and are concluded to be instability indicators.

I: number of nodes (n), number of links (L), linkage density (LD), connectance (C), number of specific nodes (SN), relational connectivity (RC), number of surplus links (SL);

II: flattening of links (LF), structural-functional complexity (SFC), structural saturation (SS).

Negative correlations between the Group I and Group II indices (Table 3) give evidence of their inverse directions in contributing to ecosystem stability.

Table 4

Comparative Assessment of Pastoral Ecosystem State

Pastoral ecosystem	The average rating of stability indicators (L, N, LD, C, RC, SN)	The average rating of instability indicators (LF, FC, SS)	Absolute difference (A) between a and b	Ranges of ecosystem stability / instability	Ecosystem state
	a	b	A= a-b		
Gorbovo	1.00	0.02	0.98	maximal	Resistant stability
Valya Kuzmyna	0.81	0.12	0.69	high	
Dolyshnij Shepit	0.78	0.05	0.73	higher than middle	
Lopushna	0.66	0.08	0.58		
Chervona-Dibrova	0.60	0.17	0.43		
Selatyn	0.50	0.17	0.33		
Staryj Vovchynec	0.47	0.10	0.37	lower than middle	
Polyana	0.39	0.12	0.27		
Percalab	0.31	0.15	0.16		
Ust-Putyla	0.31	0.14	0.17		
Shepit	0.31	0.09	0.22		
Luzhany	0.31	0.18	0.13	low	
Banyliv Pidgirnyj	0.31	0.21	0.10	lower than middle	
Kostynsy	0.56	0.31	0.26		
Brusnyca	0.44	0.33	0.11	low	Resilient stability
Chereshenka	0.41	0.33	0.08		
Grushivcy	0.31	0.36	0.07	low	Resilient instability
Ternavka	0.31	0.42	0.11		
Vikno	0.42	0.50	0.08		
Chornyvka	0.31	0.48	0.25	lower than middle	
Myhalcha	0.43	0.67	0.24		
Magala	0.25	0.40	0.15	low	Resistant instability
Krasnoyilsk	0.18	0.34	0.16	lower than middle	
Zarozhany	0.24	0.42	0.18		
Zelena	0.23	0.44	0.21		
Stebnyk	0.04	0.41	0.37	middle	
Dubovo	0.24	0.55	0.31		
Myhalkove	0.20	0.62	0.42		
Vovchynec	0.21	0.64	0.43		
Stavchany	0.23	0.70	0.47	higher than middle	
Kostrzyzhivka	0.02	1.00	0.98	maximal	

Food web assessment of pasture stability. The absence of previous data on health of the researched pastures leaves a gap in understanding of criteria needed to assess stability. This problem can be solved by comparative analysis of the stability (Group I above) and instability (Group II) indicators. We use the network indices for a rating analysis. Ratings for each index (x_i) are calculated as:

$$x_i = \min/(\max - \min),$$

where min is the minimum index measure, and max is the maximum measure (Gorova et al., 2007).

Average ratings of stability indicators a and instability indicators b serve as basic ecosystem health measures (Table 4), as follows:

- the ecosystem is stable when $a \geq 0.31$ (midrange) and $b < 0.31$, or when $b \geq 0.31$ but $a > b$;

- the ecosystem is unstable if $a < 0.31$ and $b \geq 0.31$, or when $a \geq 0.31$ but $b > a$.

The number 0.31 as midrange of rating was based on the rating scale of Gorova et al. (2007). The food web measures show two different behavior types in both the stable and unstable cases. The basic stability behaviors are *resistance* and *resilience*. Resistance is the degree of not changing after perturbation, and resilience is the degree of returning after a disturbance response to pre-perturbation states. Ecosystems tend to be either resistant or resilient, but not both (Armand, 1992).

When $a \geq 0.31$ (midrange) and $b < 0.31$, and vice versa, a system is resistant to change. When both a and $b \geq 0.31$ the system behavior is changeable and this reflects resilience characteristics.

Thus four ecosystem states are recognized:

- (1) resistance stable — $a \geq 0.31$ and $b < 0.31$;
- (2) resistance unstable — $a < 0.31$ and $b \geq 0.31$;
- (3) resilience stable — a and b both ≥ 0.31 and a exceeds b ;
- (4) resilience unstable — a and b both ≥ 0.31 and b exceeds a .

Food web analysis of our 31 pastoral ecosystems indicated that 13 were resistance stable, 3 resilience stable, 5 resilience unstable and 10 resistance unstable (Table 4).

The absolute difference, $A = |a - b|$, between the average ratings of the stability and instability indicators, based upon the rating scale of Gorova et al. (2007), was used for assessing stability and instability ranges as follows:

- low*: $0.0 \leq A \leq 0.15$;
- lower than middle*: $0.16 \leq A \leq 0.3$;
- middle*: $0.31 \leq A \leq 0.45$;
- higher than middle*: $0.46 \leq A \leq 0.6$;
- high*: $0.61 \leq A \leq 0.75$;
- maximal*: $0.76 \leq A \leq 1.0$.

Conclusions

This study confirms that food web information can be used to assess the stability and health states of ecosystems. Trophic network indices appear to be sensitive indicators of pastoral ecosystem stability or instability, and useful for assessing the health of ecosystems in general.

Our results show positive contributions to stability from the Group I network indices: *number of nodes*, *number of links*, *linkage density*, *connectance*, *number of specific nodes*, *relational connectivity*, and *number of surplus links*. We also show negative contributions to stability from Group II measures: *flattening of links*, *structural-functional complexity*, and *structural saturation*.

Four ecosystem states are recognized based on average ratings of stability and instability indicators:

- (1) resistance stable — mean stability indicator ratings ≥ 0.31 (midrange) and instability ratings < 0.31 ;
- (2) resistance unstable — mean stability indicator ratings < 0.31 and instability ratings ≤ 0.31 ;
- (3) resilience stable — mean stability and instability indicator ratings both ≥ 0.31 and stability exceeds instability; and
- (4) resilience unstable — mean stability and instability indicator ratings both ≥ 0.31 and instability exceeds stability.

Stability or instability levels were based upon the absolute difference (A) between the average ratings of their indicators, as follows: low level, $0.0 \leq A \leq 0.15$; lower than middle level, $0.16 \leq A \leq 0.3$; middle level, $0.31 \leq A \leq 0.45$; higher than middle level, $0.46 \leq A \leq 0.6$; high level, $0.61 \leq A \leq 0.75$; and maximal level, $0.76 \leq A \leq 1.0$.

Food web analysis is difficult ecological research, but seeing research intuition reflected in hard data is encouraging that network structure and function do in fact contribute to how ecosystems behave, naturally and under disturbance.

Acknowledgments. This research was supported by Chernivtsi National University, Ukraine. We thank Stephan S. Kostyshyn and Myhajlo M. Marchenko for providing comments. Suggestions from Stuart J. Whipple improved the paper, which also benefited from comments of other University of Georgia, USA scientists at the Odum School of Ecology and Faculty of Engineering. We also thank scientists of the Department of Ecology and Biomonitoring of Chernivtsi National University for many helpful conversations and discussions.

References

1. Ariei, K. and Parrott, L. 2004. Emergence of non-random structure in local food webs generated from randomly structured regional webs. *Journal of Theoretical Biology* 227(3): 327–333.
2. Ariei, K., Derome, R., Parrott, L. 2007. Examining the potential effects of species aggregation on the network structure of food webs. *Bulletin of Mathematical Biology* 69: 119–133.
3. Armand, A.D., 1992. *Stability mechanisms of geological systems*. Science, Moscow.
4. Barabasi, A.-L. and Albert, R. 1999. Emergence of scaling in random networks. *Science* 286: 509–512.
5. Batagelj, V. and Mrvar, A. 2010. *Pajek*. <http://vlado.fmf.uni-lj.si/pub/networks/pajek/>
6. Bersier, L.-F., Banašek-Richter, C. and Cattin M.-F. 2002. Quantitative descriptors of food web matrices. *Ecology* 83: 2394–2407
7. Bjornstad, O.N. & Grenfell, B.T. 2001. Noisy clockwork: time series analysis of population fluctuations in animals. *Science* 293: 638–643.
8. Borgatti, S. P., Everett, M. G. 1993. Two algorithms for computing regular equivalence. *Social Networks* 15: 361–376.

9. Borgatti, S. P., Everett, M. G., Freeman, L. C., 2002. *UCINET VI*. Software for Social Network Analysis. Natick: Analytic Technologies.
10. Camacho J., Guimera R., Nunes Amaral L. 2002. Robust patterns in food web structure. *Phys. Rev. Lett.* 88: 228102.
11. Campbell, V. Murphy, G. and Romanuk, T. N. 2010. Experimental design and the outcome and interpretation of diversity-stability relations. *Oikos*. In press.
12. Cattin M-F, Bersier L-F, Banašek-Richter C, Baltensperger R, Gabriel J-P. 2004. Phylogenetic constraints and adaptation explain food-web structure. *Nature* 427: 835–839.
13. Cottingham, K. L. et al. 2001. Biodiversity may regulate the temporal variability of ecological systems. *Ecol. Lett.* 4: 72–85.
14. Dell, A.I et al. 2005. [How do complex food webs persist in nature?](#) Pages 425-436 in *Dynamic Food Webs: Multispecies Assemblages, Ecosystem Development and Environmental Change*. P.C. de Ruiter, V. Wolters, and J.C. Moore, eds. Academic Press.
15. Diaz, S. and Cabido, M. 2001. Vive la difference: plant functional diversity matters to ecosystem processes. *Trends Ecol. Evol.* 16: 646–655.
16. Dunne, J. A., Williams, R. J., Martinez, N. D. 2004. Network structure and robustness of marine food webs. *Marine Ecology Progress Series* 273: 291–302.
17. Elton, C. S. 1927. *Animal Ecology*. Sidgwick and Jackson, London.
18. Elton, C. S. 1958. *Ecology of Invasions by Animals and Plants*. Chapman & Hall, London.
19. Emelyanov, I. G., 1999. *The diversity and its role in the functional stability and evolution of ecosystems*. Biological sciences, Kiev.
20. Fasulaty, K. K. 1971. Field study of terrestrial invertebrates. Higher School, Moscow.
21. Gardner, M. R. and Ashby, W. R. 1970. Connectance of large dynamic (cybernetic) systems: critical values for stability. *Nature* 228: 784.
22. Garlaschelli, D., G. Caldarelli, and L. Pietronero. 2003. Universal scaling relations in food webs. *Nature* 423:165–168.
23. Goldwasser, L. and Roughgarden, J. 1993. Construction and analysis of a large Caribbean food web. *Ecology* 74: 1216–1233.
24. Gorova, A. I. et al. 2007. Territory investigation and zoning based on anthropogenic influence degree with use of cytogenetic methods: methodological recommendation. Information Technology Center, Kyiv.
25. Hawkins, C. P. and MacMahon, J. A. 1989. Guilds: the multiple meanings of a concept. *Annual Review of Entomology* 34: 423–451.
26. Ives, A. R. and Carpenter, S. R. 2007. Stability and diversity of ecosystems. *Science* 317: 58–62.
27. Jiang, L. and Pu, Z. 2009. Different effects of species diversity on temporal stability in single-trophic and multitrophic communities. *Am. Nat.* 174: 651–659.
28. Johnson, S. C. 1967. Hierarchical clustering schemes. *Psychometrika*, 32: 241–253.
29. Karr, J. R. 2008. Ecological health indicators. In S. E. Jørgensen and B. D. Fath. *Encyclopedia of Ecology*. 1037–1041
30. Loreau, M. et al. 2001. Biodiversity and ecosystem functioning: current knowledge and future challenges. *Science* 294: 804–808.
31. Luczkovich, J. J., Borgatti, S. P., Johnson, J. C. and Everett, M. G. 2003. Defining and Measuring Trophic Role Similarity in Food Webs Using Regular Equivalence. *Journal of Theoretical Biology* 220(3): 303–321.
32. MacArthur, R. H. 1955. Fluctuations of animal populations and a measure of community stability. *Ecology* 36: 533–536.
33. Martinez, N. D. 1994. Scale-dependent constraints on food-web structure. *American Naturalist* 144: 935–953.
34. Martinez, N.D. 1992. Constant connectance in community food webs. *American Naturalist* 139:1208–1218.
35. May, R. M. 1973. *Stability and complexity in model ecosystems*. Princeton Univ. Press.
36. McCann, K. S. 2000. The diversity-stability debate. *Nature* 405: 228–233.
37. McGrady-Steed, J. and Morin, P. J. 2000. Biodiversity, density compensation, and the dynamics of populations and functional groups. *Ecology* 81: 361–373.
38. Naeem, S. 1998. Species redundancy and ecosystem reliability. *Conservation biology* 12: 39–45.
39. Naeem, S. and Li, S. 1997. Biodiversity enhances ecosystem reliability. *Nature* 390: 507–509.
40. Odum, E. P. 1953. *Fundamentals of ecology*. Saunders, Philadelphia.
41. Parrott, L. 2010. Measuring ecological complexity. *Ecological Indicators* 10: 1069–1076.
42. Perrson, L., Bengtsson, J., Menge, B. A. and Power, M. E. 1996. Productivity and consumer regulation – concepts, patterns, and mechanisms. In G. Polis and K. O. Winemiller. *Food Webs: Integration of Patterns and Dynamics*. Chapman and Hall, New York, New York, USA.
43. Pimm, S. L. and Lawton, J. H. 1978. On feeding on more than one trophic level. *Nature* 275: 542–544.
44. Pimm, S. L., Lawton, J. H., and Cohen, J. E. 1991. Food web patterns and their consequences. *Nature* 350: 669–674.
45. Post, D. M. 2002. Using stable isotopes to estimate trophic position: models, methods and assumptions. *Ecology* 83: 703–718.
46. Protopopova, V. V. 1973. *Adventitious plants of steppe and forest-steppe of Ukraine*. Scientific mind, Kiev.
47. Puzachenko, Y.G., 1989. *Ecosystems in the critical states*. Science, Moscow.
48. Ramensky, L. G., Cacenkin, I. A. 1956. *Ecological assessing of grasslands based on vegetation*. Selhoz, Moscow.
49. Root, R. B. 1967. The niche exploitation pattern of the blue-gray gnatcatcher. *Ecological Monographs* 37: 317–350.
50. Salomon, A. K. 2008. [Ecosystems](#). In S. E. Jørgensen and B. D. Fath. *Encyclopedia of Ecology*. 1155–1165
51. Shannon, C. E. 1948. A mathematical theory of communications. *Bell System Technical Journal* 27: 379–423.
52. Tilman, D. 1996. Biodiversity: population versus ecosystem stability. *Ecology* 77: 350–363.

53. Tilman, D. and Downing, J. A. 1994. Biodiversity and stability in grasslands. *Nature* 367: 363–365.
54. Ulanowicz, R. E. 2004. Quantitative methods of ecological network analysis. *Computational Biology and Chemistry* 28: 321–339.
55. Warren, P. H. 1994. Making connections in food webs. *Trends in Ecology and Evolution* 9: 136–141.
56. Williams, R. J. and N. D. Martinez. 2004. Limits to trophic levels and omnivory in complex food webs: theory and data. *American Naturalist* 163: 458–468.
57. Williams, R. J. and N. D. Martinez. 2004. Stabilization of chaotic and non-permanent food-web dynamics. *European Physics Journal* 38: 297–303.
58. Williams, R.J. and N.D. Martinez. 2000. Simple rules yield complex food webs. *Nature* 404: 180–183.
59. Worm, B. and Duffy, J. E. 2003. Biodiversity, productivity and stability in real food webs. *Trends Ecol. Evol.* 18: 628–632.
60. Yodzis, P. and K.O. Winemiller, 1999 In search of operational trophospecies in a tropical aquatic food web. *Oikos* 87: 327–340.
61. Zvagyncev, D. G., Kurakov, A. B., Fylyp, Z. 2000. The changes of heterotrophic microorganism complex in case of Pb contamination of soddy podzolic soil. *Pedology* 12: 1448–1456.

ПОКАЗНИКИ ТРОФІЧНИХ МЕРЕЖ ЯК ІНДИКАТОРИ СТАБІЛЬНОСТІ ЕКОСИСТЕМ

О. Я. Буждиган¹, С. С. Руденко¹, Б. К. Паттен²

¹ Чернівецький національний університет ім. Юрія Федьковича

Факультет біології, екології та біотехнології Кафедра екології та біомоніторингу

58012 м. Чернівці,

rudenko@chnu.edu.ua; oksana.zarochentseva@gmail.com

² Інститут екології Одума, Університет Джорджії, Асенс, Джорджія 30602, США

bmpatten@earthlink.net

Стабільність екосистем а також зв'язок між стабільністю та біорізноманіттям є одними з основних зацікавлень екологів. Відповідно до робіт, присвячених стабільності екосистем та її різноманіттю, складність трофічних мереж сприяє стабільності екосистем. Однак, питання щодо показників трофічних мереж, які можуть слугувати індикаторами стабільності екосистем й досі залишається відкритим. Незважаючи на ріст наукових робіт щодо показників стабільності екосистем, й досі існує прогалина між індексами харчових сіток та аспектами резистентної та пружної стійкості. Дана робота присвячена оцінці стабільності екосистем на основі порівняльного аналізу трофічних мереж 31 пасовищних екосистем. Методи соціального мережевого аналізу використані для моделювання та формалізації досліджуваних трофічних мереж. Індекси мереж було проаналізовано щодо їхнього внеску у стійкість досліджуваних екосистем. Стійкість екосистем показала пряму кореляцію з такими показниками трофічних мереж, як кількість трофовидів, кількість трофічних зв'язків, щільність трофічних зв'язків, зв'язність трофічних мереж, число специфічних трофокласів, відносна зв'язність трофічних мереж, та кількість надлишкових зв'язків; а також зворотню кореляцію з вирівняністю зв'язків, структурно-функціональною складністю та структурною насиченістю трофічних мереж. В даній роботі доведено, що показники трофічних мереж можуть слугувати для оцінки стану екосистем, оскільки вони виявилися чутливими індикаторами до показників стабільності та нестабільності пасовищ. В роботі розроблено методи оцінки пружної та резистентної стійкості екосистем, що базується на ранжуванні показників трофічних мереж. Висновок про стійкість чи нестійкість системи базувалась на абсолютній різниці між усередненими рейтингами їх показників.

Ключові слова: трофічна мережа, харчова сітка, стабільність екосистеми, резистентна стійкість, пружна стійкість, щільність трофічних зв'язків, зв'язність, складність, пасторальна екосистема.

Отримано редколегією 11.09.2012

МІГРАЦІЯ Cu, Zn, Pb, Cd У СИСТЕМІ «ГРУНТ – РОСЛИНА»

Л.О. Герасимчук

*Житомирський національний агроекологічний університет,
Старий бульвар, 7, Житомир, 10008, Україна, Gerasim4uk@ukr.net*

Проведені дослідження по встановленню інтенсивності міграції Cu, Zn, Pb, Cd у системі «грунт - рослина», яку оцінювали за допомогою коефіцієнта накопичення, та фітофільтраційної здатності рослин вівса по відношенню до важких металів при імпаکتному поліелементному забрудненні. Встановлено, що максимальними коефіцієнтами накопичення у загальній фітомасі рослин характеризувалися мідь та кадмій, а мінімальними – свинець. В розрізі окремих фракцій фітомаси накопичувальна здатність по відношенню до всіх досліджуваних важких металів зменшується в ряду: підземна фракція > генеративна фракція (зерно) > вегетативна фракція (солома). Фітофільтраційна здатність рослин вівса залежала як від характеру та дози полютанта, так і від терміну експозиції. Найбільшою здатністю до накопичення характеризувався кадмій, а мінімальною здатністю до фітофільтрації вівсом володіла мідь.

Ключові слова: важкі метали, міцнофіксовані форми, коефіцієнт накопичення, фітофільтраційна здатність, загальна фітомаса, підземна, вегетативна, генеративна фракції фітомаси.

Вступ. Важкі метали, будучи одними з найбільш поширених забруднювачів навколишнього середовища, безпосередньо впливають на загострення екологічної ситуації і зниження стабільності й стійкості як природних, так і штучно створених екосистем в Україні в цілому, та в Поліссі зокрема (Добровольский, 2006; Орлов, 1985). Накопичення у ґрунті міцнофіксованих форм важких металів прямо чи опосередковано призводить до деструкції асиміляційного потенціалу фітомаси та зниження продуктивності сільськогосподарських культур, погіршення якості рослинницької продукції (Источники поступления..., 2002; Козьякова, 2000; Соколов, 1999). В умовах посилення техногенно-антропогенного тиску на біосферу пріоритетного значення набуває екологічна оцінка основних компонентів природних і штучних екосистем, встановлення шляхів міграції та механізмів акумуляції забруднюючих речовин, у тому числі й важких металів, у компонентах довкілля, насамперед, ґрунтовому й рослинному покривах.

Об'єкт і методи. Дослідження проводились протягом 2008-2010 років на дерново-підзолистому глеюватому супіщаному ґрунті з наступними агрохімічними показниками: вміст гумусу – 1,12 %, азоту лужногідролізованого – 72 мг/кг ґрунту; рухомого фосфору – 270 мг/кг, обмінного калію – 130 мг/кг ґрунту, рН сольове – 5,1 (Валерко, 2009). В якості речовин-забруднювачів були обрані мідь, цинк, свинець та кадмій. Ґрунт забруднювали сумішшю металів – 1, 5, 10 і 15 ГДК кожного на фоні застосування нітроамфоски. При цьому виходили з даних, що ГДК валових форм для Cu складає 55 мг/кг ґрунту, Zn – 100 мг/кг, Pb – 32 мг/кг, Cd – 3 мг/кг

(Агроекологічний моніторинг ..., 2002). Важкі метали вносили у 0-20 см шар ґрунту у вигляді оцтовокислих солей. В період проведення досліджень на дослідних ділянках висівався овес сорту Буг. Інтенсивність міграції того чи іншого елемента з ґрунту в рослину оцінювали и за коефіцієнтом накопичення (Кн), який визначали як відношення вмісту металу у фітомасі до концентрації його міцнофіксованих форм у ґрунті. Залежно від локалізації елемента в рослині визначали коефіцієнт накопичення у підземній, вегетативній і генеративній фракції фітомаси.

Результати та їх обговорення. Переміщення важких металів із ґрунту в рослину визначається, насамперед, концентрацією в ньому їх рухомих форм. Кількість же доступних для рослин елементів у ґрунті залежить від ряду чинників, серед яких особливо слід відмітити мінералогічний та гранулометричний склад ґрунту, вміст у ньому валових форм мікроелементів, вміст органічної речовини, фізико-хімічні властивості (рН ґрунтового розчину, ємність катіонного обміну) (Кабата-Пендіас, 1989; Ковда, 1985).

Проведеними дослідженнями встановлено, що максимальними коефіцієнтами накопичення у загальній фітомасі рослин характеризувалися мідь та кадмій, коефіцієнти накопичення яких у фазу повної стиглості за умови забруднення, еквівалентного 1 ГДК, становили 0,386 і 0,343 відповідно, а за умови забруднення, еквівалентного 5 ГДК – 0,464 та 0,418 (табл. 1).

Інтенсивне накопичення рослинами міді, на нашу думку, зумовлене тим, що вона є важливим для ярих зернових культур мікроелементом, який бере безпосередню участь у синтезі білків (Школьник, 1978). Зважаючи на те, що вміст цього елемента у

незабрудненому ґрунті невисокий (2,9 мг/кг), додаткове його привнесення скоріше стимулювало ріст і розвиток рослин, поповнюючи нестачу у ґрунті, ніж чинило негативний вплив на них.

Причиною високих коефіцієнтів накопичення кадмію загальною фітомасою вівса, на наш пог-

гляд, є висока мобільність цього елемента: він рухомий у ґрунті, добре розчиняється у воді, легко поглинається рослинами, проникає у всі їх органи і може заміщувати цинк у багатьох біохімічних процесах, оскільки за хімічними властивостями є дуже близьким до нього.

Таблиця 1

Динаміка інтенсивності переходу важких металів у системі «ґрунт – рослина» при поліметалічному імпактному забрудненні (середнє за 2008 – 2010 рр.)

Table 1

The dynamics of the transition intensity of heavy metals in the system "soil - plant" at impact polymetallic pollution (average for 2008 - 2010)

Назва елемента	Варіант досліджу	Вміст у ґрунті, мг/кг	Вміст у загальній фітомасі, мг/кг	$K_{нзг}$	Вміст у підземній фітомасі, мг/кг	$K_{нпід}$	Вміст у вегетативній фітомасі, мг/кг	$K_{нвер}$	Вміст у генеративній фітомасі, мг/кг	$K_{нген}$
Cu	Контроль	2,91	0,93	0,320	0,58	0,199	0,15	0,052	0,20	0,069
	1 ГДК	8,59	3,10	0,386	1,97	0,245	0,40	0,049	0,74	0,092
	5 ГДК	55,30	24,63	0,464	15,79	0,297	3,33	0,061	5,52	0,105
НІР _{0,5}			1,96	-	1,24	-	0,12	-	0,38	-
V, %			-	18,48	-	19,85	-	11,56	-	20,56
Zn	Контроль	6,83	1,83	0,268	1,26	0,184	0,25	0,037	0,32	0,047
	1 ГДК	21,92	6,77	0,308	4,68	0,214	0,87	0,040	1,22	0,056
	5 ГДК	158,65	56,33	0,355	38,89	0,245	7,71	0,049	9,73	0,061
НІР _{0,5}			3,56	-	2,38	-	0,31	-	0,57	-
V, %			-	14,03	-	14,23	-	14,87	-	12,98
Pb	Контроль	1,34	0,17	0,127	0,12	0,090	0,024	0,018	0,026	0,019
	1 ГДК	10,77	1,43	0,133	1,04	0,097	0,187	0,017	0,203	0,019
	5 ГДК	90,88	14,59	0,161	10,76	0,118	1,85	0,020	1,98	0,022
НІР _{0,5}			0,98	-	0,74	-	0,13	-	0,11	-
V, %			-	12,93	-	14,32	-	8,33	-	8,66
Cd	Контроль	0,01	0,0033	0,335	0,0026	0,260	0,0001	0,010	0,0006	0,060
	1 ГДК	1,08	0,37	0,343	0,28	0,259	0,018	0,017	0,072	0,067
	5 ГДК	7,25	3,03	0,418	2,26	0,312	0,183	0,025	0,59	0,081
НІР _{0,5}			0,23	-	0,17	-	0,01	-	0,03	-
V, %			-	12,53	-	21,80	-	43,30	-	15,42

Останнє, вірогідно, можливе через хімічну спорідненість Cd із Zn, через що рослинний організм, вочевидь, не розрізняє ці елементи. На це вказують також деякі автори робіт (Мислива, 2009). Цинк же, будучи яскравим елементом – біофілом, бере участь у багатьох процесах метаболізму, особливо в тих, що протікають у репродуктивних органах рослин. Оскільки кадмій рухається разом з ним, то за таких обставин забруднення цим елементом органів запасання асимілянтів у більшості сільськогосподарських культур стає майже неминучим.

Мінімальними коефіцієнтами накопичення, які коливались від 0,133 до 0,161, характеризувався свинець, який не є фізіологічно необхідним мікроелементом, тому й не поглинається рослинами вівса у значних кількостях.

В розрізі окремих фракцій фітомаси найбільшою накопичувальною здатністю по відношенню до всіх досліджуваних важких металів характеризувалась підземна фракція, яка залежно від рівня забруднення містила від 1,97 до 15,79 мг/кг

Cu від загального вмісту у фітомасі; від 4,68 до 38,89 мг/кг Zn; від 1,04 до 10,76 мг/кг Pb і від 0,28 до 2,26 мг/кг Cd (див. табл. 1). Мінімальними коефіцієнтами накопичення характеризувалась вегетативна фракція, тоді як генеративна проявляла чітко виражену накопичувальну здатність по відношенню до всіх елементів. За коефіцієнтами накопичення важких металів у загальній фітомасі вівса встановлений такий спадаючий ряд: Cu > Cd > Zn > Pb. Для підземної фракції ряд інтенсивності накопичення має вигляд: Cd > Cu > Zn > Pb; для вегетативної – Cu > Zn > Cd і для генеративної – Cu > Cd > Zn > Pb. Встановлено закономірність нерівномірної локалізації Cu, Zn, Pb і Cd у фракціях фітомаси в умовах імпактного поліелементного забруднення, вміст яких зменшується в ряду: підземна фракція > генеративна фракція (зерно) > вегетативна фракція (солома).

Фітофільтраційна здатність рослин вівса залежала як від характеру та дози поллютанта, так і від терміну експозиції (табл. 2-3). Найбільшою

здатністю до накопичення характеризувався кадмій, фітофільтрація якого за три роки склала 19,2 % від початково внесеної дози поллютанта при забрудненні, еквівалентному 1 ГДК, та 31,6 % при забрудненні, еквівалентному 5 ГДК. Мі-

німальною здатністю до фітофільтрації вівсом володіла мідь, фітофільтрація якої за три роки склала 12 % від початково внесеної дози поллютанта при забрудненні, еквівалентному 1 ГДК, та 18,8 % при забрудненні, еквівалентному 5 ГДК.

Таблиця 2
Фітофільтраційна здатність вівса по відношенню до важких металів (Cu, Zn) при імпактіному поліелементному забрудненні

Назва елемента	Рік спостереження	Рівень забруднення	Концентрація, % від початково внесеної дози поллютантів				
			грунт	загальна фітомаса	підземна фітомаса	вегетативна фітомаса	генеративна фітомаса
Cu	2008	1 ГДК	32,1	6,2	3,9	0,8	1,5
		5 ГДК	32,5	9,8	6,3	1,3	2,2
	2009	1 ГДК	11,6	3,7	2,3	0,5	0,9
		5 ГДК	19,9	5,8	3,8	0,7	1,3
	2010	1 ГДК	7,8	2,1	1,3	0,3	0,5
		5 ГДК	13,9	3,2	2,1	0,4	0,7
Σ 1 ГДК				12,0	7,5	1,6	2,9
Σ 5 ГДК				18,8	12,2	2,4	4,2
Zn	2008	1 ГДК	35,8	6,8	4,7	0,9	1,2
		5 ГДК	49,2	11,2	7,8	1,5	1,9
	2009	1 ГДК	16,9	4,6	3,2	0,6	0,8
		5 ГДК	27,1	7,6	5,3	1,0	1,3
	2010	1 ГДК	13,1	2,4	1,7	0,3	0,4
		5 ГДК	18,8	4	2,8	0,6	0,6
Σ 1 ГДК				13,8	9,6	1,8	2,4
Σ 5 ГДК				22,8	15,9	3,1	3,8

Table 2
Fitofiltration ability to plant oats in relation to heavy metals (Cu, Zn) at impact polymetallic pollution

Таблиця 3
Фітофільтраційна здатність вівса по відношенню до важких металів (Pb, Cd) при імпактіному поліелементному забрудненні

Назва елемента	Рік спостереження	Рівень забруднення	Концентрація, % від початково внесеної дози поллютантів				
			грунт	загальна фітомаса	підземна фітомаса	вегетативна фітомаса	генеративна фітомаса
Pb	2008	1 ГДК	50,1	4,5	3,2	0,6	0,7
		5 ГДК	72,6	9,1	6,6	1,2	1,3
	2009	1 ГДК	31,4	3,1	2,2	0,4	0,5
		5 ГДК	59,4	6,4	4,6	0,9	0,9
	2010	1 ГДК	19,5	2,1	1,5	0,3	0,3
		5 ГДК	38,4	4,3	3,2	0,5	0,6
Σ 1 ГДК				9,7	6,9	1,3	1,5
Σ 5 ГДК				19,8	14,4	2,6	2,8
Cd	2008	1 ГДК	54,7	12,3	9,3	0,6	2,4
		5 ГДК	61,7	20,2	15,1	1,2	3,9
	2009	1 ГДК	30,7	4,4	3,3	0,2	0,9
		5 ГДК	51,8	7,2	5,4	0,4	1,4
	2010	1 ГДК	23,0	2,5	1,9	0,1	0,5
		5 ГДК	31,5	4,2	3,2	0,2	0,8
Σ 1 ГДК				19,2	14,5	0,9	3,8
Σ 5 ГДК				31,6	23,7	1,8	6,1

Table 3
Fitofiltration ability to plant oats in relation to heavy metals (Pb, Cd) at impact polymetallic pollution

Більш інтенсивно фітофільтраційна здатність вівса проявляється у перший рік після забруднення поступово знижуючись до кінця третього року спостережень.

Варто зазначити, що фільтрація кадмію ґрунтом і рослинами за умови забруднення, еквівале-

нтного 5 ГДК, на кінець вегетації 2010 року має однакові значення, тоді як мідь і свинець більш інтенсивно накопичуються ґрунтом, а цинк – рослинами. При забрудненні, еквівалентному 1 ГДК, а кінець 3-го року вегетації вівса простежувалась дещо інша тенденція: мідь і свинець

більш інтенсивно накопичувались рослинами, кадмій – ґрунтом, а фільтрація цинку ґрунтом і рослинами мала приблизно однакові значення.

Розглядаючи фітофільтрацію в розрізі окремих фаз розвитку культури протягом усього періоду спостережень найінтенсивніше поглинались елементи у першу половину вегетації по фазу цвітіння включно. Зауважимо, що незалежно від характеру забруднювача, дози його внесення та терміну експозиції серед фракцій фітомаси вівса максимальною фітофільтраційною здатністю відзначалась підземна фракція, а мінімальною – вегетативна (солома).

Висновки.

1. За коефіцієнтами накопичення важких металів у загальній фітомасі вівса встановлений такий спадаючий ряд: $Cu > Cd > Zn > Pb$. Для підземної фракції ряд інтенсивності накопичення має вигляд: $Cd > Cu > Zn > Pb$; для вегетативної – $Cu > Zn > Pb > Cd$ і для генеративної – $Cu > Cd > Zn > Pb$.
2. Вміст Cu , Zn , Pb і Cd у фракціях фітомаси в умовах імпаکتного поліелементного забруднення зменшується в ряду: підземна фракція $>$ генеративна фракція (зерно) $>$ вегетативна фракція (солома).
3. Фітофільтраційна здатність рослин вівса залежала як від характеру та дози полютанта, так і від терміну експозиції. Найбільшою здатністю до накопичення характеризувався кадмій, а мінімальною – мідь.
4. Серед фракцій фітомаси вівса максимальною фітофільтраційною здатністю відзначалась підземна фракція, а мінімальною – вегетативна.

Список літератури:

1. Агроекологічний моніторинг та паспортизація сільськогосподарських земель : методично-нормативне забезпечення / за заг. ред. В. П. Патики, О. Г. Тараріка. – К. : Фітосоціоцентр, 2002. – С. 35 – 37.
2. Валерко Р. А. Важкі метали в урбоедафотоплах та фітоценозах м. Житомира і його приміської зони : дис... канд. с.-г. наук : 03.00.16 „Екологія” / Валерко Руслана Анатоліївна. – Ж., 2009. – 164 С.
3. Добровольский Г. В. Экология почв / Г. В. Добровольский, Е. Д. Никитин. – М.: Изд-во МГУ, 2006. – 476 с.
4. Источники поступления тяжелых металлов и их воздействие на агроэкосистемы / Т. Н. Абрамова, В. К. Кузнецов, Н. И. Исамов [и др.] // Тяжелые металлы, радионуклиды и элементы – биофилы в окружающей среде : доклады 2-ой международной научно-практ. конф. – Семипалатинск, 2002. – Т. 2. – С. 413 – 416.
5. Кабата-Пендиас А. Микроэлементы в почвах и растениях / А. Кабата-Пендиас, Х. Пендиас; [пер. с англ. Д. Гречука, Е. Янина; под ред. Ю. Е. Саега.] . – М. : Мир, 1989. – 439 с.
6. Ковда В. А. Биогеохимия почвенного Покрова / В. А. Ковда. – М. : Наука, 1985. – 263 с.
7. Козьякова Н. О. Міграція важких металів в системі «ґрунт – рослина» – екотоксичний критерій їх небезпечності / Н. О. Козьякова, Н. А. Макаренко, В. М. Кавецький // Науковий вісник НАУ. – 2000. – Вип. 32. – С. 365 – 370.
8. Мислива Т. М. Важкі метали в урбоедафотоплах і фітоценозах на території м. Житомира / Т. М. Мислива, Л. О. Онопрієнко // Вісник Харківського національного аграрного університету імені В.В.Докучаєва. Сер. Ґрунтознавство, агрохімія, землеробство, лісове господарство. – 2009. – №1. – С. 89–95.
9. Мислива Т.М. Мідь у ґрунтах Житомирського Полісся / Т.М. Мислива // Вісник ЖНАЕУ. – 2010. – № 2. – С. 30–45.
10. Орлов Д. С. Химия почв / Д. С. Орлов. – М. : Изд-во Моск. ун-та, 1985. – 376 с.
11. Соколов О. А. Экологическая безопасность и устойчивое развитие. Кн. 1. Атлас распределения тяжелых металлов в объектах окружающей среды / О. А. Соколов, В. А. Черников. – Пущино : ОНТИ ПНЦ РАН, 1999. – 164 с.
12. Школьник М. Я. Микроэлементы в жизни растений / М. Я. Школьник. – М. : Наука, 1978. – 250 с

MIGRATION OF CU, ZN, PB, CD IN "SOIL-PLANT" SYSTEM

L. Gerasimchuk

Studies on the establishment of the intensity of the migration of Cu, Zn, Pb, Cd in "soil-plant" system, which consisted of using a factor of accumulation, and fitofiltration ability to plant oats in relation to heavy metals in impact polimetallic contamination. It is set that the maximum accumulation coefficients in the general fitomas of the plant were copper and cadmium, and minimal – lead. In the separate factions of fitomas accumulative ability towards all of heavy metals is reduced in a row: underground faction > genesic faction (grain) > vegetative faction (straw).

Fitofiltracion ability to plant oats depended on the nature and polutant dose and duration of exposure. A most capacity for an accumulation was characterize a cadmium, and by a minimal ability to fitofiltracion oat was owned by a copper.

Keywords: heavy metals, movable forms, factor accumulation, fitofiltracion ability, general fitomas, underground, vegetative, genesic faction of fitomas.

Отримано редколегією 10.07.2012

ТРАНСФОРМАЦИЯ ИХТИОФАУНЫ АЗОВСКОГО МОРЯ В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА И ВОЗМОЖНЫЕ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ

В.А. Демченко

*Мелитопольский государственный педагогический университет имени Б. Хмельницкого
ул. Ленина, 20, Мелитополь, Запорожская обл., 72312, Украина, demvik@mail.ru*

В работе приведены некоторые изменения в структуре ихтиофауны Азовского моря в условия динамических гидрометеорологических факторов. Основными изменениями являются значительная динамика видового состава рыб моря при разных показателях солёности, изменения ареалов и численности пресноводных видов рыб, значительное падение уловов промысловых видов.

Важным элементом работы является анализ возможных социально-экономических последствий в бассейне Азовского моря вследствие климатических изменений

Ключевые слова: ихтиофауна, Азовское море, изменения климата, социально-экономические изменения.

Вступление. В последнее время климатические изменения и их влияние на сферы человеческой деятельности становятся вопросом общемирового значения. Последний отчет Межправительственной группы экспертов по изменению климата (IPCC, 2007) прогнозирует важные перемены в ближайшие десятилетия, которые не только изменят сложившиеся климатические показатели температуры и осадков, но также вызовут катастрофические качественные и количественные изменения водных ресурсов. Это повлечет за собой увеличение паводков или засух в различных регионах, проблемы с ирригацией, ухудшение качества питьевой воды, возрастание риска инфекций, передающихся через воду и др.

Эти изменения могут стать спусковым механизмом мирового социально-экономического кризиса и, таким образом, уже сейчас требуют пристального внимания для снижения связанных с ними рисков. Наряду с климатическими изменениями происходят также изменения в землепользовании и демографии, которые можно спрогнозировать на ближайшие десятилетия.

Данные изменения приводят к трансформации ихтиоценозов бассейна, что негативно воздействует на продуктивность водоемов, видовое разнообразие аборигенных видов, общую социально-экономическую ситуацию в регионе. Именно поэтому изучение данных вопросов является актуальным и своевременным.

Для Азовского бассейна характерны значительные изменения климатических показателей (Гидрометеорология..., 2009), которые для основных гидрометеорологических компонентов выражаются в:

- увеличении среднегодовой температуры воздуха на береговых станциях моря за последние 30 лет в пределах 0,42-0,55 °C в 10 лет;
- увеличении среднегодовой температуры воды на 1 °C за последние 50 лет;
- уменьшении солёности для южного побережья на 2,28 г/л и для северного на 2,67 г/л за последние 30 лет.

Оценка тенденций в трансформации ихтиофауны региона, анализ возможного направления изменений и их последствия являются целью данной работы. Для этого были поставлены следующие задачи:

- выяснение основных многолетних изменений в ихтиофауне Азовского региона в условиях динамических гидрометеорологических факторов;
- анализ возможных для региона сценариев изменения климата;
- оценка возможных социально-экономических последствий для определенных сценариев изменения климата в регионе.

Материалы и методы. Основой для данной работы послужили собственные исследования автора в водоемах Азовского бассейна (Молочный и Утлюкский лиманы, Восточный Сиваш, малые реки северо-западного Приазовья и непосредственно Азовское море). Полевой сбор материала осуществлялся в период 1996-2012 гг. с использованием стандартных ихтиологических и гидроэкологических исследований (Правдин, 1960; Методы ..., 2000). Важным элементом работы были статистические сборники по улову и показателям продуктивности основных компонентов гидроэкосистемы, а также отдельные ли-

тературные данные (Аверкиев, 1960; Зайдинер, Попова, 1997; Уловы ..., 1993).

Исследование, в рамках которого были получены эти результаты, было выполнено при финансовой поддержке со стороны Европейского Экономического Сообщества в рамках Седьмой Рамочной Программы по соглашению о предоставлении гранта № 226740 «Формирование потенциала по наблюдению за Черноморским бассейном в рамках поддержки устойчивого развития территории» («Building Capacity for a Black Sea Catchment Observation and Assessment System supporting Sustainable Development").

Результаты и обсуждение. Последнее десятилетие в литературе отмечается увеличение числа работ о роли изменяющегося климата в формировании биоразнообразия, структуры гидроекосистем и их отдельных их компонентов (Гаргопа, 1998; Гаргопа, 2003; Соколовский, Соколовская, 2005). Содержание этих работ позволяет отметить несколько направлений научного анализа о влиянии климатических показателей на

первичную продукцию, структуру ихтиоценоза, численность отдельных популяций, темпы роста и т.д.

Для Азовского моря характерны многолетние колебания солености, которые приводили к повышению или снижению видового состава рыб. Ихтиофауна моря в годы осолонения его вод может естественным образом существенно пополняться черноморскими иммигрантами из северо-восточной части Черного моря. В этих условиях общее число рыб может достигать 140-150 видов. В годы снижения солености наблюдается уменьшение ареалов черноморских видов рыб и их численности.

Учитывая современную тенденцию к опреснению моря, были отмечены находки таких пресноводных видов рыб, которые ранее не встречались в морских акваториях, а именно, линь, красноперка, сом, окунь и др. Такие тенденции позволили установить зависимость количества типично пресноводных рыб от солености моря. Уровень отрицательной корреляции этих показателей составил $-0,74$ (рис. 1).

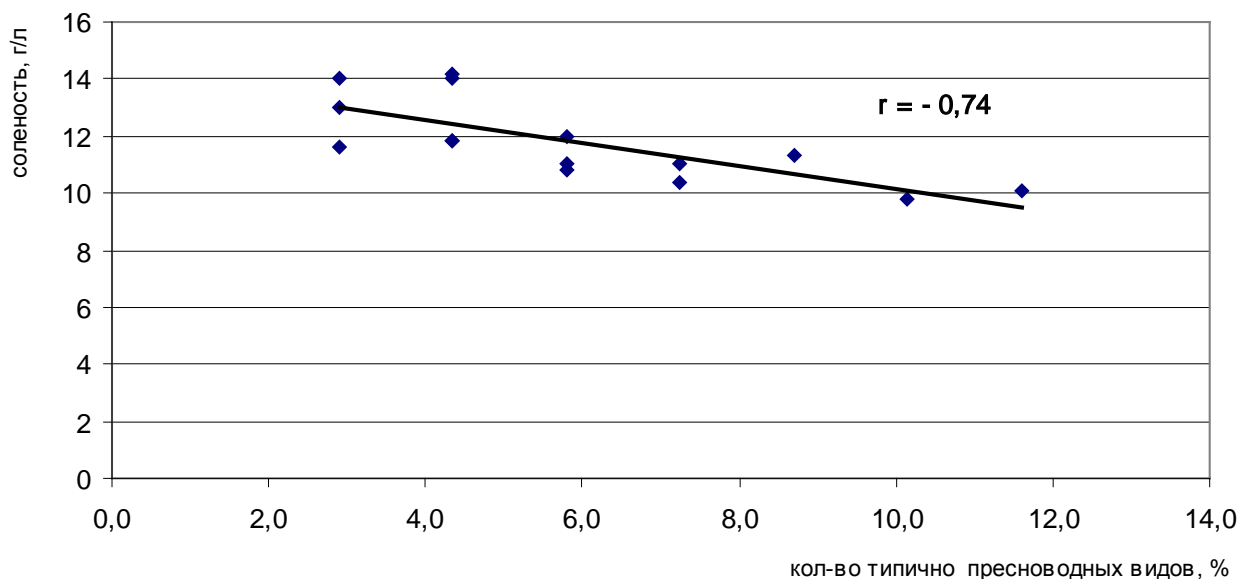


Рис. 1. Взаимосвязь процента типично пресноводных видов рыб с соленостью в Азовском море.

Fig. 1. Relationship percent typical of freshwater fish species with salinity in the Azov Sea.

В современных условиях опреснения происходит расширение ареала некоторых видов рыб. Так современный ареал карася серебряного в Азовском море значительно увеличился. Намеченная тенденция к понижению солености до 9-10 ‰ в среднем по морю, которая происходит с 1998 года, способствовала этому процессу. Кроме того, в результате значительных пресноводных сбросов из каналов Северо-

Крымской оросительной системы были опреснены отдельные акватории Восточного Сиваша до уровня 4-9 ‰. Такие значительные изменения в экологических условиях водоемов привели к широкому распространению вида в Азовском море, его лиманах и заливах. В последние годы карась встречается вдоль всего побережья моря, во всех акваториях Утлюкского лимана, в опресненных участках Сиваша (рис. 2).

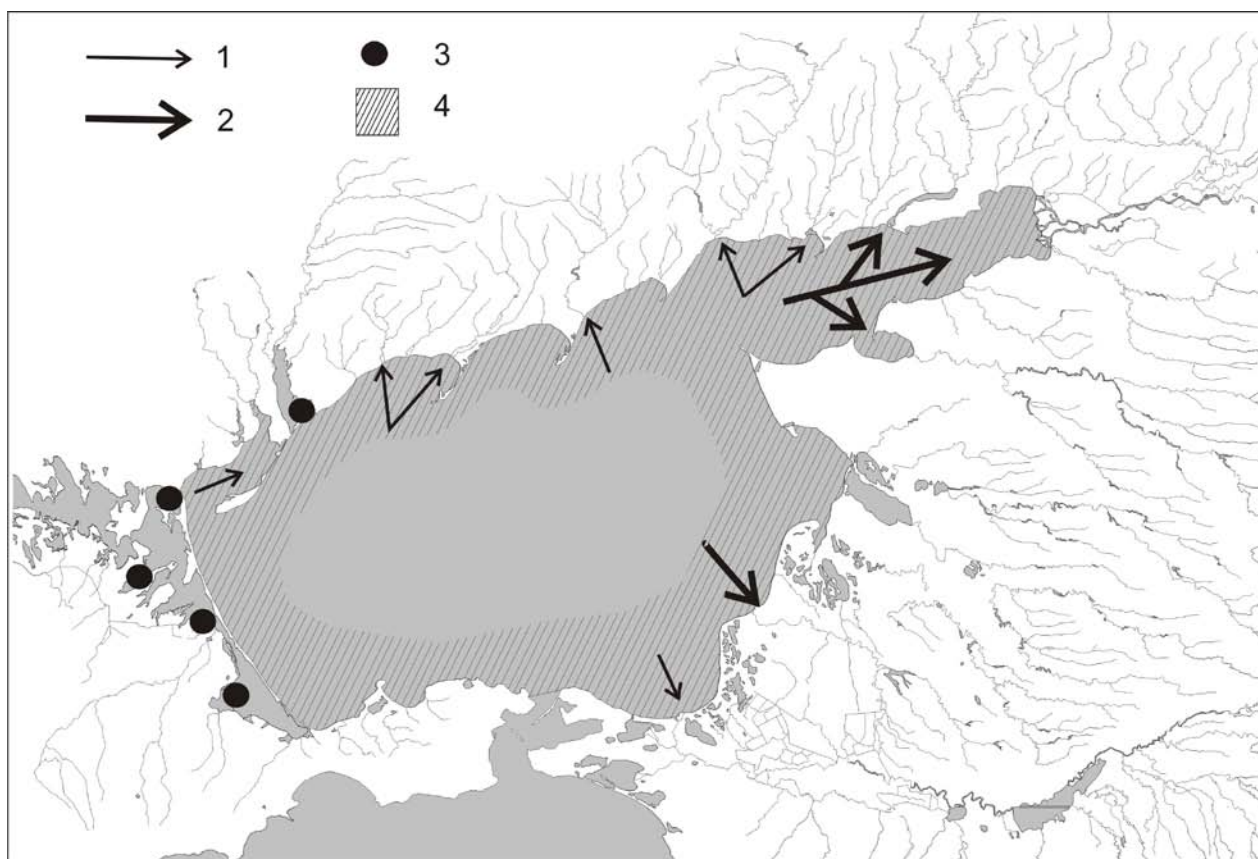


Рис. 2. Распространение карася серебряного в водоемах Азовского моря в период 1996-2011 гг. и его основные нерестовые миграции.

- 1 – немногочисленные нерестовые миграции;
- 2 – многочисленные нерестовые миграции;
- 3 – нерегулярные места встреч карася серебряного;
- 4 – регулярные места встреч карася серебряного.

Fig. 2. Relationship percent typical of freshwater fish species with salinity in the Sea of Azov.

- 1 - a few spawning migration;
- 2 - numerous spawning migration;
- 3 - occasional hangout crucian carp;
- 4 - regular meeting place of crucian carp.

Карась наиболее часто отмечается в период весенне-летних уловов, реже в период осенних. Его ход вдоль берега происходит массово большими скоплениями. В отдельных уловах данный вид составляет больше половины улова по численности особей. Динамика частоты встречаемости карася серебряного в уловах различных орудий лова для водоемов Азовского бассейна также имеет тенденцию к увеличению (рис. 3). Анализируя линию тренда, следует отметить рост частоты встреч изучаемого вида в уловах. Это связано со снижением солености в акваториях Азовского моря, что в свою очередь, позволило серебряному карасю расширить ареал.

Анализируя уловы в Азовском море с 1927 по 2010 года, следует отметить значительные изменения объемов годового изъятия рыбы, причиной которых являются изменения гидрометеорологических факторов. Максимальные уловы были отмечены в 1936 году в размере 275570 т, минимальные – в 1993 году в размере 5466 т. Среднегодовой улов всех промысловых

видов рыб за указанный период составил $102904 \pm 6770,6$ т. Общей тенденцией динамики уловов является значительное уменьшение годового изъятия рыбы в Азовском море. Линия тренда указывает на уровень годового снижения уловов в размере 16,6 тыс. т в год.

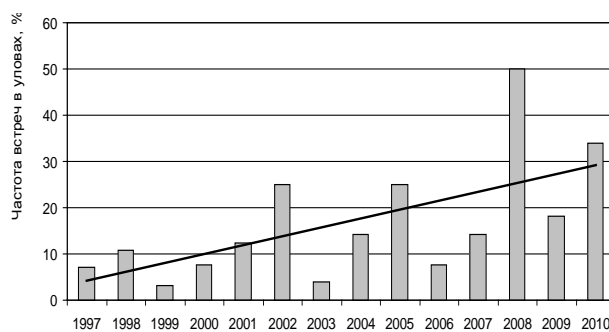


Рис. 3. Частота встреч карася серебряного в уловах в водоемах Азовского моря.

Fig. 3. The frequency of meetings of silver crucian carp in the catches in waters of the Azov Sea.

Падение уловов во 50-70-х годах прошлого столетия связано с кардинальными гидрологическими изменениями в бассейне Азовского моря. Строительство Цимлянского гидроузла в 1956 году, а потом зарегулирование р. Кубани, привело к сокращению пресноводного стока в море практически вдвое. Зарегулирование рек изолировало большинство нерестилищ проходных видов рыб, которые составляли значительную долю общих промысловых уловов в Азовском море.

Период 1987-2010 гг. характеризуется обвалом промысловых уловов в несколько раз. Такие низкие объемы изъятия рыбных ресурсов в море связаны с рядом причин, основными из которых считается негативное влияние желетельных организмов на кормовые ресурсы пелагических видов рыб (анчоус и тюлька), которые составляли основу промысловых уловов в Азовском море. Последние появились в Азовском море благодаря повышению в 80-90-х годах солености до уровня 13-14 г/л. Со снижением солености в последние годы связано некоторое увеличение уловов анчоуса и тюльки, что связано с улучшением условий нагула и нереста.

Анализ гидрометеорологических данных в бассейне Азовского моря дает возможность оценить социально-экономические последствия в условиях изменяющегося климата. На сегодня для региона наиболее актуальными являются несколько сценариев изменения климатических показателей:

- 1) повышение температуры и увеличение осадков
- 2) повышение температуры и уменьшение осадков
- 3) понижение температуры и увеличение осадков.

Изменения метеорологических факторов могут привести к значительным трансформациям ихтиофауны и в целом гидроекосистемы моря. Следует отметить сложность выявления воздействий и связей факторов с состоянием ихтиоценоза. Вместе с тем наши прогнозы базируются на некоторых относительно прямых зависимостях. Увеличение осадков влияет на объем стока рек, а сток в свою очередь, в значительной мере определяет соленость. Именно показатели минерализации могут влиять на продуктивность рыб или их морфо-физиологические показатели. Также следует отметить, что соленость может воздействовать как непосредственно на организм рыб, так и опосредовано, формируя кормовую базу. Для Азовского моря характерен именно последний вариант воздействия через кормовую базу. Повышение солености в море привело к появлению гребневика, который значительно подрвал биомассу зоопланктона, на что отреагировало

большинство короткоциклических видов рыб (анчоус, тюлька).

Таким образом, удлинение цепи факторов усложняет анализ последствий, изменяющих экосистему. Вместе с тем для Азовского моря следует отметить несколько сценариев развития сообществ рыб и общих показателей рыбопродуктивности, которые могут оказать роль на социально-демографическую ситуацию в регионе.

Первый сценарий - «повышение температуры и увеличение осадков» - для Азовского моря приведет к понижению солености за счет увеличивающегося стока рек. Повышение температуры может способствовать повышению температуры воды.

Второй сценарий - «повышение температуры и уменьшение осадков» - для моря может спровоцировать рост солености как за счет уменьшения речного стока, так и за счет увеличения поверхностного испарения с водного зеркала.

Третий сценарий - «понижение температуры и увеличение осадков» - будет характерно понижение солености и снижение температуры воды.

Необходимо отметить, что последнее десятилетие продолжается трансформация основных промысловых групп видов рыб. Так в современный период утрачены такие ценные виды рыб как осетровые, в значительной депрессии находятся судак, калкан, многие пресноводные виды. В тоже время со снижением солености и уменьшением численности желетельных в море, наблюдается увеличение запасов анчоуса и тюльки, а также положительная ситуация с численностью бычка-кругляка.

Возвращаясь к сценариям изменения климата необходимо очертить следующие последствия для социально-демографической ситуации в регионе.

Сценарий № 1 – повышение температуры и увеличение осадков. Следует отметить, что это самый близкий сценарий к современным условиям. Как отмечалось выше, данная тенденция приведет к дальнейшему опреснению Азовского моря. В современных условиях соленость моря составляет 10,2 г/л, что характерно для природного (до строительства Цимлянского гидроузла) состояния моря. При дальнейшем увеличении осадков возможна тенденция до понижения солености к 9,5 -10 г/л. В таких условиях значительных изменений в структуре ихтиофауны не произойдет. Доминирующими промысловыми видами останутся анчоус и тюлька, причем современная тенденция к увеличению запасов последних будет продолжаться. Увеличение запасов данных видов рыб будет способствовать улучшению социально-демографической ситуации в отрасли. Причем увеличение добычи анчо-

уса и тюльки будет значительно способствовать не только росту количества рабочих мест в рыбодобывающей, но и в рыбоперерабатывающей отраслях. Важным элементом развития рыбодобывающих предприятий будет возможность развития лова с использованием ставников в прибрежных акваториях без использования специальных судов и тралов. Это может способствовать развитию малого бизнеса в приморских селах, где традиционный сетной лов пиленгаса, судака, калкана значительно сократился.

Понижение солености ниже 9 г/л будет критическим для экосистемы Азовского моря, так как в этих условиях большинство понтотаспийских видов не смогут обитать. В этих условиях могут произойти существенные изменения структуры сообществ, что однозначно отразится на рыбопродуктивности.

Повышение температуры в некоторой степени будет компенсировать значительное опреснение моря за счет поверхностного испарения с водного зеркала. Особенно сильно это может происходить в устьевых зонах Молочного лимана и Сиваша. Данные водоемы будут привносить в солевой баланс моря при интенсивном испарении значительную часть солей.

Важным последствием повышения температуры будет являться увеличение частоты и площади заморных явлений. Сочетание высоких летних температур и штиль приводят к стратификации воды и резкому снижению в нижних слоях растворенного кислорода. Падение его уровня ниже 3 мг/л приводит к массовой гибели донных видов рыб, основными среди которых в современных условиях являются бычки (кругляк, песочник, кнут, ширман и др.).

Для социально-экономической ситуации в регионе учащение таких явлений приведет к следующим негативным последствиям:

- сокращение рыбных запасов донных видов рыб;
- уменьшение рентабельности рыбного промысла вследствие ухудшения продукции, так как даже живой бычок выловленный в предзаморный период имеет более низкую цену;
- ухудшение эстетического и рекреационного потенциала из-за массовых выбросов умерших рыб на пляжи региона.

Анализируя официальные данные Азовской спецрыбоохраны необходимо отметить, что за 10 летний период отмечается тенденция к увеличению как протяженности заморной полосы, так и объемов погибшей рыбы (рис. 4, 5).

Сценарий № 2 – повышение температуры и уменьшение осадков. Данный сценарий приведет к повышению солености, за счет сокращения пресноводного стока. Такое состояние моря уже

было в период 60–80-х годов XX ст. Единственным отличием того периода было то, что сокращение речного стока имело антропогенный характер. В тот период соленость моря достигала 14 г/л, что возможно произойдет и в условиях уменьшения осадков и повышения температуры в регионе. При этом возрастет негативная роль желетелых организмов в формировании кормового зоопланктона, что в дальнейшем приведет к значительному снижению запасов анчоуса и тюльки. В таких условиях будет происходить значительное сокращение рабочих мест в рыбодобывающей и рыбоперерабатывающей отраслях за счет уменьшения добычи рыбы. Альтернативным объектом промысла может стать пиленгас (эвригалинный вид и в условиях повышения солености численность его может возрасти). Вместе с тем следует отметить, что количество рабочих мест при добыче пиленгаса значительно меньше, чем при лове и переработке анчоуса и тюльки. Поэтому данный сценарий однозначно приведет к напряженности в рыбной отрасли региона.

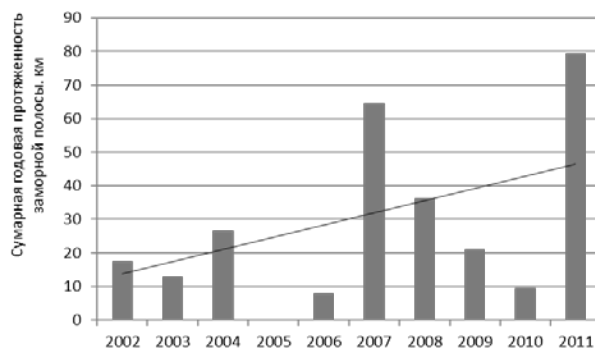


Рис. 4. Суммарная годовая протяженность заморной полосы в Азовском море.

Fig. 4. The total annual length of fish kills band in the Azov Sea.

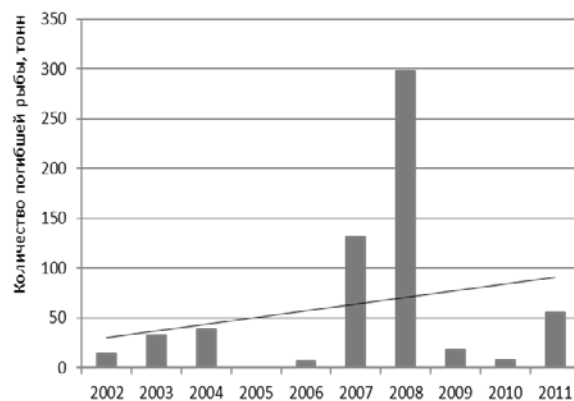


Рис. 5. Суммарный объём погибшей рыбы в Азовском море

Fig. 5. The total volume of dead fish in the Azov Sea.

Сценарий № 3 – понижение температуры и увеличение осадков. Данный сценарий для Азовского моря будет подобный 1 сценарию, так как ведущим фактором в море является уровень солености.

Выводы.

1. Гидрометеорологические факторы влияют на структуру ихтиоценозов рыб в Азовском бассейне. Наиболее существенными являются показатели солености, колебание которых приводит к значительным изменениям видового состава рыб непосредственно моря, так и некоторых лиманов в частности. Ихтиофауна моря в годы осолонения его вод может естественным образом существенно пополняться черноморскими иммигрантами из северо-восточной части Черного моря. В этих условиях общее число рыб может достигать 140-150 видов. В годы снижения солености наблюдается уменьшение ареалов черноморских видов рыб и их численности. При этом расширяются ареалы типично пресноводных видов и растет их численность.

2. Колебания промысловых уловов связано со значительными изменениями гидрометеорологических показателей. Так падение уловов во 50-70-х годах прошлого столетия связано со значительным изменением гидрологического режима в результате зарегулирования рек Дон и Кубань. Снижение численности анчоуса и тюльки в конце 80-х годов связано с подрывом их кормовой базы гребневиком, массовое появление которого произошло за счет осолонения моря.

3. На сегодня для региона возможно проявление 3 сценариев изменения климатических показателей. Наиболее реалистичный, из которых связан с повышением температуры и увеличением осадков. Для социально-экономической ситуации в регионе учащение таких явлений приведет к сокращению рыбных запасов донных видов рыб, уменьшению рентабельности рыбного промысла, ухудшению эстетического и рекреационного потенциала из-за массовых выбросов погибших рыб на пляжи региона.

Список литературы:

1. IPCC 2007. Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
2. Аверкиев Ф. А. Сборник статистических сведений об уловах рыбы и нерыбных объектов в Азово-Черноморском бассейне за 1927-1959 гг. //Тр. АзНИИРХ. - Т.1, Вып.2. – Ростов-на-Дону: Рост. книжн. изд-во, 1960. – 93 с.
3. Гаргопа Ю.М. Влияние климатических факторов на крупномасштабную изменчивость элементов водного баланса, солености и отдельных компонентов биоресурсов Азовского и Черного морей// Сб. научн. тр. АзНИИРХ (1996-1997 гг.). – Ростов-на-Дону, 1998. – С. 7-23.
4. Гаргопа Ю.М. Крупномасштабные изменения гидрометеорологических условий формирования биопродуктивности Азовского моря: Автореф. дис... на соискание ученой степени доктора географических наук: : 25.00.28 / Кольский научный центр РАН. – Мурманск, 2003. – 51 с.
5. Гидрометеорологические условия морей Украины. Том 1: Азовское море. / Ильин Ю. П., Фомин В. В., Дьяков Н. Н. и др. - Севастополь – 2009. – 402 с.
6. Зайдинер Ю.И., Попова Л. В. Уловы рыб и нерыбных объектов рыбохозяйственными организациями Азово-Черноморского бассейна (1990–1995 гг.) //Статистический сборник. – Ростов-на-Дону. Изд-во «Молот», 1997. – 100 с.
7. Методи гідроекологічних досліджень поверхневих вод / О.М. Арсан, О.А. Давидов, Т.А. Дяченко та ін. - К.: ЛОГОС, 2006. – 408 с.
8. Правдин И. Ф. Руководство по изучению рыб. - М.: Пищевая промышленность, 1969. – 374 с.
9. Соколовский А.С., Соколовская Т.Г. Климат, рыбный промысел и динамика разнообразия ихтиофауны залива Петра Великого на вековом срезе // Вестник Дальневосточного отделения РАН. – 2005. – Вып. 1. – С. 43-50.
10. Уловы рыб и нерыбных объектов рыбохозяйственными организациями Азовского бассейна и прилегающих участков Черного моря (1960-1990 гг.). Статистический сборник [Текст]. – СПб, 1993. – 172 с.

THE ICTHYOFAUNA TRANSFORMATION OF AZOV SEA UNDER CLIMATIC CHANGES AND POSSIBLE SOCIO-ECONOMIC IMPACTS

V.A. Demchenko

The article covers some changes in the structure of the Azov Sea ichthyofauna under dynamic meteorological factors. The significant dynamics of fish species composition at different rates of salinity, changes in habitat and abundance of freshwater fish species, significant fall in catches of commercial species are main changes in the Azov Sea. The analyzing of potential socio-economic impacts in the Basin of Azov Sea as a result of climatic changes was important element of research.

Keywords: ichthyofauna, the Azov Sea, the climate changes, the social-economical changes.

Отримано редколегією 20.08.2012

СТРУКТУРНО-ФУНКЦІОНАЛЬНА ОРГАНІЗАЦІЯ УГРУПОВАНЬ ВЕСНЯНОК (INSECTA: PLECOPTERA) РІЧКОВИХ ЕКОСИСТЕМ УКРАЇНСЬКИХ КАРПАТ

Х. І. Дяків

Державний природознавчий музей НАН України,
вул. Театральна, 18, 79008 Львів, Україна; e-mail: khdyakiv@gmail.com.

Представлено відомості про деякі структурно-функціональні параметри угруповань веснянок Українських Карпат – показники домінування, індекси різноманіття, трофічну структуру та особливості життєвих циклів.

Ключові слова: веснянки, Plecoptera, угруповання, Українські Карпати.

Вступ. Дослідження веснянок на території Українських Карпат тривають понад 100 років. Найбільший вклад у вивчення фауни веснянок зробили Й. Дзендзелевич (Dziędziewic, 1891; 1920), Л. А. Жильцова (Жильцова, 1966; 1967; 1968; 2003), Т. Ковач, Р. Й. Годунько, Д. Мурані (Kovács, Godunko, 2008; Kovács et al., 2008; Kovács, Murányi, 2008). За результатами останніх досліджень до цієї території приурочено понад 80 видів веснянок (Дяків, 2011). У попередніх роботах не розглядалося детально питання організації угруповань даного ряду комах, а показники видового багатства та різноманіття визначалися тільки для угруповань макрозообентосу лотичних гідроценозів гірських систем України (Афанасьєв, 2006; Киселева та ін., 2010; Летицька, Афанасьєв, 2010).

Об'єкт і методи досліджень. Основою для роботи слугував матеріал зібраний методом напівкількісних проб протягом 2009-2011 р.р. в основних річкових басейнах Карпат – Дністра і Тиси.

Відбір проб здійснювали з використанням скребка з діаметром вихідного отвору 20 см. Для збору використана методика „витоптування” (Soldán et al., 1998). Фіксація та зберігання матеріалу проводилися згідно загально прийнятих методик, розроблених для амфібіотичних комах (Годунько, 2003). Визначення матеріалу проводили, використовуючи визначники (Жильцова, 2003; Kis, 1974; Raušer, 1980; Zwick, 2004) і окремі праці, присвячені опису та визначенню видів (Křno, 2004; Murányi, 2006).

Визначення параметрів угруповань веснянок проводилися на основі загальноприйнятих підходів – визначення структури домінування, індексів різноманіття Сімсона, Шеннона та Маргалєфа (Бигон, 1989; Чернова, 1984). Для обрахунку індексів використовували програму Asterics

(version 3.01), розроблену в рамках проекту AQEM (<http://www.aqem.de/mains/about.php>). Використано поздовжній розподіл течії від витоків до гирла згідно роботи (Афанасьєв, 2006). Характеристику життєвих циклів здійснювали за класифікацією Т. Солдана (Soldán et al., 1998). Поділ на трофічні групи згідно AQEM.

Крім загально прийнятих скорочень, в роботі використані наступні: ок. – околиці, прит. – притока, пот. – потік.

Результати та їх обговорення. Структура домінування в угрупованнях веснянок змінювалася відповідно до характеру розподілу вздовж течії. В гіпо- та метаритральній зоні видове багатство було незначним, угруповання склалися лише з декількох видів. В багатьох випадках до складу угруповань входили лише представники родів *Perla* та *Leuctra*, які формували групи еудомінантів. Це характерно для таких, наприклад, локалітетів: в басейні р. Дністер – р. Топольниця в ок. с. Стрілки, р. Стрий в ок. с. Рибник, р. Стрий в ок. с. Верхнє Висоцьке, р. Стрий в ок. с. Комарники, р. Стрий в ок. с. Матків, р. Стрий в ок. смт Бориня, р. Свіча (12 км вище смт Вигода); в басейні р. Тиса – р. Ріка в ок. м. Хуст, р. Латориця в ок. с. Кольчино, р. Уж в ок. м. Перечин, р. Улічка в ок. с. Забрідь, р. Уж (2 км вище с. Забрідь). В деяких випадках до угруповань гіпо- та метаритралі входили також представники родів *Protonemura* (р. Ясениця в ок. с. Ясениця Замкова), *Amphinemura* та *Isoperla* (р. Рибник в ок. с. Рибник), *Dinocras* (р. Чорна Тиса в ок. с. Білін, р. Тиса в ок. м. Рахів).

На локалітетах на р. Либохірка в ок. с. Верхнє Висоцьке, р. Опір в ок. с. Верхнє Синевидне, р. Опір (при усті р. Рожанка), р. Криньчанка в ок. с. Майдану угруповання теж склалися представники лише родів *Perla* та *Leuctra*, проте в дещо відмінних від попередніх співвідношеннях. На

даних локалітетах види *Leuctra* були еудомінантами, тоді як представники *Perla*, а зокрема й *Perla marginata* (Panzer, 1799) належали до групи субдомінантів та рецедентів.

На окремих локалітетах деякі види *Perla* та *Leuctra* формували монодомінантні угруповання. Види роду *Leuctra* формували монодомінантні угруповання на локалітетах р. Крушельниця в ок. с. Крушельниця, р. Бітлянка в ок. с. Нижнє Ви-соцьке, р. Латориця в ок. м. Мукачево, а на р. Дністер в ок. с. Стрілки, р. Сукіль в ок. м. Боле-хів, р. Уж ок. с. Дубринчі, р. Стебник (прит. р. Серет) монодомінантні угруповання формували види *Perla* (*Perla abdominalis* Burmeister, 1839, *P. marginata* та *Perla pallida* Guérin-Méneville, 1838). В місцях, де в угрупованнях зустрічалися два види *Perla* – *P. abdominalis* та *P. marginata*, в усіх випадках чисельно переважав *P. abdominalis* над *P. marginata*. Таку закономірність відзначали й європейські дослідники для карпатських рік на території сусідніх країн (Soldán et al., 1998).

В угрупованнях епіритрالی видове різноманіття помітно збільшувалося, з'являлися види-субдомінанти, рецеденти та субрецеденти. Можна виділити угруповання, в яких еудомінантами є представники роду *Leuctra*, а інші групи домінування формували різні види Plecoptera. Наприклад, на локалітеті на р. Рожанка (2 км вище устя) еудомінантами є *Leuctra albida* Kempny, 1899 та *Leuctra fusca* (Linnaeus, 1758), домінанти та субдомінанти відсутні, а групу рецедентів формували *Nemoura cinerea* (Retzius, 1783), *P. pallida* та *Isoperla grammatica* (Poda, 1761). На р. Майданчанка в ок. с. Майдан групу субдомінантів складала *Protonemura auberti* Illies, 1954 та *P. marginata*, а рецедентів – *Protonemura montana* Kimmins, 1941. На р. Кам'янка (2 км вище устя) еудомінантом є вид *Leuctra prima* Kempny, 1899, а нечисленні *Perlodes microcephalus* (Pictet, 1833) та *Capnia vidua* Klapálek, 1904 формували групу рецедентів. В урочищі „Товстий Грунь”, де *Leuctra rauscheri* Aubert, 1957 та *Leuctra hanlirschi* Kempny, 1898 еудомінанти, *Leuctra armata* Kempny, 1899, *Leuctra pseudosignifera* Aubert, 1954, *Brachyptera seticornis* (Klapálek, 1902) та *Nemurella pictetii* Klapálek, 1900 формували групу рецедентів.

До іншої групи локалітетів епіритрالی належали ті, де еудомінантами є представники родини Nemouridae. На струмку, притоці р. Рибник угруповання формували лише представники родини Nemouridae. Еудомінантом є вид *P. montana*, групу рецедентів складала *P. auberti* та *Protonemura intricata* (Ris, 1902). На пот. Довжинець еудомінант – *N. cinerea*. Групу домінантів формували *Isoperla buresi* Raušer, 1962, *Isoperla sudetica* (Kolenati, 1859), *Perlodes intricatus*

(Pictet, 1841), *L. rauscheri*, *Chloroperla tripunctata* (Scopoli, 1763), *Protonemura aestiva* Kis, 1965 та інші види *Leuctra* sp. Субдомінантом є *B. seticornis*, а групу рецедентів складала *P. microcephalus*, *L. hanlirschi*, *Protonemura praecox* (Morton, 1894) та *P. auberti*. Недалеко, на пот. Плоскинець спостерігали іншу ситуацію – еудомінантом є *I. buresi*, а домінанти представлені *P. abdominalis* та *P. aestiva*. Групу субдомінантів складала *P. montana*, *P. intricatus*, *A. compacta* та *N. marginata*. На пот. Бистрик (прит. р. Лімниця) домінантом був *P. montana*, а *Arcynopteryx compacta* (McLachlan, 1872) та *Nemoura* sp. належали до субдомінантів.

До третьої групи належали локалітети епіритрالی, в угрупованнях яких домінували представники родини Perlodidae. До таких належали деякі локалітети в Горнах (р. Молода, пот. Бистрик біля устя пот. Негрова, пот. Плоскинець в ПЗ Горани) та пот. Кевелів. На пот. Кевелів до групи еудомінантів входили *I. grammatica* та *P. montana*, домінантів – *I. buresi*, субдомінанти відсутні, а групу рецедентів формували *P. marginata*, *Perla grandis* Rambur, 1842, *Isoperla rivulorum* (Pictet, 1841), *P. auberti*, *Protonemura nitida* (Pictet, 1836), *C. tripunctata*, *Leuctra inermis* Kempny, 1899.

Таким чином, на локалітетах в межах гіпо- та метаритральної зон, поряд з населеними пунктами, в межах висот 400-500 м н.р.м. домінують представників *Leuctra* та *Perla*. Часто на таких ділянках не представлені групи рецедентів та субрецедентів, тому показники рідкості рівні нулю. Зі збільшенням висоти над рівнем моря та зменшенням антропоїчного навантаження на гідроекосистеми видове різноманіття в угрупованнях веснянок епіритрالی збільшується, а домінуючими видами виступають представники Nemouridae, Perlodidae та Leuctridae. Для угруповань епіритральних потоків властиві найвищі значення показника $100 Sr/Sg$ – співвідношення числа видів з чисельністю менше, ніж 3% до загальної чисельності угруповання. Показник рідкості змінювався від 75,0 до 12,5. Субрецедентні види присутні лише на локалітеті на р. Кам'янка, де їхня частка ($100 Sr/Sg$) становить 25,0. В дану групу входили представники роду *Isoperla*.

Індекс різноманіття Сімсона в угрупованнях веснянок ритрالی рік Українських Карпат змінювався в межах від 0,133 до 1,000. Найнижчі значення індексу зафіксовані для угруповань струмка, притоки р. Рибник в ок. с. Рибник та для р. Кам'янка (2 км вище устя), тобто у випадках, коли частка звичайних видів зменшувалася і в кількісному співвідношенні переважав один вид. Угрупованням, що характеризувалися більш ви-

рівняним кількісним співвідношенням видів, властиві більш високі значення індексу.

Найвищі значення індексу різноманіття Шеннона характерні для водотоків епіритральної зони, для яких властиві високі значення індексу вирівняності та високе видове багатство. Високі значення індексу Шеннона відзначені для пот. Довжинець (1,961) та пот. Плоскинець (1,609) в ПЗ Горгани, для пот. в урочищі „Товстий Грунь” (1,673), р. Рожанка (2 км вище устя) (1,561), пот. Кевелів в ок. с. Кваси, найменші – для р. Майданчанка в ок. с. Майдан, р. Рибник в ок. с. Рибник, р. Кам’янка (2 км вище устя).

Індекс відносного багатства за Маргалєфом для угруповань веснянок коливався в межах 0,297–2,265. Найменші значення зафіксовані для р. Опір в ок. с. Верхнє Синєвиднє (0,294), р. Рибник в ок. с. Рибник (0,297), р. Уж в ок. м. Перечин (0,417), р. Либохірка в ок. с. Верхнє Висоцьке (0,390), р. Стрий в ок. м. Турка (0,621), а найвищі – для пот. Довжинець (2,265), пот. Плоскинець (2,171), р. Прут в ок. м. Яремче (2,164), пот. в урочищі „Товстий Грунь” (2,164), пот. Кевелів в ок. с. Кваси (2,232).

Загалом зростання індексів різноманіття в угрупованнях обумовлене низькою “концентрацією” домінування та високим видовим багатством, що характерно для епіритральної зони рік. Поява в таких угрупованнях груп субдомінантних, рецедентних та субрецедентних видів вказує на стійкість і лабільність цих угруповань.

Більшість видів веснянок, поширених в ріках Українських Карпат, за характером розподілу вздовж течії належать до мешканців епіритральної зони, менше – до метаритральної.

У трофічній структурі угруповань веснянок представлені чотири групи – зіскоблювачі, подрібнювачі, збирачі та хижакі. Найбільшу частку склали види хижакі (43%); практично в однаковій пропорції представлені види, що за типом живлення належать до подрібнювачів (18%), зіскоблювачів (18%) та збирачів (17%).

Спостерігається розподіл веснянок за типом живлення вздовж течії, що підтверджується теорією річкового континууму про те, що розподіл організмів вздовж течії залежить не лише від гідрологічних умов, а й доступності трофічних ресурсів (Allan, 1998; Soldán et al., 1998). У верхній ділянці течії у зв’язку з наявністю значної кількості грубої органічної речовини, найбільшого розвитку досягають угруповання веснянок, що за типом живлення належать до подрібнювачів та збирачів. Нижче по течії значною мірою присутні зіскоблювачі та хижакі.

На території Українських Карпат переважають види, що за типом життєвого циклу належать до унівольтинних (79,01%). До них нале-

жать деякі представники родини Perlodidae, всі наявні Chloroperlidae, Taeniopterygidae, Capniidae, більшість Nemouridae та Leuctridae. Меншу частку складають таксони з однією генерацією в рік або однією генерацією за два або більше років (13,58%) – деякі Perlodidae та всі Perlidae. Кількість видів, що належать до сімивольтинних (деякі Nemouridae та Leuctridae) та бівольтинних (тільки *N. pictetii*) незначна – 6,17% та 1,23%, відповідно.

Висновки. Встановлено параметри структурно-функціональної характеристики угруповань веснянок ритральної ріки Українських Карпат. Для різних ділянок течії (епі-, мета- і гіпоритральної) властиві інші параметри структури домінування, індекси різноманіття та трофічна структура угруповань веснянок. В угрупованнях нижніх ділянок течії рік еудомінантами та домінантами виступають представники Perlidae та Leuctridae, часто формуючи монодомінантні угруповання. У верхів’ї басейнів домінують представники Nemouridae та Perlodidae. Найменші значення індексів Сімсона характеризують угруповання мета- та гіпоритральної. Найбільші значення індексів Шеннона та Маргалєфа властиві для невеликих рік і потоків епіритральної зони, для яких характерне більше видове багатство та поява в угрупованнях рецедентних та субрецедентних видів.

Список літератури:

1. Афанасьев С. О. Структура біотичних угруповань та оцінка екологічного статусу річок басейну Тиси. – К.: СП «Інертехнодрук», 2006. – 101 с.
2. Бигон М., Харпер Дж., Таусенд К. Экология. Особи, популяции и сообщества Т. 2 – Москва: Мир, 1989. – 478 с.
3. Годунько Р. Й. Методики збору, фіксації та зберігання амфібіотичних комах // Наук. зап. ДПМ НАН України. – 2003. – Т. 18. – С. 5–34.
4. Дяків Х. І. Фауна веснянок (Insecta: Plecoptera) Українських Карпат // Наук. зап. Терноп. нац. пед. ун-ту ім. В. Гнатюка. Сер.: Біол. – 2011. – № 3 (48). – С. 62–69.
5. Жильцова Л. А. Веснянки (Plecoptera) европейской части СССР (без Кавказа) // Энтомологическое обозрение. – 1966. – Т. 45, № 3. – С. 525–549.
6. Жильцова Л. А. Обзор веснянок (Plecoptera) Украинских Карпат. I. Семейства Taeniopterygidae и Nemouridae // Вестник зоологии. – 1967. – № 4. – С. 34–42.
7. Жильцова Л. А. Обзор веснянок (Plecoptera) Украинских Карпат. II. Семейства Leuctridae, Capniidae, Perlodidae, Perlidae, Chloroperlidae // Вестник зоологии. – 1968. – № 2. – С. 61–67.
8. Жильцова Л. А. Веснянки (Plecoptera): группа Euholognatha. Фауна России и сопредельных стран. – Санкт-Петербург: Наука, 2003. – 538 с.
9. Киселева Г. А., Прокопов Г. А., Разумейко В. Н. Состояние макрозообентоса малых рек горного и

- предгорного Крыма // Наук. зап. Терноп. нац. пед. ун-ту. Сер. Біол. – 2010. – № 2 (43). – С. 245–248.
10. Летицька О. М., Афанасьєв С. О. Оцінка екологічного стану річок Закарпаття в умовах впливу різних антропогенних чинників // Наук. зап. Терноп. нац. пед. ун-ту. Сер. Біол. – 2010. – № 2 (43). – С. 319–322.
 11. Чернова Н. М. Принципы количественного анализа населения коллембол // Фауна и экология ногохвосток. – М.: Наука, 1984. – С. 29–43.
 12. Allan J. D. Ekologia wód płynących. – Warszawa: Wyd. Nauk. PWN, 1998. – 450 s.
 13. AQEM Project – An European water project // Department of Applied Zoology/Hydrobiology, University Duisburg-Essen, Germany. – 2000. –2008. – Режим доступу: <http://www.aqem.de/mains/about.php>.
 14. Dziędziewic J. Przegląd fauny krajowej owadów siatkoskrzydłych (Neuroptera, Pseudoneuroptera) // Spraw. Kom. Fizj. Akad. Umiej. w Krakowie. – 1891. – Т. 26. – С. 26–151.
 15. Dziędziewic J. Owady siatkoskrzydłowe ziem Polski // Rozprawy i Wiadomości z Muzeum im. Dzieduszyckich. – Lwów, 1920. – Т. 4, zes. 3–4. – С. 105–169.
 16. Kis B. Plecoptera // Fauna Republicii Socialiste România. Insecta. – 1974. – Vol. 8, № 7. – 271 p.
 17. Kovács T., Godunko R. Faunistical records of larvae of Ephemeroptera, Odonata and Plecoptera from the Zakarpats'ka Region, Ukraine // Folia Historico Naturalia Musei Matraensis. – 2008. – Vol. 32. – P. 87–91.
 18. Kovács T., Godunko R., Juhász P., Kiss B., Müller Z. Quantitative records of larvae of Ephemeroptera, Odonata and Plecoptera from the Zakarpats'ka Region, Ukraine (2004, 2006) // Folia Historico Naturalia Musei Matraensis. – 2008. – Vol. 32. – P. 135–147.
 19. Kovács T., Murányi D. Taeniopterygidae Klapálek, 1902 species in Hungary (Plecoptera) // Folia Historico Naturalia Musei Matraensis. – 2008. – Vol. 32. – P. 103–113.
 20. Krno I. Nemouridae (Plecoptera) of Slovakia: autecology and distribution, morphology of nymphs // Entomological Problems. – 2004. – Vol. 34 (1–2). – P. 125–138.
 21. Murányi D. Comparison of *Leuctra kisi* Steinmann, 1968 with *Leuctra quadrimaculata* Kis, 1963 (Plecoptera: Leuctridae), and the first record of *L. quadrimaculata* from Ukraine / D. Murányi // Opusc. Zool. Budapest. – 2006. – Vol. 35. – P. 73–75.
 22. Raušer J. Řád Pošvatky – Plecoptera // Klíč vodních larev hmyzu. – Praha: Československá Akademie Věd. – 1980. – P. 86–132.
 23. Soldán T., Zahrádková S., Helešic J., Dušek L., Landa V. Distributional and Quantitative Patterns of Ephemeroptera and Plecoptera in the Czech Republic: A Possibility of Detection of Long-term Environmental Changes of Aquatic Biotopes – Brno: Folia Facultatis Scientiarum Naturalium Universitatis Masarykianae Brunensis, Biologia, 1998. – Vol. 98. – 305 p.
 24. Vannote R. L., Minshall G. W., Cummins K. W., Sedell J. S., Cushing C. E. The River Continuum Concept // Can. J. Fish. Aquat. – 1980. – Vol. 37. – P. 130–137.
 25. Vinçon G., Murányi D. Revision of the Rhabdiopteryx neglecta species group (Plecoptera: Taeniopterygidae) // Aquatic Insects. – 2009. – Vol. 31. – P. 203–218.
 26. Zwick P. Key to the West Palaearctic genera of stoneflies (Plecoptera) in the larval stage // Limnologica. – 2004. – Vol. 34. – P. 315–348.

THE STRUCTURAL AND FUNCTIONAL ORGANIZATION OF THE STONEFLY (INSECTA: PLECOPTERA) COMMUNITIES OF THE RIVER ECOSYSTEMS OF THE UKRAINIAN CARPATHIANS

Kh. Diakiv

Some structural and functional parameters of the communities of stoneflies of the Ukrainian Carpathians - the indexes of dominance, diversity, trofic structure of communities and peculiarity of the Plecoptera life cycles are presented.

Keywords: stoneflies, Plecoptera, communities, Ukrainian Carpathians.

Отримано редколегією 10.07.2012

ЗНАЧЕННЯ ПОКАЗНИКІВ МЕТАБОЛІЗМУ ПЕЧІНКИ ДЛЯ АДАПТАЦІЇ РИБ В УМОВАХ ГЕРБІЦИДНОГО ЗАБРУДНЕННЯ ВОДОЙМ

А.О. Жиденко, К.В. Бібчук, В.М. Полетай, В.В. Кривопиша

Чернігівський національний педагогічний університет імені Т.Г. Шевченка,
вул. Гетьмана Полуботка, 53, Чернігів, 14000, Україна, chnpu@chnpu.edu.ua, zaa2006@ukr.net

Зроблено порівняльний аналіз впливу віку риб, кількісних змін основних метаболітів різних напрямків обміну речовин на формування адаптації в печінці коропа в умовах гербіцидного забруднення водойм. Виявлено, що цьоголітки коропа є більш пластичними до формування адаптації обмінних процесів печінки риб в умовах дії гербіцидів, порівняно з дволітками. Зниження кількості еритроцитів і вмісту гемоглобіну молоді риб під дією гербіцидів не призводить до збільшення рівнів жовчних пігментів в печінці внаслідок зниження фракції альбумінів у плазмі (порушення транспорту), використання глюкуронової кислоти для детоксикації продуктів розпаду білків з метою кращого здійснення репаративних процесів у печінці. Формування адаптації у цьоголіток на 21 добу експерименту виявляється у збільшенні кількісних показників еритроцитів і гемоглобіну.

Ключові слова: короп, гербіциди, адаптація, метаболіти, обмін речовин.

Вступ. Для збільшення сільськогосподарської продукції у великих масштабах та з мінімальними затратами ресурсів і часу, необхідна індустріалізація сільського господарства, переведення його на промислову основу, що веде до збільшення використання пестицидів. Потрапляючи у водойми, гербіциди, особливо розчинні у воді, призводять до зміни гідрохімічного режиму, негативно впливають на кормову базу і фізіолого-біохімічні показники риб. Відомо, що адаптація організму забезпечується компонентами метаболізму клітини, в тому числі речовинами ліпідної, вуглеводної і білкової природи, в обміні яких провідну роль грає печінка (Романенко, 1978; Крючков, 2004). Крім того, печінка, приймаючи активну участь у знезараженні або трансформації токсикантів, відчуває їх негативний вплив. У зв'язку з цим, виникає необхідність всебічного дослідження обмінних процесів в печінці водних організмів при здійсненні адаптації до токсичних умов навколишнього середовища.

Об'єкт і методи. Дослідження впливу гербіцидів проведено на цьоголітках і двохлітках коропа лускатого (*Cyprinus carpio* L.), які були вирощені в ВАТ "Чернігіврибгосп". Досліди з вивчення впливу гербіцидів проводили в 200-літрових акваріумах із відстояною водопровідною водою. Дослідження проводили в осінньо-зимовий період впродовж 14, 21 діб. Риба перебувала в акваріумах в умовах голодування при температурі води $8 \pm 2^\circ\text{C}$, рН $7,80 \pm 0,28$, вміст у воді O_2 становив $5,8 \pm 0,5$ мг/л. Воду змінювали кожні три доби, в усіх випадках використовували контрольну групу риб і підтримували постійний гідрохімічний режим води. Для проведення ек-

сперименту були взяті 2 гербіциди у кількості 2 і 4 ГДК (гранично допустима концентрація) (зенкор $0,2-0,4$ мг/дм³ та раундап $0,04-0,08$ мг/дм³) різної хімічної природи та властивостей. Зенкор – метрибузин (4-аміно-6-третбутил-3(метилтіо)-1,2,4-триазин-5(4Н)-ОН), препарат, який використовується як ґрунтовий гербіцид під посадку пасльонових культур. Раундап – діюча речовина ізопропіламінної солі гліфосату, 480 г/дм³, фосулен (N-фосфометилгліцин) широко застосовується як гербіцид системної та вибіркової дії для боротьби з одно- та багаторічними бур'янами, особливо під посіви кукурудзи та сої, насіння якої містять модифікований ген стійкості до цієї речовини, що приводить до накопичення гліфосату в рослинах.

Кров у риб відбирали шляхом пункції серця (Давыдов и др., 2006). Кров збирали в пробірку та стабілізували шляхом додавання гепарину – офіційного розчину (1мл – 5000 ОД) (Справочник ..., 1986). З печінки після додавання фізрозчину (0,6% NaCl для холонокровних) готували гомогенат тканини. Відібрані біологічні матеріали готували до диференціальної екстракції окремих груп органічних сполук згідно схем (Патент ..., 2001). Вміст пігментів у міхуровій жовчі і тканині печінки визначали за методикою (Спосіб ..., 2009), згідно якої до отриманої в експерименті проби жовчі (50 мкл) додавали 50 мкл стабілізуючого водного розчину, який містить 5,0% карбаміду та 0,5% аскорбінової кислоти. До цієї суміші вводили охолоджені бутанол та ацетон, дотримуючись об'ємного співвідношення 1:2:7. Після інтенсивного перемішування суміш центрифугували впродовж 10 хвилин при

3000 об./хв. на лабораторній центрифугі ОПН-8. Після упарювання ацетонової та бутанольної складових на розмічений папір або пластини 2-4 рази наносили по 5 мкл водної частини екстракту.

Хроматографічний розподіл екстрагованих пігментів проводили на пластинах "Silufol" або ж на хроматографічному папері FN-16 фірми "Filtrak", використовуючи комбіновану суміш розчинників для хроматографії, яка містить: аміловий ефір оцтової кислоти, концентровану оцтову кислоту, пропанол, воду та етиленгліколь у відповідному об'ємному співвідношенні 21:10:5:5:3. Після розділення похідних білівердину розчинник з хроматограм видаляли у витяжній шафі. Останні попередньо аналізували в ультрафіолетовій області світла, яке активує флюоресценцію пірольних груп в молекулах пігментів, використовуючи хроматоскоп та лампу типу А-FC-301. Фарбування хроматограм проводили за допомогою скляного лабораторного оприскувача, застосовуючи модифікований діазореактив, який отримували шляхом злиття 10 мл діазорозчину № 1 та 0,25 мл діазорозчину № 2 і збагаченням отриманої суміші 1,0 мл мурашиного альдегіду.

Для кількісного визначення вмісту похідних білівердину і білірубину проводили денситометричну пряму оцінку як в ультрафіолетовому, так і у видимому діапазоні світла на денситометрах ДО-1М або "Самас-2" (Швейцарія) та відповідних калібрувальних кривих, побудованих з використанням чистих стандартних речовин з урахуванням максимумів поглинання світла досліджуваними метаболітами. Проводили визначення білкових фракцій та їх співвідношення (Колб, Камышников, 1976).

Статистичну обробку результатів проводили методами статистичного аналізу даних за допомогою комп'ютерної програми Microsoft Excel (результати вважали достовірними і статистично значущими при $p \leq 0,05$): достовірне розходження між середніми арифметичними величинами показників експериментальних і контрольних груп коропів визначали за допомогою t-критерію Стьюдента. Розходження між порівнюваними групами вважали вірогідними при * - $P < 0,05$.

Результати та їх обговорення. Виконаний раніше порівняльний аналіз впливу віку риб на активність ферментів вуглеводного обміну в нормальних умовах і під дією гербіцидів показав значне переважання ферментативної активності в печінці цьоголіток (амілолітичної, лактатдегідрогеназної, ізоцитратдегідрогеназної, глюкозо-6-фосфатдегідрогеназної і т.д.) (Жиденко, 2009; Жиденко, Бибчук, 2009). Висока активність ферментів в органах молоді риб, на перший погляд,

грає негативну роль – неекономічне витрачання поживних субстратів, але, з точки зору пластичності адаптаційних процесів, більш перспективною для дослідження є молодь коропа. Так, на 14 добу дії раундапу і зенкору (табл. 1), в крові цьоголіток кількість еритроцитів зменшується майже в 2 рази, що супроводжується розпадом гемоглобіну з утворенням вердоглобіну. У подальшому, від цієї молекули відщеплюється атом заліза і білок глобін, в результаті утворюється білівердин (БВ), який здатний відновлюється до білірубину (БЛ). Співвідношення цих речовин (БВ і БЛ) в печінці цьоголіток коропа у нашому дослідженні становило від 97,3-97,1% до 2,7-2,9%. При визначенні вмісту гемоглобіну на 14 добу експерименту (табл. 1), було встановлено, що під дією зенкору також відбувається зниження його рівня в 1,5 рази, під дією раундапу – тільки тенденція до зменшення, так як здійснюється зворотний синтез гемоглобіну, який призводить до деякої зміни вмісту заліза в цьому органі. В результаті цього процесу, на 21 добу експерименту зростає рівень гемоглобіну та еритроцитів у крові цьоголіток коропа по відношенню до 14 діб, що можна розглядати як свідчення адаптивних перебудов в організмі молоді риб.

Таблиця 1
Зміни кількості еритроцитів і вмісту гемоглобіну в крові цьоголіток коропа в умовах гербіцидного навантаження, $M \pm m, n=12$

Table 1
Changes in the number of red blood cells and hemoglobin in the blood fingerling carp in herbicide load, $M \pm m, n = 12$

Умови досліджу	7 доба	14 доба	21 доба
Еритроцити (тис./мм ³)			
Контроль	870±81	490±67	520±22
Зенкор	750±43	410±55	780±31*
Раундап	540±30*	500±38	540±18
Гемоглобін (г/л)			
Контроль	57±10	42±9	49±5
Зенкор	50±9	33±6	43±4
Раундап	47±8	46±7	50±6

Розходження між порівнюваними групами вважали вірогідними при * - $P < 0,05$.

Згідно з загальною схемою метаболізму ксенобіотиків в організмі тварин, основна кількість токсикантів, що надходять, акумулюється в печінці. Печінка у риб, як і в багатьох інших організмів, виконує основну роль в детоксикації та зберіганні поллютантів. (Крючков, 2004). Основним місцем утворення білірубину також є печінка, але цей процес можливий також в селезінці та еритроцитах. Подальші перетворення метаболітів розпаду гемоглобіну повинні відбуватися в печінці, а для цього необхідний альбумін плазми, який здійснює цей транспорт, але його вміст у

крові під дією раундапу зменшується в 1,8 рази (рис. 1), що може ускладнити цей процес.

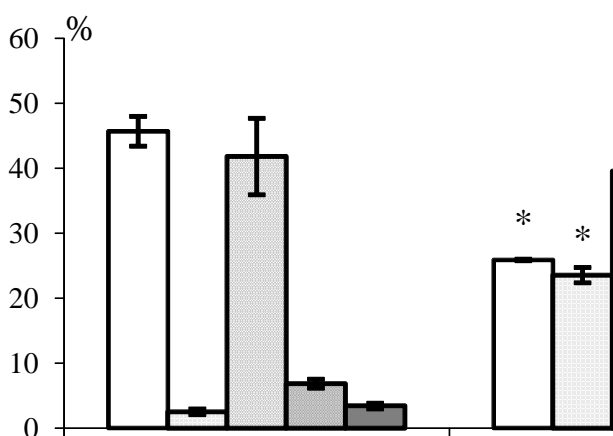


Рис. 1. Зміни вмісту білкових фракцій у сироватці крові цьоголіток коропа за умов дії раундапу ($M \pm m$, $n = 12$, * – $P < 0,05$)

Fig. 1. Change content of protein fractions in the blood serum of fingerling carp under the effect of Roundup ($M \pm m$, $n = 12$, * – $P < 0,05$)

Вільні білівердин (ВБВ) і білірубін (ВБЛ) мають значну токсичність, тому в печінці взаємодіють з глюкуроною кислотою, утворюючи моно- і диглюкуронід білівердина (МГ БВ, ДГ БВ) і білірубину (МГ БЛ, ДГ БЛ). Очікуваного збільшення цих фракцій в печінці не спостерігається (рис. 2), а, навпаки, в умовах дії зенкору і раундапу відбувається зниження вмісту загального білівердину і білірубину як за рахунок зменшення ВБВ, так і більшою мірою фракцій МГ БВ, ДГ БВ, МГМГ БВ, ДГ БЛ (рис. 2).

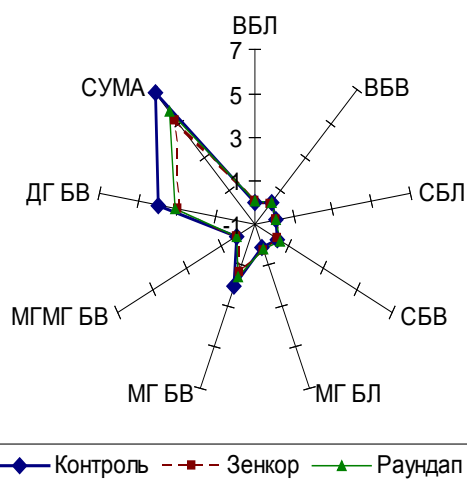


Рис. 2. Вміст основних фракцій жовчних пігментів (mg%) у печінці коропа лускатого при дії зенкору і раундапу (4 ГДК, $M \pm m$, $n = 14$)

Fig. 2. Content of main fractions of bile pigments (mg%) in the liver of flake carp when exposed Zenkor and Roundup (4 MPC, $M \pm m$, $n = 14$)

Поясненням останньої тези може бути можливість збереження вихідних субстратів для син-

тезу гемоглобіну та еритроцитів в процесі адаптації, а також перерозподіл частини глюкуронової кислоти на знешкодження продуктів метаболізму білків печінки. Глюкуронова кислота утворює з ними парні сполуки, забезпечуючи детоксикації цих метаболітів, які інтенсивно утворюються під дією досліджуваних гербіцидів, про що свідчить кількісне зменшення білка в органі, більш характерне для дволіток коропа (Жиденко, 2009). Крім того, виявлено, що у коропів різного віку гербіцидне навантаження значно пригнічує екскрецію жовчних пігментів. Ступінь пригнічення екскреторної функції печінки значно вище у коропів-двохліток в умовах впливу зенкору, при дії якого спостерігається часткове, не характерне для риб, відновлення білівердину до білірубину, порівняно з цьоголітками (Полетай, 2011), що є ще одним підтвердженням гірших адаптаційних можливостей двохліток коропа.

Висновки. Таким чином, у дослідженні виявлено, що двохлітки коропа виявилися менш лабільними до формування адаптації обмінних процесів печінки риб до дії гербіцидів, а цьоголітки – більш пластичними. Зниження у них під дією гербіцидів кількості еритроцитів і вмісту гемоглобіну не призводить до збільшення рівнів жовчних пігментів в печінці, внаслідок зниження фракції альбумінів у плазмі (порушення транспорту), використання глюкуронової кислоти для детоксикації продуктів розпаду білків з метою кращого здійснення репаративних процесів у печінці. Формування адаптації у цьоголіток на 21 добу експерименту виявляється у збільшенні кількісних показників еритроцитів і гемоглобіну.

Список літератури:

1. Давыдов О.Н. Патология крови рыб / О.Н. Давыдов, Ю.Д. Темниханов, Л.Я. Куровская. – К.: Фирма "ИНКОС", 2006. – 206 с.
2. Жиденко А.О. Морфофізіологічні адаптації різновікових груп *Suiprinus carpio* L. за несприятливої дії екологічних факторів. – Автореф. дис. ... докт. біол. наук зі спеціальності 03.00.16 – «Екологія» / А.О. Жиденко. – Одеса, 2009. – 40 с.
3. Жиденко А.А. Изменения биохимических показателей в печени карпа в условиях действия раундапа / А.А. Жиденко, Е.В. Бибчук // Сучасні проблеми теоретичної і практичної іхтіології: тези II Міжнародної іхтіологічної науково-практичної конференції. – Севастополь, 2009. – С. 50–52.
4. Колб В.Г. Клиническая биохимия: пособие для врачей-лаборантов / В.Г. Колб, В.С. Камышников. – Минск: Беларусь, 1976. – 310 с.
5. Крючков В.Н. Эколого-морфологические особенности патологии и адаптации органов и тканей рыб при воздействии токсикантов: автореф. дис. ... докт. биол. наук со спец. 03.00.16 – «Экология» / В.Н. Крючков. – Махачкала, 2004. – 46 с.
6. Спосіб підготовки проб біорідин для визначення вмісту речовин ліпідної природи: Пат. 99031324

- Україна, МБІ А61В5/14 / С.П. Весельський, П.С. Лященко, С.І. Костенко, З.А. Горенко, Л.Ф. Куровська (Україна). – № 33564А; Заявл. 05.10.99; Опубл. 15.02.2001, Бюл. №1.
7. Полетай В.М. Вплив гербіцидів на проміжний обмін компонентів жовчі у коропа: автореф. дис. ... канд. біол. наук. зі спец. 03.00.13 – «Фізіологія людини і тварин» / В.М. Полетай. – Київ, 2011. – 20 с.
 8. Романенко В.Д. Печень и регуляция промежуточного обмена: (Млекопитающие и рыбы) / В.Д. Романенко. – К.: Наук. думка, 1978. – 183 с.
 9. Спосіб визначення спектра похідних білірубину та білівердину в біологічній рідині: Патент на корисну модель №41602 / Т.П. Гарник, М.Ю. Макачук, С.П. Весельський, Т.І. Крохіна, Г.О. Самохіна, З.А. Горенко, Є.М. Решетнік, В.М. Полетай. – Заявлено 30.01.2009 р, № заявки у 2009 00708; опубл. 25.05.2009. бюл. № 10.
 10. Справочник по физиологии рыб / А.А. Яржомбек, В.В. Лиманский, Т.В. Щербина [и др.]; Под ред. А.А. Яржомбека. – М.: Агропромиздательство, 1986. – 192 с.

THE VALUE OF FISH LIVER METABOLISM INDICATORS FOR ADAPTATION TO THE CONDITIONS OF HERBICIDE CONTAMINATION

A.O. Zhidenko, K.V. Bibchuk, V.M. Poletaj, V.V. Krivopisha

The comparative analysis of influence the age of fishes, the quantitative changes of basic metabolites in different directions of metabolism on forming the adaptation in the carp liver in the conditions of herbicide contamination is done. It was found that carp underyearlings were more plastic to the formation of metabolic adaptation in fish liver to the action of herbicides then two-year carps. Decrease the erythrocyte count and hemoglobin content in them under the influence of herbicides does not lead to increase the levels of bile pigments in the liver because of decrease a fraction of albumin in plasma (violation of transport), using the glucuronic acid for detoxication proteins degradation products for better occurring the reparative processes in the liver. Formation of adaptation in underyearlings on 21 day of experiment is shown in increase the quantitative parameters of red blood cells and hemoglobin.

Keywords: carp, herbicides, adaptation, metabolites, metabolism.

Отримано редколегією 10.07.2012

ПАРАМЕТРЫ НАКОПЛЕНИЯ ^{137}Cs ЖЕРЕХОМ (*ASPIUS ASPIUS* (L.))

О.Л. Зарубин

*Институт ядерных исследований НАН Украины, отдел радиобиологии и радиоэкологии;
проспект Науки, 47; г. Киев, 03680, Украина, oleg.zarubin2011@mail.ru*

*В 1986-2009 гг. изучали содержание ^{137}Cs у жереха (*Aspius aspius* (L.)) Каневского водохранилища, р. Припять и водоема-охладителя ЧАЭС. Изучено распределение ^{137}Cs в различных органах и тканях жереха. Определены коэффициенты накопления ^{137}Cs жерехом. Скорость накопления ^{137}Cs у жереха выше, чем у других облигатных ихтиофагов. Динамика содержания ^{137}Cs у жереха исследованных водоемов не одинакова. Удельное содержание ^{137}Cs у жереха повышается с увеличением массы (возраста) особи.*

Ключевые слова: рыбы, жерех, мышцы, содержание ^{137}Cs , коэффициенты накопления ^{137}Cs , водоем-охладитель ЧАЭС, р. Припять, Каневское водохранилище.

Введение. В Европе жерех (*Aspius aspius* (L.)) обитает в крупных пресноводных водоемах, расположенных от бассейна Балтийского моря до Урала. Является объектом промышленного и спортивного лова.

Жерех – оксифил, реофил. Среди семейства карповых (*Cyprinidae*), обитающих в водоемах Украины, жерех – единственный облигатный ихтиофаг. Питается, в основном, молодью рыб и мелкими пелагическими рыбами. В водоемах Киевской области жерех предпочитает уклею (*Alburnus alburnus* (L.)) и тюльку (*Clupeonella delicatula* (Nord.)). В реках по способу охоты жерех, как правило, относится к стайным загонщикам. В водохранилищах крупные жерехи могут охотиться в одиночку.

Несмотря на широкий ареал, вклад жереха в промышленные уловы обычно не превышает 1–5%. Видимо, поэтому радиоэкология жереха водоемов Украины изучена не полно. В радиоэкологической литературе жерех упоминается в известных трудах (Радиоактивное..., 1991; Радіонукліди..., 2001), но содержание радионуклидов у него представлено фрагментарно и только в организме рыбы, в целом. Это побудило автора к работе над данной статьей.

Материал и методика исследований. Отлов жереха производился на акватории водоема-охладителя Чернобыльской АЭС, р. Припять и Каневского водохранилища в период с 1986 по 2009 г., в основном летом и осенью, спиннингом (с использованием искусственных приманок) и ставными сетями с размером ячеи от 20 до 80 мм. Было отловлено около 700, как правило, половозрелых особей рыб.

Подготовка проб к измерениям заключалась в отделении органов и тканей с последующей гомогенизацией отобранного материала. Основное внимание уделялось мышцам.

В 1986-2009 гг. измерения содержания гамма-излучающих радионуклидов проводилось в Центре экологических проблем атомной энергетики Украины Института ядерных исследований НАН Украины стандартными методами гамма-спектрометрии. Часть проб измерена аналогичными методами в Государственном специализированном научно-производственном предприятии «Экоцентр» (г. Чернобыль) и в Институте гидробиологии НАН Украины.

В зависимости от активности пробы время измерений составляло от 600 до 14400 с. Относительная погрешность измерения удельной активности ^{137}Cs в образцах не превышала 20%, обычно составляя 5-10 %. Удельная радиоактивность рассчитывалась на сырой, естественный вес. Статистическая обработка результатов измерений проводилась с использованием пакета прикладных программ Excel 2003 (лицензия № 42326439).

Коэффициенты накопления (Кн) ^{137}Cs рыбами рассчитывались путем деления усредненного за год содержания ^{137}Cs в мышцах жереха данного водоема на усредненное содержание ^{137}Cs в воде этого же водоема в том же году.

При расчете Кн ^{137}Cs жерехом использованы данные содержания растворенного ^{137}Cs в воде водоема-охладителя ЧАЭС и р. Припять, полученные специалистами «Экоцентра».

Результаты исследований и их обсуждение. Распределение ^{137}Cs по органам и тканям жереха представлено на рис. 1–3.

В первые дни-недели после начала поступления ^{137}Cs в водоемы наибольшее содержание этого радионуклида в рыбах регистрировалось в желудочно-кишечном тракте, жабрах и чешуе. В основном, это было вызвано поверхностным загрязнением и присутствием ^{137}Cs в пищевом комке.

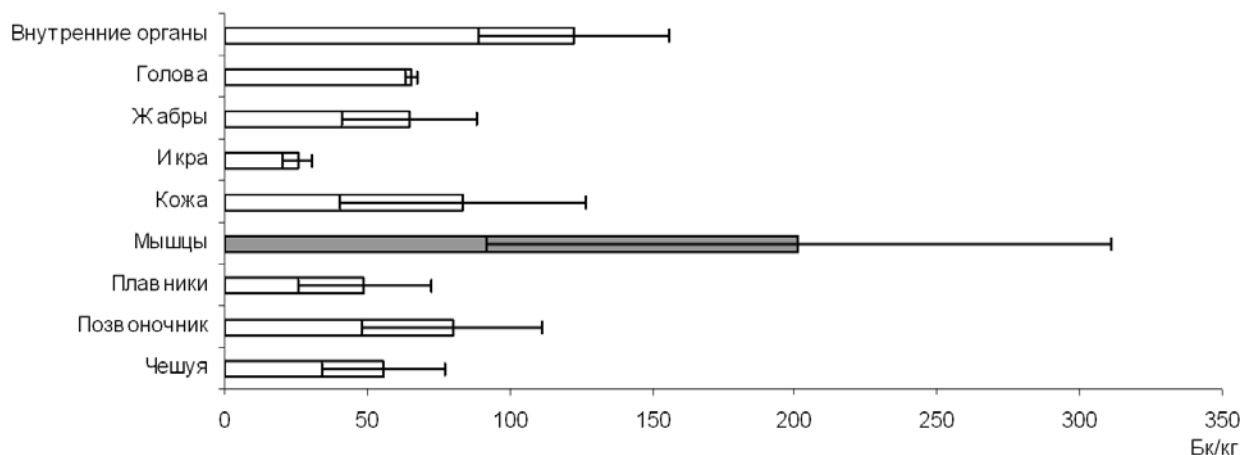


Рис. 1. Удельное содержание ^{137}Cs в органах и тканях жереха Каневского водохранилища 27.09.1986 г. (Бк/кг)

Fig. 1. Specific content of ^{137}Cs in the organs and tissues of *A. aspius*, the Kaniv Reservoir 09/27/1986 (Bq / kg)

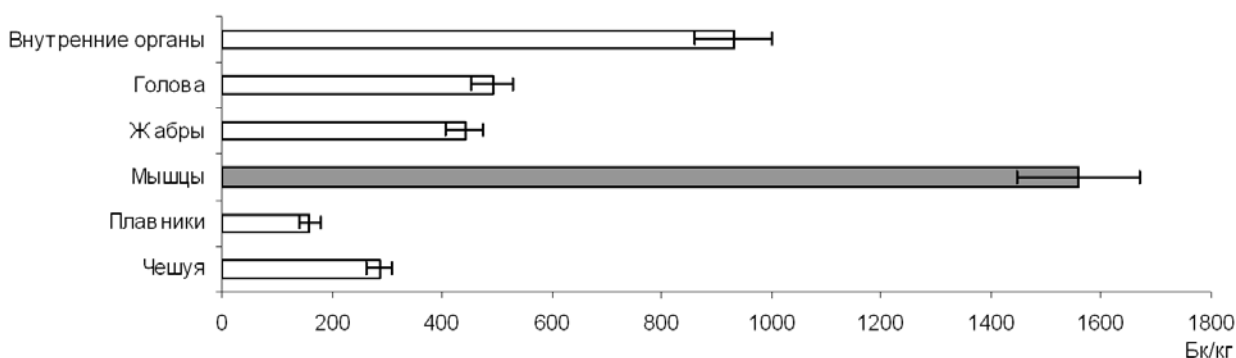


Рис. 2. Удельное содержание ^{137}Cs в органах и тканях жереха р. Припять в 1989 г. (Бк/кг)

Fig. 2. Specific content of ^{137}Cs in the organs and tissues of *A. aspius* in Pripyat river in 1989 (Bq / kg)

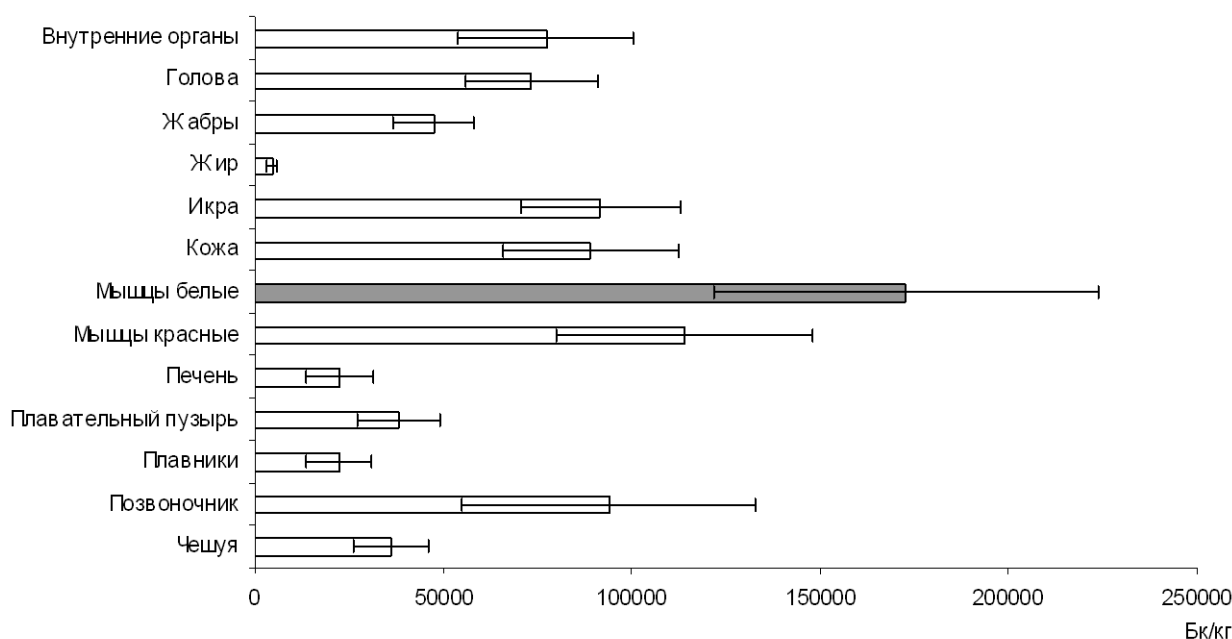


Рис. 3. Удельное содержание ^{137}Cs в органах и тканях жереха водоема-охладителя ЧАЭС в 1988 г. (Бк/кг)

Fig. 3. Specific content of ^{137}Cs in the organs and tissues of *A. aspius* Chernobyl cooling pond in 1988 (Bq / kg)

В дальнейшем, ^{137}Cs начинает перераспределяться по организму и накапливаться органами и тканями с различной интенсивностью, причем характеристики такого распределения ^{137}Cs у рыб одного вида из разных водоемов с различными уровнями радионуклидного загрязнения существенно не различаются между собой.

Через пять месяцев после аварии на ЧАЭС у жереха Каневского водохранилища (как и у большинства исследованных видов рыб) наибольшее содержание ^{137}Cs регистрируется в мышцах (см. рис. 1). В течение 1–4 лет после аварии дифференциация органов и тканей в накоплении ^{137}Cs рыбами увеличивается (Зарубин, 2005). Наибольшее содержание ^{137}Cs регистрируется в мышцах, а наименьшее — во внутривисцеральном жире. С некоторыми вариациями с тех пор по настоящее время (2009 г.) сходное распределение ^{137}Cs по органам и тканям характерно для рыб различных экологических групп всех исследованных крупных пресноводных водоемов Украины.

Место жереха в ряду накопления ^{137}Cs рыбами представлено на рисунках 4–7.

Поступающий в водоемы ^{137}Cs распределяется по компонентам водных экосистем и начинает мигрировать по пищевым цепям. В рыбах низких трофических уровней (бентофаги, планктофаги, полифаги) максимум удельного содержания ^{137}Cs в мышцах регистрировался через 2–6 месяцев после аварии на ЧАЭС.

Через 6–20 месяцев после аварии содержание ^{137}Cs достигло максимума в облигатных ихтиофагах (щука, судак) и факультативных ихтиофагах (сом, окунь). В последующие годы наибольшее содержание ^{137}Cs , как правило, отмечается у вышеперечисленных видов и у жереха. С тех пор по настоящее время (2010 г.) соотношение удельного содержания ^{137}Cs в рыбах существенно не меняется.

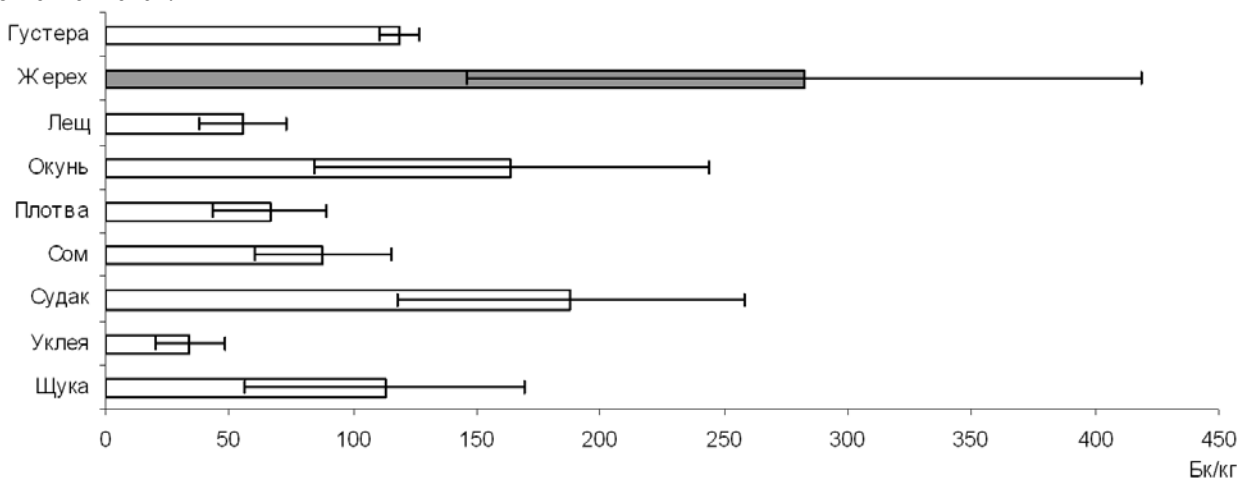


Рис. 4. Удельное содержание ^{137}Cs в мышцах рыб Каневского водохранилища в сентябре–ноябре 1986 г. (Бк/кг)

Характеристики разных водоемов могут влиять на особенности накопления различными видами рыб, но все же, как правило, максимум удельного содержания ^{137}Cs регистрируются в хищных видах рыб (см. рис. 4–7).

Следует отметить, что в отличие от других рыб высоких трофических уровней (щука, судак, окунь, сом), наибольшее содержание ^{137}Cs в жерехе Каневского водохранилища регистрировалось в сентябре – октябре 1986 г., уже через 5–6 месяцев после начала радионуклидного загрязнения (см. рис. 4).

Таким образом, высокая скорость накопления ^{137}Cs жерехом (по сравнению с другими ихтиофагами) обусловила наибольшую удельную активность ^{137}Cs осенью 1986 г. именно в этом виде. Так же высокое, по сравнению с другими видами рыб, содержание ^{137}Cs регистрировалось в жерехе Киевского водохранилища. Возможно, это связано с более высокой пищевой активностью жереха по сравнению с другими ихтиофагами.

Удельное содержание ^{137}Cs у жереха в зависимости от массы особи. Через некоторое время после аварии на ЧАЭС обнаружили, что у некоторых видов рыб, в основном, у ихтиофагов и полифагов, удельное содержание ^{137}Cs может меняться с увеличением массы особи (с увеличением возраста). Это явление было названо «возрастным» или «размерным» эффектом в накоплении ^{137}Cs рыбами (Рябов, Белова, 1996; Хаддеринг и др., 1996; Koulikov, Rybov, 1992). В результате наших следований обнаружен положительный размерный эффект в накоплении ^{137}Cs у жереха (рис. 8).

С увеличением массы особи удельное содержание ^{137}Cs у жереха достоверно увеличивается. Вероятно, это связано со снижением уровня обменных процессов у жереха с увеличением возраста.

Fig. 4. Specific content of ^{137}Cs in the muscle of fish from the Kanevsky Reservoir in September–November 1986 (Bq / kg)

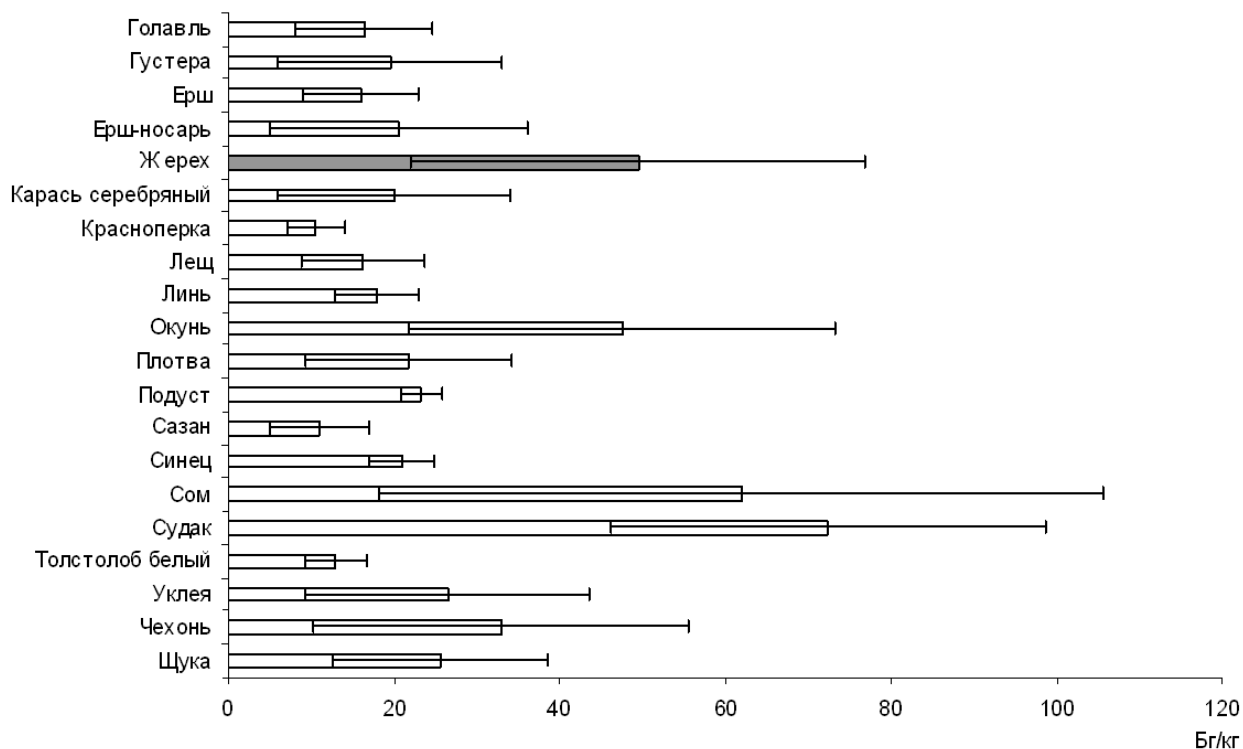


Рис. 5. Удельное содержание ^{137}Cs в мышцах рыб Каневского водохранилища в 1999 г. (Бк/кг)

Fig. 5. Specific content of ^{137}Cs in the muscle of fish from the Kanevsky Reservoir in 1999 (Bq / kg)

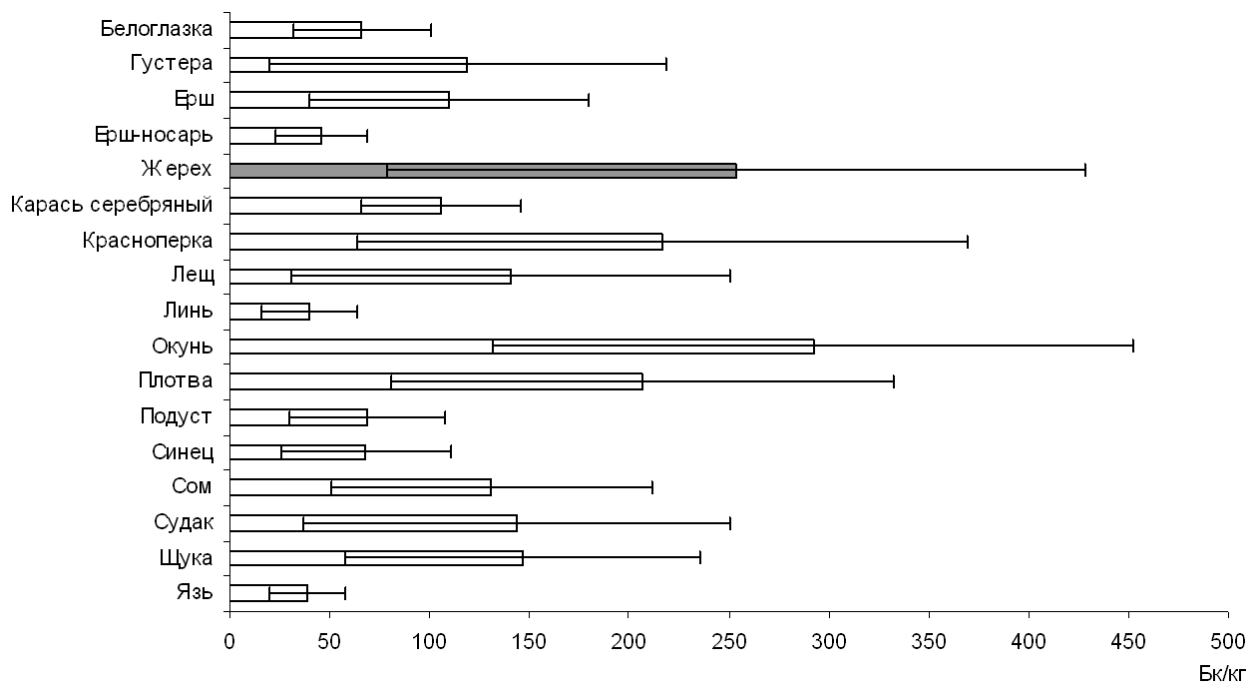


Рис. 6. Удельное содержание ^{137}Cs в мышцах рыб р. Припять в 1999 г. (Бк/кг)

Fig. 6. Specific content of ^{137}Cs in the muscle of fish p. Pripyat in 1999 (Bq / kg)

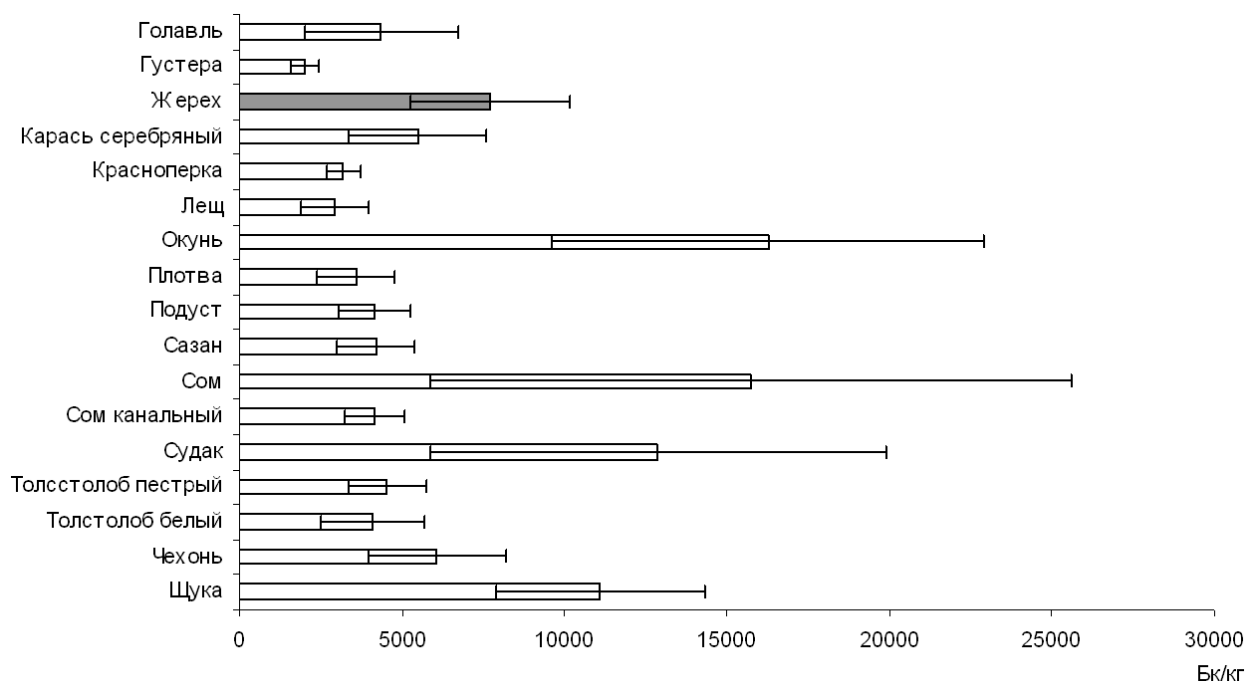


Рис. 7. Удельное содержание ^{137}Cs в мышцах рыб водоема-охладителя ЧАЭС в 1999 г. (Бк/кг)

Fig. 7. Specific content of ^{137}Cs in the muscle of fish cooling pond Chernobyl in 1999 (Bq / kg)

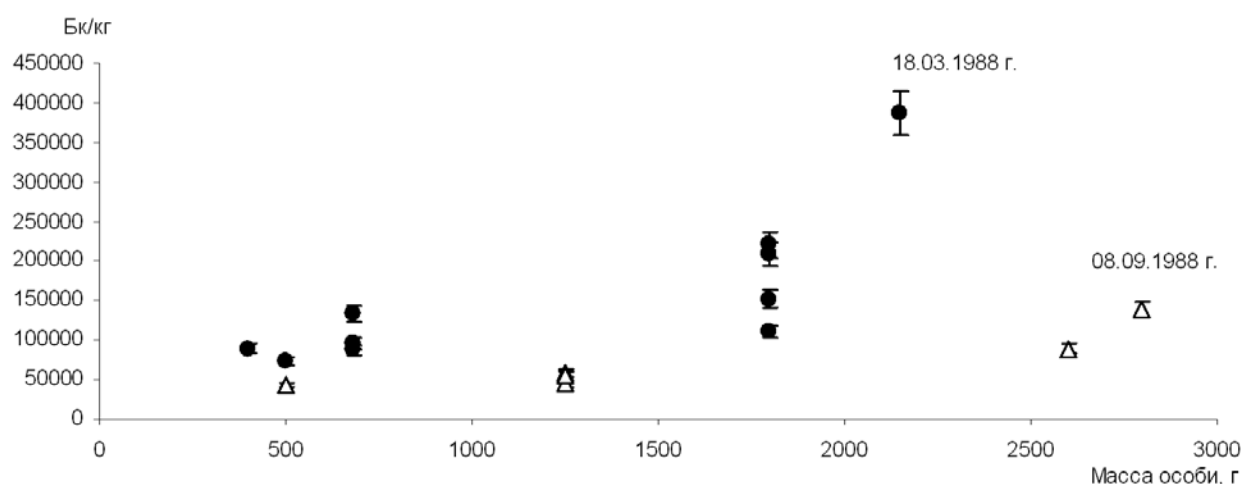


Рис. 8. Удельное содержание ^{137}Cs в мышцах особи жереха разной массы из водоема-охладителя ЧАЭС (1988 г., Бк/кг)

Fig. 8. Specific content of ^{137}Cs in muscle specimens *A. aspius* with different mass of the cooling pond Chernobyl (1988 Bq / kg)

Рисунок 8 несет дополнительную информацию, на основании которой можно предположить о присутствии **сезонной динамики удельного содержания ^{137}Cs** у жереха. Так, в серии мышц жереха, отловленного в марте 1988 г., содержание ^{137}Cs значительно выше по сравнению с сентябрьской серией того же года. Все же недостаточное количество исходных данных не позволяет достаточно полно рассмотреть изменения содержания ^{137}Cs у жереха в зависимости от сезона года.

Динамика удельного содержания ^{137}Cs у жереха Каневского водохранилища, р. Припять и

водоема-охладителя ЧАЭС представлена в таблице.

Содержание ^{137}Cs у жереха Каневского водохранилища снижается немного медленнее, чем у жереха водоема-охладителя ЧАЭС, что особенно заметно в первые годы после аварии (см. табл.).

Это характерно и для других видов рыб данных водоемов (Зарубин и др., 2005).

Неодинаковые характеристики снижения содержания ^{137}Cs в рыбах водоема-охладителя ЧАЭС и Каневского водохранилища могут быть обусловлены различающимися гидрологическими параметрами этих водоемов.

Таблица
Динамика удельного содержания ^{137}Cs и коэффициенты накопления ^{137}Cs у жереха Каневского водохранилища, р. Припять и водоема-охладителя ЧАЭС

Table
Dynamics of ^{137}Cs specific content and ^{137}Cs accumulation factors in *A. aspius* from the Kanevsky Reservoir, Pripyat river and cooling-pond of ChNPP

Годы	Водоем-охладитель ЧАЭС		Р. Припять		Каневское водохранилище	
	^{137}Cs , Бк/кг	Кн ^{137}Cs	^{137}Cs , Бк/кг	Кн ^{137}Cs	^{137}Cs , Бк/кг	Кн ^{137}Cs
1987	×	×	×	×	237±95	1033
1988	116720±52982	3656	×	×	215±102	1091
1989	39487±6538	1881	1529±574	2940	181±57	1390
1990	40700±11023	3392	×	×	126±53	1755
1991	33803±9789	4122	×	×	221±70	4210
1992	×	×	×	×	×	×
1993	18308±4430	2906	×	×	×	×
1994	16211±7870	2893	×	×	×	×
1995	15996±5639	3333	×	×	93±18	4885
1996	×	×	×	×	68±17	4791
1997	10996±3497	3929	×	×	95±59	5727
1998	×	×	714±310	5010	×	×
1999	11012±2442	3548	450±151	3000	62±24	4791
2000	×	×	×	×	25±16	2134
2001	7832±2167	3714	188±87	1600	36±20	2559
2002	×	×	×	×	×	×
2003	9530±3292	4538	270±99	4500	32±5	3549
2004	×	×	×	×	×	×
2005	7878±2818	5252	48±22	800	29±13	×
2006	×	×	×	×	18±10	×
2007	×	×	×	×	13±6	×
2008	×	×	×	×	13±9	×
2009	3913±1111	4550	×	×	×	×

× – не определяли.

По-видимому, сравнительно низкая скорость снижения содержания ^{137}Cs в рыбах Каневского водохранилища объясняется дополнительным поступлением радионуклидов в него в результате смылов с поймы р. Припять с дождевыми и весенними паводками. Более быстрое снижение ^{137}Cs в рыбах водоема-охладителя ЧАЭС, вероятно, можно объяснить относительной замкнутостью этого водоема, что снижает дополнительное поступление радионуклидов с водными массами. Кроме того, до декабря 2000 г. на экосистему водоема-охладителя воздействовал искусственный температурный фактор, увеличивающий уровень метаболических процессов, в результате чего у рыб может увеличиваться скорость как накопления ^{137}Cs , так и выведения этого радионуклида.

Удельное содержание ^{137}Cs у жереха р. Припять иногда варьирует в широких пределах. Очевидно, это связано с миграцией рыб по участкам реки с различными уровнями радионуклидного загрязнения компонентов данной водной экосистемы (Зарубин и др., 2001; Зарубин и др., 2002; Зарубин, Заліський, 2002).

Динамика коэффициентов накопления ^{137}Cs у жереха исследуемых водоемов несколько различается между собой (см. табл.). У жереха Каневского водохранилища в 1987–1990 гг. Кн ^{137}Cs были довольно низкими, что, вероятно, было вызвано хроническим поступлением ^{137}Cs из северных территорий водосбора, характеризую-

щихся высоким радионуклидным загрязнением. В дальнейшем Кн ^{137}Cs повышаются в несколько раз. Относительно стабильные Кн ^{137}Cs у жереха Каневского водохранилища регистрируются, начиная с 1991 г. С этого времени Кн ^{137}Cs у жереха водоема-охладителя ЧАЭС и Каневского водохранилища достигли сходных значений и различались не более, чем в 2,7 раза (см. табл.).

У жереха р. Припять большой разброс Кн ^{137}Cs обусловлен широким интервалом значений удельной активности ^{137}Cs в мышцах, что, по-видимому, связано с миграциями этого вида по участкам реки с различными уровнями радионуклидного загрязнения.

Заключение. В 1986–2009 гг. изучали содержание ^{137}Cs у жереха Каневского водохранилища, р. Припять и водоема-охладителя ЧАЭС.

Распределение ^{137}Cs по органам и тканям сходно с таковым у других рыб. Больше всего ^{137}Cs содержится в мышцах. Наименьшее содержание ^{137}Cs – в жире. Остальные органы и ткани занимают промежуточное положение.

У жереха обнаружена зависимость между удельным содержанием ^{137}Cs и массой особи. С увеличением массы (возраста) особи удельное содержание ^{137}Cs значительно увеличивается.

Динамика содержания ^{137}Cs у жереха Каневского водохранилища и водоема-охладителя ЧАЭС имеет отличительные особенности. Более быстрое снижение содержания ^{137}Cs у жереха водоема-охладителя ЧАЭС, по-видимому, связа-

но с относительно низким хроническим поступлением радионуклидов и воздействием искусственного температурного фактора, который может влиять на скорость накопления и выведения радионуклидов у рыб.

Динамика коэффициентов накопления ^{137}Cs Каневского водохранилища и водоема-охладителя ЧАЭС несколько различается между собой, что, очевидно, обусловлено отличиями гидрологического и температурного режимов данных водоемов. С 1991 г. коэффициенты накопления ^{137}Cs у жереха исследуемых водоемов относительно стабилизируются и по 2009 г. варьируют в пределах 2134–5727.

Содержание ^{137}Cs у жереха Каневского водохранилища значительно ниже, а у жереха водоема-охладителя ЧАЭС значительно выше действующих в настоящее время в Украине норм (ДУ–2006) (Допустимі..., 2006), которые определяют максимально допустимое содержание ^{137}Cs в рыбе до 150 Бк/кг сырой массы.

По сравнению с другими ихтиофагами, скорость накопления ^{137}Cs у жереха выше. Максимум содержания ^{137}Cs у жереха Каневского водохранилища зарегистрирован уже через 4–6 месяцев после аварии на ЧАЭС. Осенью 1986 г. наибольшее содержание ^{137}Cs среди всех изученных видов рыб регистрировалось у жереха. В последующие годы, по сравнению с большинством исследованных видов рыб, содержание ^{137}Cs у жереха продолжает оставаться на высоком уровне, что позволяет использовать этот вид в качестве объекта-индикатора радионуклидного загрязнения.

Список літератури:

1. Радиоактивное и химическое загрязнение Днепра и его водохранилищ после аварии на Чернобыльской АЭС. – К.: Наук. думка, 1992. – 194 с.
2. Радіонукліди у водних екосистемах України. – К.: Чорнобильтехінформ, 2001. – 318 с.
3. Зарубин О.Л. Динамика распределения ^{137}Cs в наружных и внутренних органах и тканях рыб различных экологических групп водоема-охладителя Чернобыльской АЭС // Зб. наук. праць Ін-ту ядерних дослід. – 2005. – №1 (14). – С. 119–127.
4. Рябов И.Н., Белова Н.В. Полевые исследования сезонных и возрастных изменений в рационе рыб

// Моделирование и изучение механизмов переноса радиоактивных веществ из наземных экосистем в водные объекты зоны влияния Чернобыльской аварии: Заключительный отчет КЕС–СНГ совместной программы по изучению последствий Чернобыльской катастрофы (ЕСР-3). – Чернобыль, 1996. – С. 101–124.

5. Хаддеринг Р., Насвит О., Рябов И. и др. Полевые исследования размерного эффекта в накоплении Cs-137 у рыб // Моделирование и изучение механизмов переноса радиоактивных веществ из наземных экосистем в водные объекты зоны влияния Чернобыльской аварии: Заключительный отчет КЕС–СНГ совместной программы по изучению последствий Чернобыльской катастрофы (ЕСР-3). – Чернобыль, 1996. – С. 85–100.
6. Koulikov A.O., Rybov I.N. Specific Cesium Activity in Freshwater Fish and Size Effect // Sci. Total Environ. – 1992. – Vol. 112. – P. 125–142.
7. Зарубин О.Л., Волкова Е.Н., Беляев В.В., Залисский А.А. Скорость снижения содержания ^{137}Cs в рыбах Каневского водохранилища и водоема-охладителя ЧАЭС (1987–2004 гг.) // Зб. наук. праць Ін-ту ядерних дослід. – 2005. – №2 (15). – С. 137–141.
8. Зарубин О.Л., Залисский А.А., Лукашев Д.В., Головач Л.А., Лактионов В.А. Неравномерность распределения радионуклидов в основных компонентах реки Припять на территории 30-км зоны ЧАЭС / Наукові записки Тернопільського державного педагогічного університету ім. Володимира Гнатюка. Серія: Біологія. Спеціальний випуск: Гідроекологія. – 2001. – № 4 (15). – С. 11–12.
9. Зарубин О.Л., Залисский А.А., Лукашев В.Д., Головач Л.А. Влияние пространственного расположения и гидрологических факторов на радиационное загрязнение биоты различных участков реки Припять на территории 30-км зоны ЧАЭС. / Наукові і технічні аспекти Чорнобиля. Зб. наук. статей. – К.: Політехніка, 2002. – Вип 4. – С. 456–462.
10. Зарубин О.Л., Залиський О.О. Радіоактивне забруднення водних рослин і тварин р. Прип'ять / Бюлетень екологічного стану зони відчуження та зони безумовного (обов'язкового) відселення., № 1 (19), квітень 2002. – С. 39–47.
11. ГН 6.6.1.1-130-2006 Допустимі рівні вмісту радіонуклідів ^{137}Cs і ^{90}Sr у продуктах харчування та питній воді. Державні гігієнічні нормативи.

PARAMETERS OF ACCUMULATION OF ^{137}CS AT *ASPIUS ASPIUS* (L.)

O.L. Zarubin

*The content of ^{137}Cs at *Aspius aspius* (L.) from the Kanevsky water basin, the river Pripjat and cooling-pond of ChNPP studied from 1986 to 2009. Distribution of ^{137}Cs in different organs and tissues of *A. aspius* is studied. Accumulation factors of ^{137}Cs at *A. aspius* are defined. Speed of accumulation of ^{137}Cs at *A. aspius* is greater, than at others obligate ichthyophages. Dynamics of the content of ^{137}Cs at *A. aspius* of the investigated reservoirs is not identical. The specific activity of ^{137}Cs at *A. aspius* increases with increase in weight (age) of the individual.*

*Keywords: fishes, *A. aspius*, muscles, the content of ^{137}Cs , accumulation factors of ^{137}Cs , cooling-pond of ChNPP, the river Pripjat, the Kanevsky Reservoir.*

Отримано редколегією 10.07.2012

ABIOTIC DIVERSITY MEASURES ECOLOGICAL INTEGRITY

Stepan S. Kostyshyn, Alina V. Zhuk

Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University
 Faculty of biology, ecology and biotechnology Department of Ecology and Biomonitoring
 58012 Chernivtsi, M. Kotsubynskiy Str., 2
alincaj@rambler.ru

Nowadays there are a great number of algorithms of complex biodiversity examination. Nevertheless, an integral algorithm of fast numerical abiotic diversity expression has not been elaborated yet in spite of lots of scientific investigations on this problem. Moreover, the question of an abiotic diversity definition remains debatable. The aim of the current investigations was a search of effective and convenient methodological approach to the analysis of biotic and abiotic components of beech forest phytocenoses ecological integrity on the initial successional stages. In this paper, we present and discuss an investigation structure of phytocoenotic diversity, including the most widely used biodiversity measures and an original method of abiotic diversity estimation. We have illustrated the results of complex ecological evaluation of plant communities' dynamics in the example of felled beech forest plots on the eastern *F. sylvatica* areal boundary. Three initial stages of succession have been detected on the examined plots: 1) the stage of "dual diversity"; 2) the stage of intensified competitive struggle and determination of the following vegetation restoration type: 3) the stage of metastabilization. Yemelyanov's alternative diversity principle proved to be true not only for a spatial continuum, but also for a temporal one.

Key words: biotic diversity, phytocoenotic diversity, abiotic diversity, ecological scales, ecological integrity, early successional stages.

Introduction. Biodiversity dynamics is a significant constructive factor of renewal successional changes. Some ecologists saying "biological diversity" in the narrow sense of the word mean no more than species richness (species composition) (Redford and Sanderson, 1992). Nevertheless, the term "biodiversity" has a much broader meaning (Angermeier and Karr, 1994). The ambiguity of its interpretation results from interdisciplinarity, versatility, multicomponency and hierarchy of this conception. Scientists of today consider biodiversity as a manifestation of biota structuring on the one hand (Laishangbam and Dinesh, 2005; Van der Putten et al. 2000; Tilman, 1994; Tilman and Pacala, 1993) and as a determinant of ecosystem functioning on the other (Loreau et al. 2001; Norman et al. 2005; Goudard and Loreau, 2008; Hector et al. 2007; Tilman, 1997). All quote forcible arguments, so it is reasonable to consider biodiversity as a characteristic of a structural-functional ecosystem organization.

However, another term – "ecological integrity" – has become widespread in ecological literature recently. This term has remained controversial up to now. Some regard it as a synonym to biological diversity (Redford and Sanderson, 1992) while others contrast these two terms, interpreting ecological integrity as a structural aspect of an ecosystem and biodiversity as a functional aspect (Angermeier and Karr, 1994; Karr and Dudley, 1981). We support the opinion that ecological integrity cannot be interpreted as a single aspect of an ecosystem but has a much broader meaning and integrates both structural and functional parameters of an ecosystem. Thus, it is reasonable to

consider biodiversity as a particular aspect of the broader definition – ecological integrity. On the basis of this statement ecosystem ecological integrity is formed because of covering at a minimum two areas – biological and abiotic diversity.

Nowadays there are a great number of algorithms of complex biodiversity examination. Nevertheless, an integral algorithm of fast numerical abiotic diversity expression has not been elaborated yet in spite of lots of scientific investigations on this problem. Moreover, the question of an abiotic diversity definition remains debatable. Yaacobi et al. (2007) consider the term "abiotic diversity" as a synonym for "habitat diversity" meaning a complex of physiochemical conditions of coenosis. But mostly "habitat diversity" is interpreted as a "habitat heterogeneity", which means the variety of habitats and ecological processes including energy flow, nutrients and water cycling, succession etc, occurring within each type of ecosystem (Noss, 1990; McCleary and Mowat, 2002).

On the whole, in our present research we accept the following point of view: that one aspect of ecological integrity can be measured using a quantification complex of biotic and abiotic diversity indices. The object of our research was a structural-functional state of the incomplete beech forest phytocenoses in different successional stages. The aim of present investigations was a search of effective and convenient methodological approach to the analysis of biotic and abiotic components of beech forest phytocenoses ecological integrity on the initial successional stages. In this paper we present and discuss phytocoenotic di-

iversity investigation structure, including the most widely used biodiversity measures and an original method of abiotic diversity estimation.

Materials and methods. The research was conducted in North Bukovina on the area with continuous *Fagus sylvatica* L. expansion, which belongs to the terraced forest-steppe region situated on the right Prut riverbank terraces. The dominating relief is hilly-ridged. The soils are mainly humus-combined such as podzolized black soils and grey or dark-grey wood podzolic soils that are susceptible to intensive erosive processes. The slope is less than 3-10° and seldom reaches 17-20°. The altitude does not exceed 450-500 m above sea level. The agroclimatic conditions of this region are characterized by the following qualitative characteristics: January temperature –

4.5...5.0°C, July temperature: +19.0...19.5°C, accumulated temperatures: 2700...2800° C and annual precipitation 600-625 mm.

We have selected the 50x50 m plots of felled beech forest which are one to eight years old and the test plot in the mature forest for the comparative floristic description study of plant cover on these areas. Close proximity of clear-cutting plots leaves out mesoclimatic and mesoedaphic impacts on them.

Nowadays many different measures are used for quantitative biodiversity assessment on various levels of biosystem constitution (Magguran, 1988; Whittaker, 1965). We have selected more representatives of them for complex ecological analysis of clear-cuttings phytocoenosis diversity. As a result, we have designed the algorithm presented on the structure (Fig. 1).

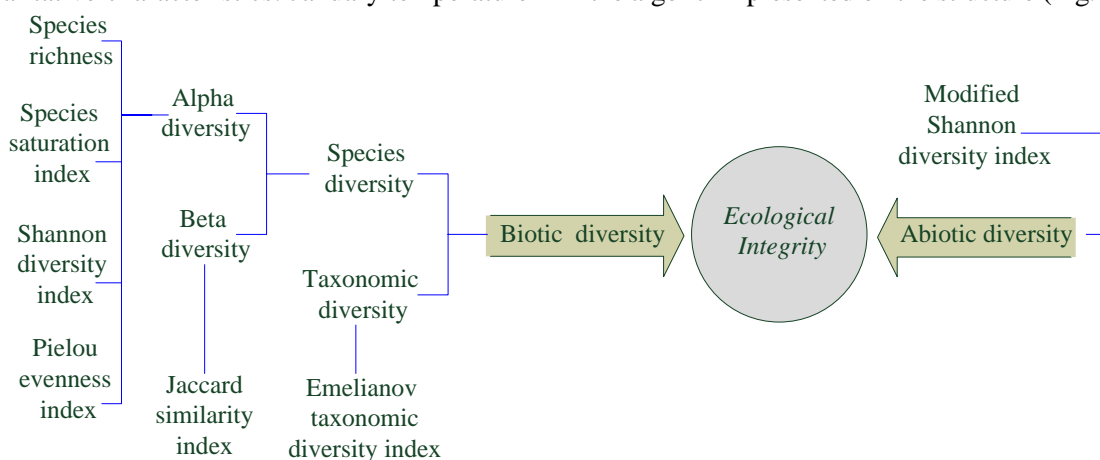


Fig. 1. The clear-cuttings phytocoenotic diversity investigation structure

This algorithm involves three directions of phytocoenotic diversity investigation. The first direction means diversity study on the specific level. The next two are dedicated to diversity study on the underspecific levels based on the analysis of taxonomic and functional groups.

We have evaluated species diversity by means of the most widely used α - and β -diversity indices (table 1). Species richness is measured as a number of species on the analyzed plots.

Table 1.

Indices used in phytocoenosis diversity analysis			
№	Index	Formula	
α - diversity measures			
1.	Species saturation index	$D = \frac{S}{\lg A}$	S – species number on the plot ; A – square of the plot.
2.	Shannon diversity index	$H_i = -\sum_1^i P_i \ln P_i$	P_i – part probability of each species
3.	Pielou evenness index	$e = H_i / \ln S$	H_i – Shannon's diversity index, S– species number on the plot
β -diversity measure			
4.	Jaccard similarity index	$I_{ja} = \frac{c}{a+b} * 100$	A - species number on the first plot only; B - species number on the second plot only; C- common for both plots species number
Taxonomic diversity measure			
5.	Yemelianov taxonomic diversity index	$H_i = -\sum_1^N P_i \ln P_i$ $P_i = n/N_i$	P_i – part probability of each taxon in community composition; n_i – species number in community composition corresponding to taxon; N_i – taxones total amount

However, there have not been any representative measures for abiotic diversity estimation up to till the present day. The first problem that arose on the search phase of methodical elaboration is the necessity of marking the most important ecological factors, which need to be considered in abiotic diversity analysis. The phytocenosis takes up a leading place in the successional processes that occur in the first years after the ecosystem disturbance. This is the reason why abiotic factors, which according to Tsyganov (Цыганов, 1983) have an influence upon growth only; have been selected for our next investigations. They are: general thermal regime, moderation, humidity, frugidity, soil moisture, general saline soil regime, soil acidity, soil nitrogen richness and the sun lighting of the area.

The next problem is measuring unification of different ecological factors. Usually, the percentage is used as an integral unit. But the percentage has a lot of disadvantages and one of them is the impossibility of determination of the standard which can be conditionally defined as 100 %. Nowadays using ecological scales scores is more advisable and indicative. Schneider (2001) noted that scaling has certainly become a central concept in ecology and could become a unifying concept. Ecological scales characterize plant species under environmental conditions ranging within certain limits (Kleshcheva, 2005). Using scales allows unifying values of climatic and edaphic factors. The use of scales to unify values is not the only reason scales can be used. Another use is possibility of mathematical operations with ecological scales. Every grade of the scales reflects a certain quantitative expression of acting factors. Nevertheless, scales remain qualitative and do not turn quantitative after mathematical operations, which is why we have used ecological scales for analysis of abiotic factors diversity.

One more problem is the difficulty concerning the estimation of the coordination and ratio of biotic and abiotic ecosystem components. The necessity of using universal biotic and abiotic diversity indices for ensuring comparison correctness arises. Yemelianov (1999) suggests using the informational-entropic Shannon index in this case. He argues in favour of the index noting its ability to reflect the degree of functional ecosystem unity. In spite of many proceedings dedicated to the use of Shannon index for biodiversity estimation (Chao and Shen, 2003; Jost, 2006; Keylock, 2005; Pommerening 2002; Nagendra, 2002) a universal principle for its application for abiotic diversity estimation has not been found yet.

We propose a structure of an original methodical way of biogeocenosis abiotic diversity determination by means of using the informational-entropic Shannon index based on Tsyganov's ecological scales. In addition, we draw attention to the fact that Shannon formula has such a significant characteristic as additivity.

This property allows us to make an integral abiotic diversity index calculation on the basis of diversity indices for each separate abiotic factor calculation. So the first point of our structure was delimitation of scales mark range for each species from a geobotanical description. The next step was taking into account all possible values of subscript range n_i ($i = \text{min range value}, \dots, \text{max range value}$) by searching for the total values sum of all analyzed species for each separate factor $\sum n_i = N$. The diversity of this factor (H) was calculated using the Shannon formula:

$$H_i = \sum_i^S P_i \ln P_i \quad (1),$$

where the quotient of mark i in the total number of marks is:

$$P_i = \frac{n_i}{N} \quad (2).$$

We have computed the integral index of summary abiotic factors as a value of all the **factors'** diversities:

$$H_{abiotic} = H + \sum \frac{n_i}{N} H_i \quad (3).$$

All calculations were performed using the Statistica 6.0 program package and Microsoft Office Excel 2003.

Results. The flora examination was carried by means of analysis of herbarium material collected in 2003-2008. There are 92 plant species growing on the examined plots. Only 19 of them were detected in the mature forest. Such species as *Asperula odorata* L., *Euphorbia amygdaloides* L., *Fragaria vesca* L., *Pulmonaria obscura* Dumort., *Taraxacum officinale* Webb. ex. Wigg. have been disclosed in all the successional stages.

The following species – *Carex digitata* L., *Galium verum* L., *L. vernus* (L.) Bernth., *Polygonatum multiflorum* (L.) All., *Salvia glutinosa* L., *Sanicula europaea* L. – were found on the successional intermediate state as well as on the mature forest plots. *Asarum europaeum* L., *Carex sylvatica* Huds, *Carex pilosa* Scop., *Lathyrus vernus* (L.) Bernth., and some others have disappeared from the community composition of 2-4-year old clear-cuttings but have appeared again on the 5-8-year old plots. At the same time a rank of intermediate species (*Achillea micrantha* Willd., *Ajuga reptans* L., *Allaria petiolata* (Bieb.) Cavara et. Grande, *Arctium tomentosum* Mill., *Eupatorium cannabinum* L., *Geranium robertianum* L., *Trifolium pratensis* L and others) have appeared on the 2-4-year old clear-cuttings and have disappeared from the community composition in the next successional stages.

The mature forest community is characterized by the *min* species richness, saturation, diversity and evenness indices (Tab. 2). At the same time, this phenomenon is naturally accompanied by a *max* taxonomic diversity index value.

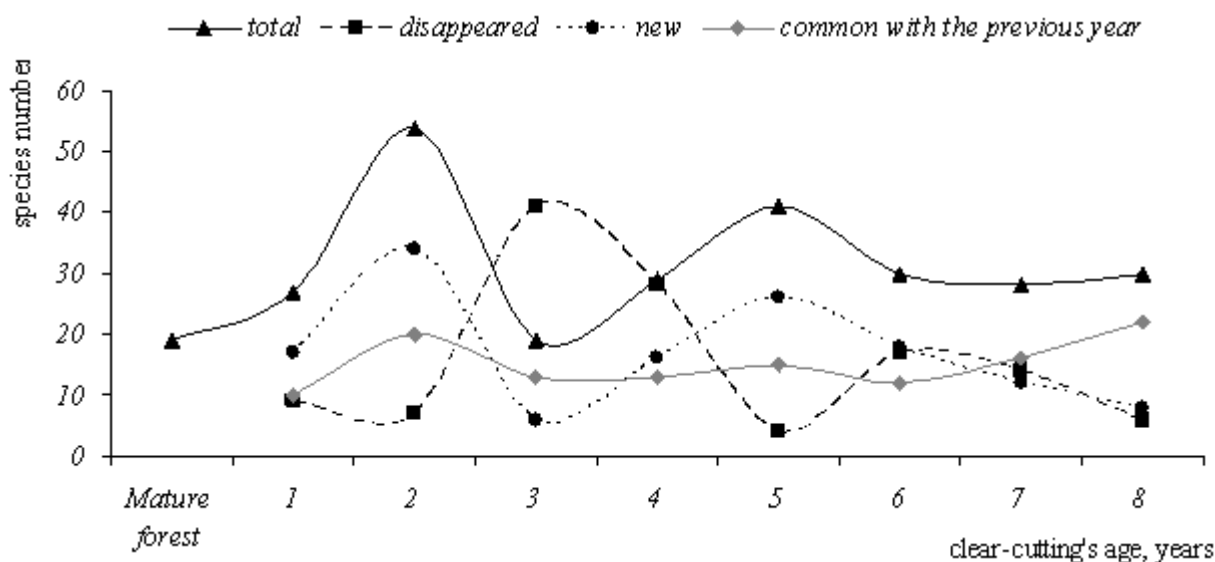


Fig. 2. Species composition dynamics on the clear-cuttings in the course of succession

Table 2.

Values of the main diversity indices of mature beech forest plots and clear-cuttings of different ages

Indices		Mature forest	Plot's age, years							
			1	2	3	4	5	6	7	8
Species diversity indices	Species richness	19	26	54	19	41	29	30	28	30
	Species saturation	4,87	6,90	13,85	4,90	10,51	7,41	7,69	7,16	7,67
	Species diversity	2,84	3,19	4,10	2,86	3,65	3,36	3,34	3,28	3,32
	Species evenness	0,96	0,98	1,03	0,97	0,98	0,99	0,98	0,98	0,98
Taxonomic diversity index		1,53	1,47	1,45	1,43	1,55	1,49	1,53	1,53	1,53

The species richness, diversity and saturation indices on a year-old plot of felled forest increase in comparison with mature forests. Sudden splashes and drops of species diversity at all points have been detected on the clear-cuttings between two and five years in the course of succession. This is the stage where increasing competition among plant species and frequent dominants replacement may be observed. That species does not dominate communities long but are very large in number. That is why the phytovegetative conditions result in the change of about half of the mother species. They are displaced by more adapted transformed by pioneer species biotope. But in the next stage of succession most of them exhausted their function and cleared place for high-constant species which will participate in a more stable communities' foundation. It is necessary to draw attention to the competition between arboreal and herbaceous vegetation. We assume that just during this period the community of clear-cutting grows into a decisive stage when vegetation may begin to be restored by the forest or the meadow type. Hence, we deal with early successional divergence defined not so much by the specific competitiveness as by the eco-biomorphological competitive ability. Specific diversity became stabilized by all analyzed indices on the

clear-cuttings older than five years.

In our previous researches we have attempted to analyze the appropriateness of different similarity indices in the clear-cuttings phytocoenotic dynamics exploration. The Jaccard similarity index was found the most sensitive to floristic changes after forest cutting on the initial successional stages. We have performed hierarchical cluster analysis for the outcome visual insight because this method uses the similarities between objects when forming the clusters. Figure 3 shows the result of the cluster analysis based on the Jaccard index calculation.

As we can see, the clustering data array is divided into two cluster groups. The first unites the mature forest community and communities of early clear-cuttings. The second cluster group integrates three- and six-year old plots. The oldest plots of felled forest stay separately and the farthest join the others.

There are 38 plant families presented on the examined plots. Fifty three percent of all found species belong to the following eight plant families: *Asteraceae*, *Cyperaceae*, *Fabaceae*, *Fagaceae*, *Lamiaceae*, *Poaceae*, *Ranunculaceae*, and *Rosaceae*. Others are presented by 1-3 species only. Members of the *Aceraceae*, *Araliaceae*, *Aspidiaceae*, *Boraginaceae*, *Caprifoliaceae*,

Cyperaceae, *Liliaceae* and *Primulaceae* are widely distributed on all clear-cuttings. The *Apocynaceae*, *Asteraceae*, *Caryophyllaceae*, *Corylaceae*, *Cruciferae*, *Equisetaceae*, *Juncaceae*, *Lythraceae*,

Onagraceae, *Plantaginaceae*, *Salicaceae*, *Scrophulariaceae*, and *Solanaceae* tend to grow on the clear-cuttings but not in the mature forest.

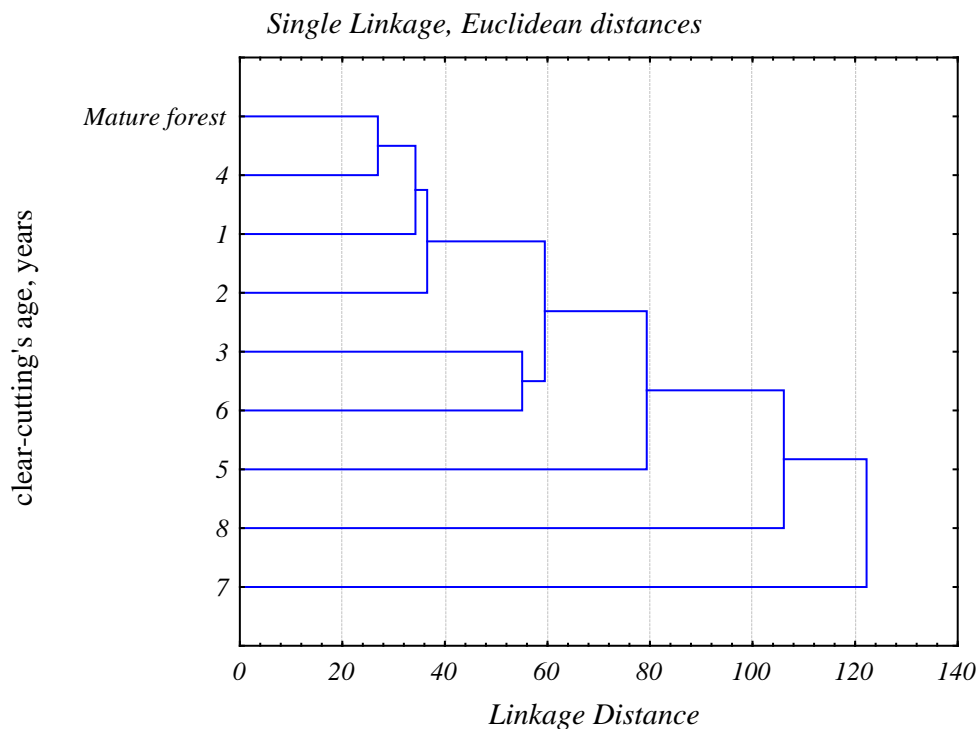


Fig. 3. The dendrogram of the Jaccard floristic similarity index

Figure 4 shows the distribution of the families represented by a larger species number. The *Asteraceae* (*Composite*) as a cosmopolitan species tends to dominate (15 %) the early clear-cuttings especially. Ecological features of these species may explain it. The

Asteraceae is especially common in open and dry environments and its seeds are very often dispersed by the wind. That is why these species are widely distributed on the initial succession stages in contrast to plant composition of mature forests.

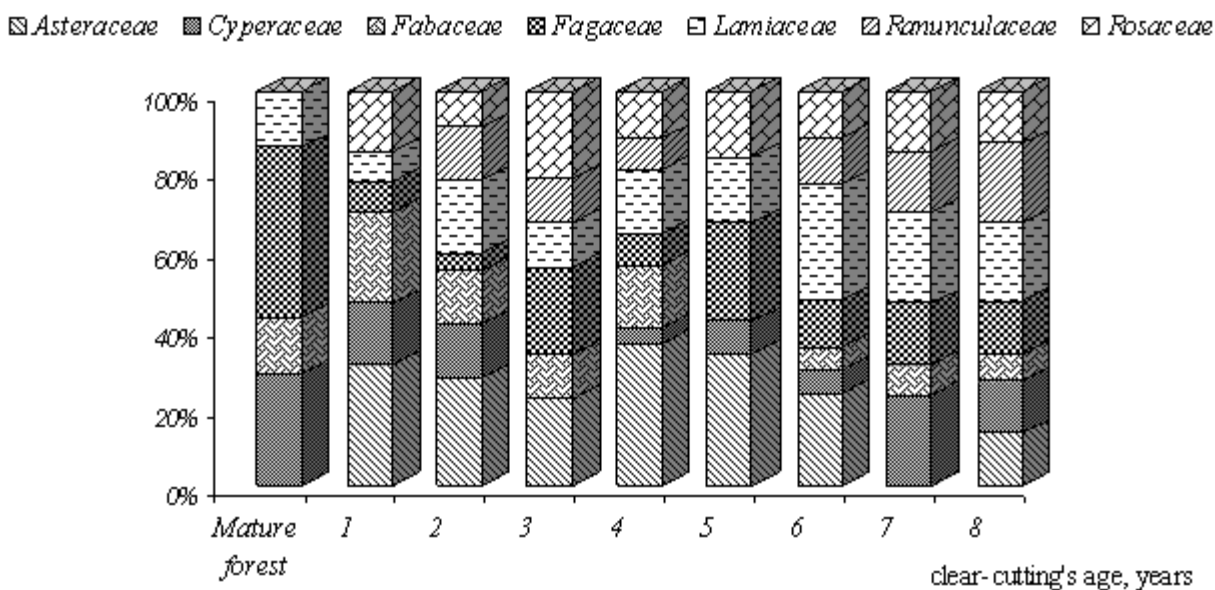


Fig. 4. The largest presented families of mature beech forest plots and clear-cuttings of different ages

The second largest (8 %) plant family is *Lamiaceae* (*Labiatae*). Its occurrence is independent of the age. These species are cosmopolitans also.

Species within the *Rosaceae* are a significant element (7 %) of the flora of all the plots except mature forest. Insect pollination is the most common

type for the *Rosaceae*, but some species evolved to be pollinated by wind. Furthermore, members of the *Rosaceae* are herbs, shrubs, or trees and logically species of this family can occupy different ecological niches. That is why their expansion does not depend upon clear-cuttings age.

Fabaceae just as *Asteraceae* is most abundant on the early clear-cuttings. This preference for habitats is related to a nitrogen-demanding metabolism. While many species have the ability to colonize barren and marginal lands because of their capacity to "fix" atmospheric nitrogen owing to a symbiotic association with root-nodulating bacteria, this is just one of several ways in which legumes obtain high levels of nitrogen to meet the demands of their metabolism. The *Fabaceae* family is represented in the studied plant communities by trees and shrubs as well as by herb species.

The *Cyperaceae* species are found in the community composition of all the plots except the three-year one. The major importance of sedges and other members of this family is their prominent role in many types of ecological communities and the fact that the *Cyperaceae* are an important source of food for many species of grazing animals. Sedges and their relatives can sometimes dominate on extensive

tracts of vegetation, especially in places where shallow-water wetlands have developed on relatively flat terrain.

The next taxonomic analysis block involves examination of taxonomic diversity using the Yemelyanov index. Taxonomic diversity dynamics exhibits a tendency opposite to species dynamics (Tab.2). However, in the same way as the species diversity taxonomic diversity on the plots older than 5 years tends to stabilization. This effect is an appropriate consequence of taxons presented by many species in the community composition. At the same time on the older clear-cuttings, most of taxons are presented by single species predomination.

The estimation of the abiotic factors diversity has shown that fluctuation of the environmental conditions essentially increases during the first years after forest stand cutting comparative to mature forest. Increased lighting, the daily change of air and soils and seasonal thermal behavior, the change of soil hydrological regime and soil physical-chemical properties, and nitrogen circulation intensification are the main changes which result from clear cutting. The significant change of abiotic habitat characteristics leads to changes in communities' composition.

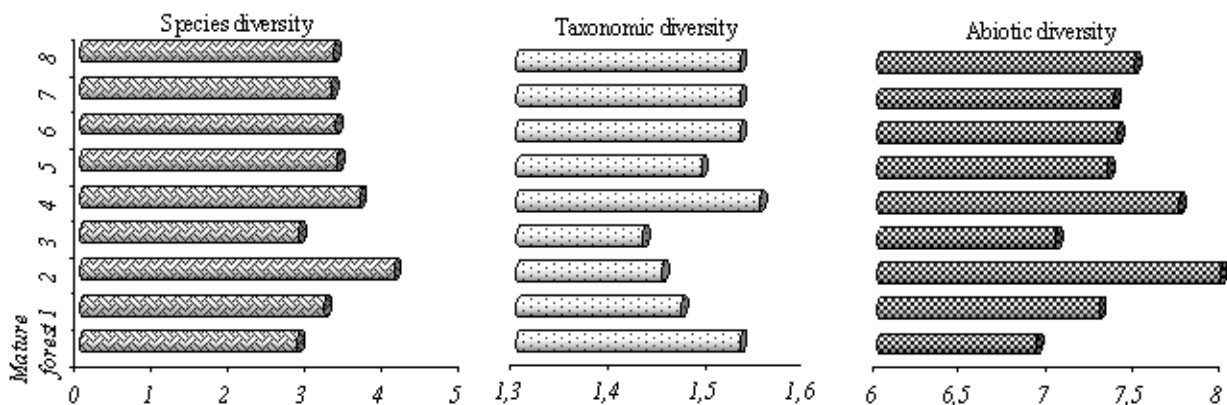


Fig. 5. The species, taxonomic and alternative diversity of mature beech forest plots and clear-cuttings of different ages

In conformity with the Yemelyanov principle of alternative diversity (Емельянов, 1999), the increase or decrease of abiotic diversity is accompanied by alternative changes of biotic diversity if only for a single rank. Evidently (Fig. 5) this principle holds true on the taxonomic level for the investigated plots whereas on the specific level, indices of biotic and abiotic diversity are directly proportional.

Discussion. Our investigation has shown that all one to two year-old clear-cuttings are characterized by a higher species diversity level than communities of mature forests. But, in the analyzed scientific sources (Eliot, 2007; Tilman, 1999; Whittaker, 1965) it is traditional to view climax communities as more stable and with higher biodiversity than incomplete communities. Consequently, the following question arises. What is

this phenomenon concerned with? The Russian scientist Ibragimov (Ибрагимов и др., 2004) has named it "a dual diversity". Its essence is that both forest native and invasive species form communities of disturbed ecosystems. This promotes floristic communities capacity to increase (Уланова, 2007). Thus, the **first stage** of community after forest cutting lasts from one to two years and is characterized by species diversity increase and ecotopic selection prevalence.

Starting with year three of succession duration, the clear-cuttings' community proceeds to the **second stage** which lasts until the fifth year. This stage is characterized by an intensified competitive struggle for ecological niches and their differentiation. Now phytocoenotic selection prevails but ecotopic selection lasts out. Dominants and subdominants stand out against

assectators at this phase. But they take up preponderant position for a short period giving way to other more competitive species. Two-edificator biomorphes codominance is peculiar to clear-cutting in this stage (Ибрагимов, 2004). On the one hand, it remains intact underwood and herbaceous vegetation on the other. This kind of community is very unstable.

In six years, clear-cuttings proceed to the third stage. It is the stage of the definitive clear-cuttings divergence on different types of vegetation restoration. Such communities are characterized by metastability (Ибрагимов, 2004; Уланова, 2007) – the condition when new vegetation adequate to the new anthropogenic-transformed environmental conditions is formed. In other words, competitive efforts decrease, communities become more stable, and from year to **year**, species composition fluctuation, biodiversity and a set of ecobiomorphological groups change incidentally. The extent of constructive communities integrity increases. The next changes in a community structure are of an endodynamic but not an exodynamic character.

Conclusions. To summarize our investigation, we can say that Tsyganov's ecological scales are convenient for analysis of abiotic diversity and enable the scoring of unifications of different-measured ecological factors. The scales reflect long-term dynamics of the factors that are the most significant for a plant community. Using the informational-entropic Shannon index as an integral gauge, which allows comparison of abiotic and biotic diversity.

The communities of clear-cuttings are characterized by the highest species diversity on the first years after forest stand felling, illustrating a "dual diversity" principle. They are characterized by information superfluity. The next stage is intensified competitive struggle and ecological niches differentiation. Then comes the third stage – the stage of metastabilization.

Yemelyanov's alternative diversity principle proves to be true not only for a spatial continuum, but also for a temporal one.

References

1. Angermeier P.L., Karr J.R. 1994. Biological integrity versus biological diversity as policy directives. *BioScience* 44:690-697.
2. Chao A., Shen T.-J. 2003. Nonparametric estimation of Shannon's index of diversity when there are unseen species in sample. *Environmental and Ecological Statistics* 10: 429-443.
3. Cramer, M. J., Willig, M. R. 2005. Habitat heterogeneity, species diversity and null models. *Oikos*: 108: 209-218.
4. Eliot C. 2007. Method and Metaphysics in Clements's and Gleason's Ecological Explanations. *Studies in History and Philosophy of Biological and Biomedical Sciences* 38(1): 85-109.
5. Goudard A., Loreau M. 2008. Nontrophic interactions, biodiversity, and ecosystem functioning: an interaction web model. *The American naturalist* 171(1): 91-106.
6. Hector A., Joshi J., Scherer-Lorenzen M. 2007. Biodiversity and ecosystem functioning: reconciling the results of experimental and observation studies. *Functional ecology* 21: 998-1002.
7. Jaccard, P. 1928. Die statistisch-floristische Methode als Grundlage der Pflanzensoziologie. In: Abderhalden, E. (ed.). *Handbuch biologischer Arbeitsmethoden* 11, 165-202.
8. Jost L. 2006. Entropy and diversity. *Oikos* 113(2): 363-375.
9. Karr, J. R., and D. R. Dudley. 1981. Ecological perspective on water quality goals. *Environ. Manage* 5: 55-68.
10. Keylock C.J. 2005. Simpson diversity and the Shannon–Wiener index as cases of a generalized entropy. *Oikos* 109(5): 203-207.
11. Kleshcheva E. A. 2007 The use of ecological scales for indication of the current state of forest communities. *Russian Journal of Ecology*, 38 (2): 94-100.
12. Laishangbam S., Dinesh B. 2005. How relevant are the concepts of species diversity and species richness? *J. Biosci.* 30 (5): 557-560.
13. Loreau M., Naeem S., Inchausti P. et al. 2001. Biodiversity and ecosystem functioning: current knowledge and future challenges. *Science* 294: 804-808.
14. MacArthur R. H., Wilson E. O. 1967. *The Theory of Island Biogeography*. Princeton University Press, Princeton, New Jersey, USA.
15. Magguran A.E. 1988. *Ecological diversity and its measurement*. London, Croom Helm, 192 p.
16. McCleary, K., G. Mowat. 2003. Using forest structural diversity to inventory habitat diversity of forest dwelling wildlife in the West Kootenay region of British Columbia. *BC Journal of Ecosystems and Management* 2(2):120-132.
17. Nagendra H. 2002. Opposite trends in response for the Shannon and Simpson indices of landscape diversity. *Applied geography* 22: 175-186.
18. Norman W.H., Mouillot D., Lee W.G., Wilson J.B. 2005. Functional richness, functional evenness and functional divergence: the primary components of functional diversity. *Oikos* 111: 112-118.
19. Noss, R. F. 1990. Indicators for monitoring biodiversity: a hierarchical approach. *Conserv. Biol.* 4: 355-364.
20. Odum E.P. 1983. *Basic Ecology*. Philadelphia, Saunders.518.
21. Pommerening A. 2002. Approaches to quantifying forest structures. *Forestry* 75(3): 305-324.
22. Redford, K.H., Sanderson S.E. 1992. The brief barren marriage of biodiversity and sustainability? *Bull. Ecol. Soc. Am.* 73: 36-39.
23. Schneider D. 2001. The rise of the concept of scale in ecology. *BioScience* 51 (7): 545-554.
24. Tilman D. 1994. Competition and biodiversity in spatially structured habitats. *Ecology* 75: 2-16.
25. Tilman D. 1997. *Biodiversity and ecosystem functioning. Nature's services: social dependence on natural ecosystems*. Washington. Island Press: 93-112.
26. Tilman D. 1999. The ecological consequences of changes in biodiversity: a search for general principles. *Ecology* 80: 1455-1474.

27. Tilman D., Pacala S. 1993. The maintenance of species richness in plant communities. Species diversity in ecological communities. Chicago. University of Chicago press: 13-25.
28. Van der Putten W.H., Mortimer S.R., Hedlund K. et al. 2000. Plant species diversity as a driver of early succession in abandoned fields: a multi-site approach. *Oecologia* 124: 91-99.
29. Whittaker R. H. 1965 Dominance and diversity in land plant communities. *Science* 147: 250-260.
30. Whittaker R. H. 1975: Communities and ecosystems. Ed. 2. – Macmillan, New York.
31. Yaacobi G., Ziv Y. Rosenzweig M.L. 2007. Effects of interactive scale-dependent variables on beetle diversity patterns in a semi-arid agricultural landscape. *Landscape Ecol.* 22:687–703.
32. Емельянов И.Г. 1999. Разнообразие и его роль в функциональной устойчивости и эволюции экосистем. Киев. Б. и. 168.
33. Ибрагимов А.К., Ряполов С.Ф., Егорашин В.Г. 2004. Конструктивная роль биологического разнообразия при антропогенной динамике лесов и феномен "трансэкстраординальности". *Актуальные проблемы лесного комплекса*, 9: 101-104.
34. Уланова Н.Г. 2007. Механизмы сукцессий растительности сплошных вырубок в ельниках Южной Тайги. Актуальные проблемы геоботаники. III Всероссийская школа-конференция. Лекции. Петрозаводск, КарНЦ РАН. 198-211.
35. Цыганов Д.Н. 1983. Фитоиндикация экологических режимов в подзоне хвойно-широколиственных лесов. Москва. Наука. 198.

ПОКАЗНИКИ АБІОТИЧНОГО РІЗНОМАНІТТЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ ЦІЛІСНОСТІ

С.С. Костишин, А. В. Жук

Чернівецький національний університет ім. Юрія Федьковича
Факультет біології, екології та біотехнології Кафедра екології та біомоніторингу
 58012 м. Чернівці, вул. М. Коцюбинського, 2
alincaj@rambler.ru

*В даний час існує велика кількість алгоритмів комплексного обстеження біорізноманіття. Незважаючи на велику кількість наукових досліджень біорізноманіття, інтегральний алгоритм для чисельного вираження абіотичної різноманітності не розроблений. Більше того, питання визначення абіотичного різноманіття залишається дискусійним. Метою цього дослідження був пошук ефективного та зручного методологічного підходу до аналізу біотичних і абіотичних компонентів екологічної цілісності фітоценозів бука лісового на початкових стадіях сукцесії. У цій статті представлено дослідження структури фітоценотичного різноманіття, використовуючи як найбільш широко відомі показники біорізноманіття, так і оригінальний метод оцінки абіотичного різноманіття. В роботі подано результати комплексної екологічної оцінки динаміки рослинних угруповань на прикладі зрубів букових лісів на східному кордоні ареалу *F. sylvatica*. На досліджуваних ділянках виявлено три початкові стадії сукцесії: 1) етап "подвійного різноманіття", 2) етап посиленої конкурентної боротьби і визначення наступних типів відновлення рослинності; 3) етап метастабілізації. Результати аналізу різноманіття абіотичного компоненту біогеоценозу підтвердили принцип альтернативного різноманіття І.Г. Ємельянова не лише в просторовому континуумі, але й у часовому.*

Ключові слова: *біотичне різноманіття, фітоценотичне різноманіття, абіотичне різноманіття, екологічні шкали, екологічна цілісність, ранні сукцесійні стадії.*

Отримано редколегією 10.09.2012

ВПЛИВ СУЛЬФАНІЛАМІДНИХ ПРЕПАРАТІВ ТА ХЛОРТЕТРАЦИКЛІНУ НА РОЗВИТОК ІКРИ І ВИЖИВАННЯ ЕМБРІОНІВ КОРОПА (*CYPRINUS CARPIO L.*)

І.М. Курбатова, В.В. Цедик, Н.П. Свириденко

*Національний університет біоресурсів і природокористування України,
вул. Генерала Родимцева 19, Київ, 03041, Україна, innakurbatova@ukr.net*

Доведено пригнічуючу дію хлортетрацикліну і, у меншій мірі, сульфаніламідів на розвиток ікри коропа при відповідних концентраціях цих сполук у воді. Поруч з тим, зареєстровано і незначний стимулюючий вплив цих препаратів на розвиток ембріонів коропа, а саме: сульфаніламідів при концентрації у воді 0,030 мг/дм³, сульфаметазину - 0,05 мг/дм³ та хлортетрацикліну – 0,06 мг/дм³.

Ключові слова: ікра та ембріони коропа, хлортетрациклін, сульфаметазин, сульфаніламід.

Вступ. Забезпечення потреби населення у продуктах харчування в останні роки тісно пов'язано із застосуванням інтенсивних технологій виробництва продуктів тваринництва, які передбачають використання для профілактики та лікування хвороб тварин ряду протимікробних засобів, у тому числі сульфаніламідних препаратів та антибіотиків. З метою підвищення ефективності використання кормів, практикують також введення ряду інших сполук в комбікорми, як стимуляторів продуктивності і відтворення тварин, що збільшує масу тіла, знижує витрати корму на одиницю приросту та підвищує резистентність організму (Смирнов, Авілов, 1999).

Найбільш поширеними антибіотиками, які широко використовуються в лікуванні тварин, являються тетрациклін та хлортетрациклін. Вони близькі за своєю структурою, мають схожі токсикологічні профілі і спектри протимікробної і біологічної активності, застосовуються, переважно, перорально з їжею або водою, що сприяє їх надходженню з відходами тварин у навколишнє середовище (Антибиотики..., 1988).

Іншою причиною попадання цих сполук у ґрунти та водні об'єкти є порушення схем їх застосування при профілактиці й лікуванні тварин, а також в результаті недотримання часу витримки тварин перед забоєм. Встановлено, що споживання людиною продуктів, які містять залишкову кількість антибіотиків та сульфаніламідних препаратів, пригнічує мікрофлору кишечника, сприяє прояву алергічних та диспепсичних явищ, порушує функції нирок і кровотворних органів (Антибиотики..., 1988).

Сульфаніламідні препарати, тетрациклін та хлортетрациклін, знаходять у стічних водах свинокомплексів у концентраціях, які є токсичними для водних організмів, у тому числі риб. До цих сполук слід віднести і ряд інших ксенобіотиків

антропогенного походження, які виявлено у стічних водах (Курбатова та ін., 2008).

Вплив сульфаніламідних препаратів та антибіотиків тетрациклінового ряду на організм сільськогосподарських тварин вивчено досить добре. Відкритим залишається питання щодо дії ксенобіотиків на вищі гідробіоти. Тому, метою досліджень було вивчення дії сульфаніламідів, сульфаметазину та хлортетрацикліну на розвиток ікри та збереженість ембріонів коропа.

Матеріали і методи досліджень. Вплив сульфаніламідних препаратів та хлортетрацикліну на розвиток ембріонів прісноводних риб вивчали на щойно заплідненій ікрі коропа. Постановку експерименту проводили за загальноприйнятою методикою, використовуючи візуально – кількісну оцінку отриманих результатів (Визначення..., 2006).

В досліді використовували запліднену ікру від однієї самки, яку поміщали в чашки Петрі зі ставковою водою, до якої додавали різні кількості сульфаніламідних препаратів, окремо сульфаніламідів, сульфаметазину та хлортетрацикліну. Концентрація сульфаніламідів у воді 1 дослідної групи становила 0,005 мг/дм³, 2 дослідної групи – 0,015 мг/дм³, 3 дослідної групи – 0,030 мг/дм³. Вміст сульфаметазину у воді в другому досліді становив – 0,05 мг/дм³ (перша); 0,15 мг/дм³ (друга) і 0,30 мг/дм³ (третья дослідна група). В третьому досліді вивчали вплив хлортетрацикліну в концентраціях 0,02 мг/дм³ (перша); 0,06 мг/дм³ (друга); 0,18 мг/дм³ (третья дослідна група) на розвиток ембріонів коропа. Тривалість всіх дослідів становила 72 години, впродовж яких спостерігали за розвитком ікри, контролюючи кількість загиблих ембріонів за добу до викльову личинок.

Результати та їх обговорення. Додавання до води різних концентрацій сульфаніламідів показало, що на першу добу найбільша кількість від-

мерлих ембріонів коропа була відмічена при концентрації даної сполуки $0,015 \text{ мг/дм}^3$, що в 2,5 рази вище, ніж у контролі (рис. 1).

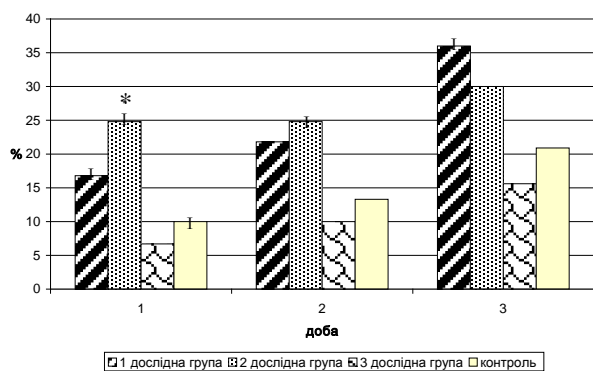


Рис. 1. Динаміка загибелі ембріонів коропа за дії сульфаніламіду, $M \pm n$, $n = 30$

Примітка: * – позначена вірогідна різниця ($P \leq 0,05$) між показниками досліджуваної та контрольної групи.

Fig. 1. Dynamics destruction of carp embryos by sulfonamides, $M \pm n$, $n = 30$

Note: * - likely marked difference ($P \leq 0,05$) between parameters of the experiment and control

За концентрації сульфаніламіду у воді $0,030 \text{ мг/дм}^3$ встановлено найменшу загибель ікри коропа (біля 7%), що на 3% менше, порівняно з контролем.

На другу добу кількість загиблих ембріонів за концентрації сульфаніламіду у воді $0,005 \text{ мг/дм}^3$ не змінилась, а за вмісту $0,015$ та $0,030 \text{ мг/дм}^3$ цей показник виявився майже у 1,5 рази більшим від аналогічних даних одержаних за попередньої доби.

На третю добу максимальну кількість загиблих ембріонів було зареєстровано за концентрації сульфаніламіду у воді $0,015 \text{ мг/дм}^3$, що на 15% більше, ніж в контролі. Найменшу кількість загиблої ікри виявили за концентрації сульфаніламіду у воді $0,030 \text{ мг/дм}^3$, яка була у 1,3 рази нижче, порівняно з контролем.

Відносна кількість личинок, що виклюнулись із ікри з концентрацією сульфаніламіду у воді $0,005 \text{ мг/дм}^3$ та $0,015 \text{ мг/дм}^3$, становила понад 88% від живих ікринок. За концентрації препарату у воді $0,030 \text{ мг/дм}^3$ вихід личинки був на 3,4% вище, ніж у контрольній групі. Отже, сульфаніламід у досліджуваних концентраціях, хоч і в незначній мірі, але впливає на ембріональний розвиток коропа.

Дослідженнями встановлено також вплив і сульфаметазину на розвиток ікри коропа. Показано, що найбільша загибель ембріонів риби спостерігалась з його концентрацією у воді $0,30 \text{ мг/дм}^3$, порівняно з контролем. Подібні за характером зміни встановлено на ікрі першої та другої дослідних груп (рис. 2).

За найменшої концентрації сульфаметазину у воді кількість загиблих ікринок збільшилась від

$21,5\%$ до $28,9\%$ і була вищою, порівняно з контрольною групою, майже у 1,5 рази.

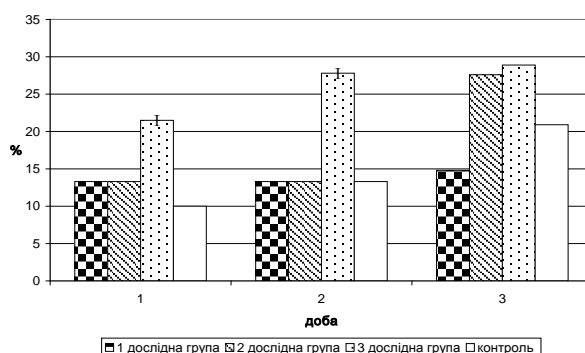


Рис. 2. Динаміка загибелі ембріонів коропа за дії сульфаметазину, $M \pm n$, $n = 30$

Fig. 2. Dynamics destruction of carp embryos by sulfamethazyn, $M \pm n$, $n = 30$

За концентрації сульфаметазину у воді $0,05$ та $0,15 \text{ мг/дм}^3$, впродовж двох діб кількість загиблих ембріонів була на одному рівні – $13,3\%$. На третю добу спостережень загальна кількість загиблих ікринок у першій групі практично не змінилась, а у другій – збільшилась у 2 рази, порівняно з даними на другу добу спостережень. Цей показник у другій групі на третю добу спостережень наблизився до аналогічних даних щодо загибелі ембріонів при концентрації сульфаметазину у воді $0,30 \text{ мг/дм}^3$.

Найменший вихід личинок відмічено у другій дослідній групі за концентрації сульфаметазину у воді $0,15 \text{ мг/дм}^3$, що на 10% менше, ніж у контролі. Виявлені зміни щодо впливу сульфаніламіду та сульфаметазину на розвиток ембріонів коропа, ймовірно, пов'язані із зміною мікробного складу води, що характерно для вищих концентрацій цих сполук у воді, а також зміною проникності клітинних оболонок ікри та впливом цих сполук на процеси метаболізму в клітині (Таликіна і др., 2000; Касьянов і др., 2001; Изюмов і др., 2002; Худияш і др., 2003).

Виявлено, що на розвиток ембріонів коропа впливає і хлортетрациклін, доданий у воду у різних концентраціях. Так, найбільшу кількість загиблої ікри спостерігали за концентрації хлортетрацикліну у воді $0,18 \text{ мг/дм}^3$. На першу добу досліджень у цій групі загиблих ембріонів нарахувалось у 3 рази більше, ніж у контрольній групі. На другу добу спостережень кількість загиблої ікри у цій групі не змінилась, а на третю добу дана величина збільшилась вдвічі (рис. 3).

За концентрації хлортетрацикліну у воді $0,02$ та $0,06 \text{ мг/дм}^3$ кількість загиблих ембріонів коропа впродовж трьох діб збільшилась з $16,4$ до $21,8\%$ та з $13,3$ до $25,3\%$, відповідно, і була, в середньому, на $2,7\%$ вищою, ніж в контролі.

Викльов личинок у першій та другій дослідних групах склав відповідно 91,1% і 94,6% від живої ікри, а мінімальну кількість личинок, що виклюнулись, було зареєстровано у третій групі за концентрації антибіотику 0,18 мг/дм³.

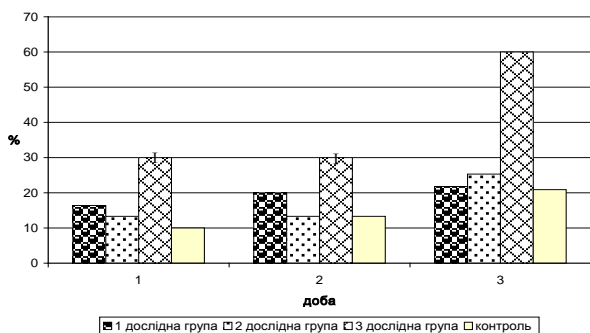


Рис. 3. Динаміка загибелі ембріонів коропа за дії хлортетрацикліну, $M \pm m$, $n = 30$

Fig. 3. Dynamics destruction of carp embryos by chlortetracyclin, $M \pm m$, $n = 30$

Виявлені зміни ембріонального розвитку коропа за дії хлортетрацикліну, ймовірно, пов'язані із його впливом на функціональний стан зовнішньої оболонки ікри, що викликане змінами синтезу нуклеїнових кислот, пов'язаних з ДНК та гальмуванням активності РНК-полімерази, реплікації ДНК, інгібуванням дихальних ензимів (Baldwin et al., 2000; Nelson et al., 2010).

Висновки. Результати досліджень свідчать про пригнічення хлортетрацикліном і, у меншій мірі, сульфаниламидами розвитку ікри коропа при відповідних концентраціях цих сполук у воді, а саме: хлортетрацикліну – 0,06 мг/л, сульфаниламідів – 0,005 мг/дм³ і сульфаметазину – 0,15 мг/дм³. Поруч з тим, зареєстровано і незначний стимулюючий вплив цих препаратів на розвиток ембріонів коропа, а саме: сульфаниламідів при концентрації у воді 0,030 мг/дм³, сульфаметазину – 0,05 мг/дм³ та хлортетрацикліну – 0,06 мг/дм³.

Список літератури:

- Смирнов А.М., Авилов В.М. Задачи и перспективы ветеринарной науки // Ветеринария. – 1999. – №10, С. 3–5.

- Антибиотики, сульфаниламиды и нитрофураны в ветеринарии: Справочник / В.Ф. Ковалев и др. – М.: Агропромиздат. – 1988. – 222 с.
- Курбатова І.М., Цедик В.В., Михальська В.М., Малюга Л.В. До питання про якість води водойм рибогосподарського призначення та її вплив на розвиток ікри коропа (*Cyprinus carpio* L.) / Науковий вісник ЛНУВМБТ ім. С.З. Гжицького. – Львів, 2008. – Том 10. – №4 (39). – С. 273–278.
- Визначення токсичності на ембріонах та ікрі прісноводних риб. Напівстатистичний метод. ISO 12890; 1999, ІДТ). ДСТУ ISO 1289: 2005. Київ. Держспоживстандарт України, 2006. – 19 с.
- Таликина М.Г. Анализ изменчивости морфологических показателей, раннего гаметогенеза и мутагенного эффекта у молоди плотвы после воздействия токсикантов на свободные эмбрионы / М.Г. Таликина, Ю.Г. Изюмов, Ю.В. Чеботарева и др. // Вопр. ихтиологии. – 2000. – Т. 40, №6. – С. 816–825.
- Касьянов А.Н. Изменчивость признаков осевого скелета у сеголеток плотвы после воздействия токсических веществ в период раннего индивидуального развития / А.Н. Касьянов, М.Г. Таликина, Ю.Г. Изюмов и др. // Вопр. ихтиологии. – 2001. – Т. 41, №4. – С. 495–503.
- Изюмов Ю.Г. Изменчивость числа позвонков и аномалии осевого скелета у подопытных сеголеток плотвы после воздействия токсикантов на спермии родителей / Ю.Г. Изюмов, А.Н. Касьянов, М.Г. Таликина, Г.А. Папченкова, Н.В. Касьянова // Вопр. ихтиологии. – 2002. – Т. 42, №1. – С. 109–113.
- Худияш Ю.Н. Выживаемость икры карпа на ранних стадиях эмбриогенеза под воздействием N-оксида 2,6-диметилпиридина / Ю.Н. Худияш, А.С. Потрохов, О.Г. Зиньковский // Гидробиол. журн. – 2003. – Т.39, №6. – С.83–89.
- Baldwin R.L. Influence of chlortetracycline and dietary protein level on visceral organ mass of growing beef steers / R.L. Baldwin, K.R. McLeod, T.H. Elsasser, S. Kahl, T.S. Rumsey, M.N. Streeter // Anim. Sci. – 2000. – Vol. 78, №12. – P. 3169–3176.
- Nelson K.L. Influence of manure from pigs fed chlortetracycline as growth promotant on soil microbial community structure / K.L. Nelson, V.S. Brözel, S.A. Gibson, R. Thaler, S.A. Clay // Microbiol Biotechnol. – 2010. – №27. – P. 659–668.

EFFECT OF SULFONAMIDES AND CHLORTETRACYCLINE ON THE DEVELOPMENT OF EGGS AND SURVIVAL OF CARP (*CYPRINUS CARPIO* L.) EMBRYONS

I. Kurbatova, V. Tsedyk, N. Svyrydenko

It is well proven repressing the action of Hlortetracyclin and in less degree to Sulfanilamidum on caviar development of carp at the proper concentrations of these connections in water. Alongside with that, it is registered also the insignificant stimulant influence of these preparations on development of carp embryos, namely: to Sulfanilamidum during a concentration in water 0,030 mg / dm³.

Key words: eggs and embryos of carp, hlortetratsyklin, sulfametazyn, sulfonamides.

Отримано редколегією 10.05.2012

АКТИВНІСТЬ ФЕРМЕНТІВ ПЕРЕАМІНУВАННЯ ЯК ІНДИКАТОР СЕРЕДОВИЩЕТВІРНОЇ ФУНКЦІЇ МАММАЛІА В ТРАНСФОРМОВАНИХ ЕКОСИСТЕМАХ

О. Пахомов, О. Василюк

*Дніпропетровський національний університет імені Олеся Гончара,
пр. Гагаріна, 72, Дніпропетровськ, 49050, Україна*

Середовищетвірна функція Матталіа має велике значення у процесі підтримки стану гомеостазу в умовах антропогенного (важкі метали, радіація, гербіциди тощо) та екологічного впливу на едафотоп. Екскреторна функція та рийна активність Матталіа впливає на природне відновлення гумусного складу та родючість ґрунту, покращують аерацію, впливають на щільність ґрунту, нормалізують мікрофлору, змінюють хімічні та фізичні показники едафотопу, що зменшує вплив антропогенних чинників та техногенне навантаження, забезпечує протекторні характеристики біоосної системи. Це важливо в умовах зниження або нейтралізації шкідливого впливу забруднення та оптимізації техногенно змінених територій.

Надзвичайно важливо охарактеризувати якісні та кількісні форми функціонального впливу деяких представників зооценозу на окремі компоненти екосистем, дослідити динаміку основних біогеоценотичних процесів, які здійснюються за участю деяких представників Матталіа, віднайти досить чутливий і простий у використанні індикатор для визначення впливу чинників навколишнього середовища на окремі компоненти екосистеми та захисту від них. Такими індикаторами вважаються ферменти класу трансаміназ аспаратамінотрансфераза та аланінамінотрансфераза що реагують на порушення білкового обміну та зміни функціональних характеристик організмів впливом екзогенних чинників, а також кількісне визначення вмісту водорозчинних білків, що безпосередньо пов'язані із діяльністю даних ферментів.

В умовах неконтрольованого антропогенного впливу збільшується навантаження на біоту важких металів, які у високих концентраціях є токсичні, а у низьких мають фізіологічну значимість, як цинк.

Ключові слова: Матталіа, середовищетвірна функція, трансамінази.

Вступ. Цинк, як мікроелемент, має велике фізіологічне значення для росту та розвитку фіто-, зоо- та мікробіоценозу зокрема, формує нормальний перебіг розвитку екотопу та біогеоценозу взагалі. Zn входить до складу ферментів дихальної карбоангідрази (карбонат-гідроліаза, $\text{H}_2\text{CO}_3 \leftrightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$), алкогольдегідрогенази (алкоголь: НАД – оксидоредуктаза; 1.1.1, каталізує реакцію відновлення ацетальдегіду (кофермент НАД*Н) та окислення етанолу (кофермент НАД) [7], глутаматдегідрогенази (L-глутамат: NAD-оксидоредуктаза, К.Ф. 1.4.1.2), лактатдегідрогенази (L-лактат: NAD-оксидоредуктаза (LDH), К.Ф. 1.1.1.27), пептидази, деяких фосфатаз (КФ 3.1.3.48), енолаз (2-фосфо-D-глицерат гідроліаза), впливає на окисно-відновні процеси у клітинах [4]. У поєднанні із марганцем Zn входить до складу хлоропластів, приймає участь у фотолізі, вуглеводному обміні. Він сприяє підвищенню жаростійкості, засухостійкості, підвищує імунітет. На збіднених на Zn ґрунтах хворіють цитрусові та тутові дерева, недостатня кількість Zn стримує використання вуглеводів

для утворення кислот, пригнічує ріст стебел, сприяє зближенню міжвузлів та мілколистковості. При надмірній кількості Zn пригнічується плодоношення. Підвищена концентрація цинку, як і інших важких металів, діє токсично на фізіологічні процеси, призводить до порушення росту та морфогенезу рослин [1; 9; 11; 12 – 18; 27, 30]. Надлишкова кількість Zn, згідно літературних даних, інгібує приріст первинного корінця кукурудзи упродовж першої та другої доби інкубації. Цинк вносять у формі $\text{Zn SO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (6 – 10 кг/га, за умов не кореневої підкормки у концентрації 0,1 – 0,2 г/л, при замочуванні насіння 0,2 – 0,3 г/л [8]. Доступність Zn знижується у напрямку від дуже кислих до слабо кислих та слабо лужних ґрунтів, мінімальна у сильно лужних. Для підвищення засвоєння мінеральних елементів застосовують внесення хелатів, що потрапляють через кореневу систему за рахунок комплексів механізмів дифузії, осмосу, зовнішніх (ультрафільтраційних) та внутрішніх (ліпоїдних, до утворення доннанової рівноваги), електрохімічних, адсорбційно-кінетичних механізмів,

піноцитозу тощо. Zn відноситься до помірно рухливого елементу. Кількість цинку у ґрунті складає $5 \cdot 10^{-3}\%$, а у рослині $3 \cdot 10^{-4}\%$ [2, 8]. Zn виявився в усіх частинах кореня. Для Zn у коренях не були знайдені тканини – акумулятори, що накопичують велику кількість цинку, а також бар'єрні клітини, що обмежують його радіальний транспорт, що має місце для інших металів [14; 6]. Причина переважного накопичення Zn в коренях у порівнянні із паростками за умов високої концентрації у розчині може бути пов'язано із наявністю великої кількості місць для зв'язування металу у клітинних оболонках, а не є слідством наявності бар'єрних тканин, як це було показано для Cd та Pb [14; 12].

При вивченні розподілу, токсичної дії та стійкості рослин до важких металів, важливо визначити співвідношення вмісту металів у апопласті та всередині клітини. Результати науковців [16] доводять, що в апікальній частині кореня Zn з'являється як у клітинних оболонках, так і у протопластах, тоді як на середній ділянці та базальній він був присутній головним чином у апопласті [19; 20; 21; 22]. Зв'язування Zn клітинними оболонками може виступати як один із можливих механізмів детоксикації [19; 14, 6]. Співвідношення кількості металу у апопласті та симпласті може відрізнитися у рослин – виключачелів та гіперакумуляторів, що може бути наслідком різної ефективності механізмів транспорту важких металів до вакуолей клітин кореня та їх загрузки до судин ксилеми. Вміст Zn у цитоплазмі гіперакумуляторів дуже низький [21, 22, 25]. Дані відмінностей дадуть пояснення стосовно причин вибіркового накопичення металів в коренях рослин - виключачелів, а також з'ясувати механізми гіперакумуляції важких металів у рослинах - виключачелів, що накопичують Zn переважно у підземних органах [12;13;15;]. Zn виявляється у більшій мірі у меристемі кореня, що пов'язано із залученням цинку до ростових процесів. Накопичується Zn в меристематичних клітинах кореня і у інших злаків – виключачелів: пшениці [24] та ячменя [5; 6; 13; 15; 16, 18 - 22; 26; 30-33].

Зниженню токсичного впливу іонів цинку сприяють екологічні чинники, а саме екскреторна функція та рийна активність *Mammalia*.

Ми визначали вплив екскреторної функції (на прикладі косулі та кабана) та рийної активності (на прикладі малих ґрунторіїв) *Mammalia* на ріст та розвиток деяких рослин в умовах підвищеного вмісту солей цинку. Відомо, що екскреторна функція та рийна активність *Mammalia* мають велике значення на процеси ґрунтоутворення [1]. Так, екскреторна функція та рийна активність ссавців впливають на швидкість мінералізації рослинних залишків, на фізичні (твердість, порозність, вологість) та хімічні (гуміфікація та формування рН ґрунтів) властивості ґрунтів, є важливими зоогенними чинниками надходження органіко-мінеральних речовин до ґрунтів, сприяють біологічній та ферментативній активності ґрунтів, сумарному накопиченню вільних амінокислот, впливають на ґрунтову мікрофлору, інтенсивність ґрунтового «дихання», формування видового різноманіття ґрунтового зооценозу [1]. Крім того, безпосередньо впливаючи на розвиток автотрофів, ґрунторії опосередковано формують ґрунтоутворні процеси та сприяють видовому різноманіттю рослин [1].

Значна середовищотвірива роль *Mammalia*, як біотичного чинника, у створенні екологічного буферу проти антропогенного навантаження біоти, що полягає у нівелюючій дії техногенного пресу за рахунок процесів самоочищення ґрунтів. Опосередковано впливаючи на хімічні та біологічні процеси, забезпечуються адаптаційні механізми підтримки стану гомеостану за умов дії чинника нижче граничного, що набуває великого практичного значення. Значний вміст ВМ (важких металів) стимулює вивчення їх впливу та їх міграцію в умовах екскреторної діяльності та рийної активності ссавців [1]. Для визначення ступеню впливу ВМ на навколишнє середовище, потрібні досить чутливі індикатори, якими є ферменти азотного метаболізму. У зв'язку із чим ми вивчали вплив рийної активності та екскреторної функції *Mammalia* на ріст та розвиток деяких рослин (на прикладі найпоширеного представника *Glechoma hederacea L.*) за допомогою визначення динаміки активності ферментів азотного метаболізму (Аспартатамінотрансфераза, АсАТ (2.6.1.1) та аланінамінотрансфераза, АлАТ (2.6.1.2) та вмісту білків водорозчинної фракції в умовах підвищеного

вмісту солей цинку. АсАТ та АлАТ є частиною ферментативної системи, за допомогою якої утилізується первинний продукт фотосинтезу у аспаргатовій групі C_4 рослин - аспаргат. За допомогою АсАТ в обкладці відбувається декарбоксілювання аспаргату, що утворюється у мезофілі листка за наступною схемою:

Аспаргат (аспартатамінотрансфераза): Щавелевооцтова кислота (малатдегідрогеназа): Малат (маликензим): Піровиноградная кислота CO_2 [10]. Піруват, після амінування за допомогою АлАТ, у вигляді аланіну повертається у мезофіл, де дезамінується за участю АлАТ [10].

Матеріали та методи. Вивчали середовищеву функцію та рийну активність *Mammalia* в умовах антропогенного забруднення ґрунтів на цинк, який негативно впливає на процеси фотосинтезу та водорозчинності білків. Дослідження здійснювалося в умовах Міжнародного Присамарського біосферного стаціонару імені О.Л. Бельгарда (село Андріївна, Новомосковський район, Дніпропетровська область). У якості контролю було відібрано територію без впливу *Mammalia* та незабруднену на цинк. Цинк заносився у ґрунт у якості солі $Zn SO_4 \cdot 7H_2O$ концентрацією 1,15 г/м²; 5,75 г/м²; 11,5 г/м², що відповідає 1 ПДК, 5 ПДК, 10 ПДК.

Через місяць після внесення солі цинку, було визначено загальну активність ферментів класу трансфераз: АлАТ та АсАТ як індикаторів забруднення екосистем [3, 28, 29] згідно методики [10], та концентрацію водорозчинної фракції білку в листках *Glechoma hederacea L.*, що домінувала у липо-ясеневій пристінній діброві. Вивчалася екскреторна функція та рийна активність деяких представників *Mammalia*, що має велике значення для відновлення біорізноманіття в умовах антропогенного навантаження [2, 23]. У якості контролю використовувалося ділянки без впливу *Mammalia* та незабруднені на цинк.

Дослід виконували на прикладі екскреторної діяльності *Sus scrofa L.* та *Capreolus capreolus L.* та рийної активності малих ґрунторіїв за наступною схемою:

– екскреторна активність *Mammalia*:

контроль – ділянка без забруднення на Zn та діяльності *Mammalia*;

контроль для Zn 1 ПДК (забруднення на

цинк у дозі 1,15 г/м², “антропогенний” чинник, монодія);

комбінований вплив екскреторної діяльності *Sus scrofa L.* та Zn 1ПДК;

комбінований вплив екскреторної діяльності *Capreolus capreolus L.* та Zn 1ПДК;

контроль для Zn 5 ПДК (забруднення на Zn у дозі 5,75 г/м²);

комбінований вплив екскреторної діяльності *Sus scrofa L.* та Zn 5ПДК;

комбінований вплив екскреторної діяльності *Capreolus capreolus L.* та Zn 5ПДК;

контроль для Zn 10 ПДК (забруднення на Zn у дозі 11,5 г/м²);

комбінований вплив екскреторної діяльності *Sus scrofa L.* та Zn 10ПДК;

комбінований вплив екскреторної діяльності *Capreolus capreolus L.* та Zn 10ПДК;

– рийна активність *Mammalia*:

контроль (ділянка без забруднення на цинк та діяльності *Mammalia*);

порий *Mammalia* (монодія, природний “екологічний” чинник).

Результати та їх обговорення. Так, іони Zn (від 1,15 г/м², 5,75 г/м² до 11,5 г/м²) в умовах монодії достовірно зменшували активність АлАТ від 61% до 16% ($t/t_{0,05}=2,03$; 1,51; 1,01), АсАТ до 89% та 49% ($t/t_{0,05}=0,29$; 1,24; 1,55;).

Концентрація водорозчинних ферментів у білках класу трансфераз знижується у порівнянні з контролем – 41% та 71% ($t/t_{0,05}^* = -1,55, -1,46$), що підтверджує токсичну дію цинку в усіх варіантах дослідження (табл. 1).

Також була вивчена екскреторна функція та рийна активність *Mammalia* як монодія кожна окремо в умовах дослідження на активність ферментів переамінування АлАТ та АсАТ та концентрацію водорозчинних фракцій білків у листках *Glechoma hederacea L.*

Екскреторна функція, як і рийна активність, в умовах монодії сприяла значному зниженню активності трансфераз і концентрації водорозчинних фракцій білків у порівнянні з контролем в усіх варіантах дослідження. Крім того, гальмування процесів метаболізму азоту відбулося більш активно у екскреторній активності косулі у порівнянні з диким кабаном.

Було встановлено, що рийна активність

Mammalia максимально інгібує активність АлАТ на 75% порівняно з контролем, в той час як нормальний хід процесів метаболізму

азоту підтримується роботою спорідненого ферменту аланінамінотрансферази - АсАТ (рис. 1).

Таблиця 1

Вплив концентрації Zn на активність ферментів класу трансфераз (nM pyruvic acid / ml s) та концентрація водорозчинної фракції білку (mg / ml) в листках *Glechoma hederacea L.*

Table 1

The effect of Zn concentration on the range of enzyme activity transferase class (nM pyruvic acid / ml s) and the concentration of water-soluble fraction protein (mg / ml) in leaves of *Glechoma hederacea L.*

Варіанти досліду	X±m	V	M	t/t _{0,05}
АлАТ				
Контроль	1,61±0,445	11,1	100,0	
Zn 1 ПДК	0,26±0,270	41,7	16,2	-2,03
Zn 5 ПДК	1,00±0,177	7,14	61,8	-1,01
Zn 10 ПДК	0,66±0,204	12,4	41,2	-1,51
АсАТ				
Контроль	0,89±0,176	8,00	100,0	
Zn 1 ПДК	0,50±0,088	7,14	56,0	-1,55
Zn 5 ПДК	0,44±0,222	20,4	49,3	-1,24
Zn 10 ПДК	0,79±0,184	9,32	89,3	-0,29
Концентрація білків водорозчинної фракції				
Контроль	1,82±0,284	6,29	100,0	
Zn 1 ПДК	1,25±0,051	1,63	68,5	-1,55
Zn 5 ПДК	1,29±0,035	1,11	70,6	-1,46
Zn 10 ПДК	0,74±0,083	4,50	40,8	-10,17

Примітки: X – середня; ±m – вірогідний інтервал; V – коефіцієнт варіації, %;

M – дослід / контроль, %; t/t_{0,05} – критерій суттєвості різниць між дослідом та контролем, p < 0,05;

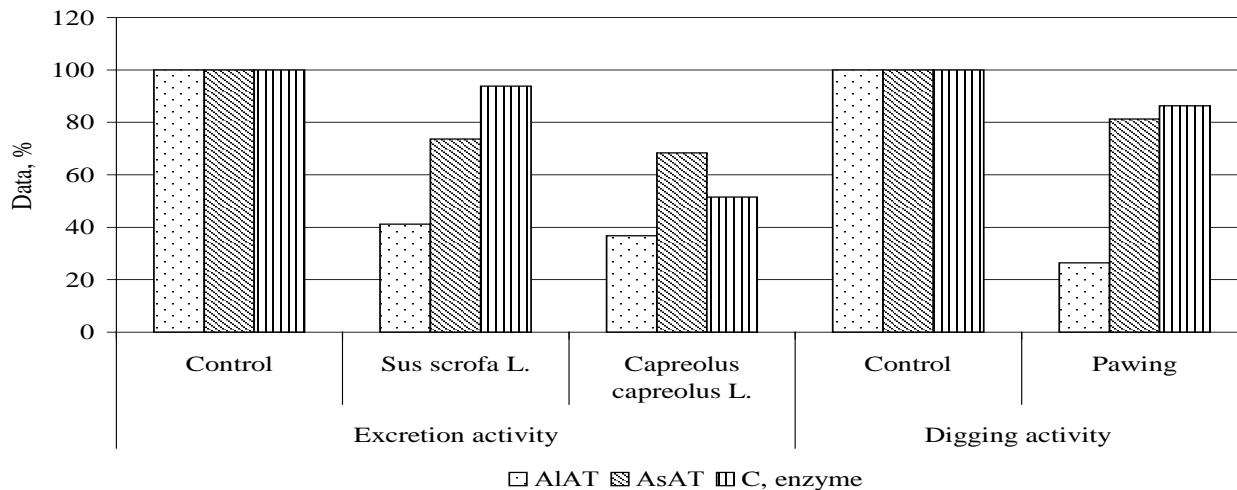


Рис.1 – Вплив екскреторної функції та рийної активності *Mammalia* на активність ферментів класу трансфераз та концентрацію водорозчинної фракції білків в листках *Glechoma hederacea L.*

Fig. 1. The excretion function influence and digging activity of *Mammalia* species on the value transferase class enzymes and the concentration of water-soluble proteins fraction in the leaves of *Glechoma hederacea L.*

У процесі спільної дії екскреторної функції *Mammalia* і введення Zn 1 ПДК було відзначено значне збільшення активності аланінамінотрансферази в листках *Glechoma hederacea L.* у 1,6-2,5 рази (t/t_{0,05}*= 1,17, 1,55) та в умовах концентрації Zn 5 ПДК у 1,7 і 2,5 рази (t/t_{0,05}=3,09, 1,41 відповідно), і зниження в 1,5-2 рази за умови ма-

ксимальної концентрації Zn 10 ПДК t/t_{0,05}*= 1,54, 1,28) у порівнянні з контролем (Zn 1 ПДК, 5 ПДК, 10 ПДК).

Спостерігалось загальне зростання активності аспартатамінотрансферази в листках *Glechoma hederacea L.* у 1,5-2 рази для Zn 1 ПДК (t/t_{0,05}= 1,55) і Zn 5 ПДК (t/t_{0,05}= 1,07). Якщо викорис-

товувати максимальну концентрацію Zn 10 ПДК, то загальна активність цього ферменту не буде істотно відрізнятися від значення контролю з експозицією 10 ПДК Zn (табл. 2).

Таблиця 2

Загальна активність трансаміназ в листках *Glechoma hederacea L.* в умовах екскреторної функції *Mammalia* на фоні екзогенного забруднення на Zn

Table 2

The effect of combined *Mammalia* excretion function and Zn on the total transferase class enzyme activity (nM pyruvic acid / ml's) in *Glechoma hederacea L.* leaves

Варіанти дослідів	X±m	V	M	t/t _{0,05}
АлАТ				
Контроль: Zn 1 ПДК	0,32±0,088	11,11	100,00	
<i>Sus scrofa L.</i> + Zn 1 ПДК	0,71±0,177	10,00	222,2	1,55
<i>Capreolus capreolus L.</i> + Zn 1 ПДК	0,52±0,102	7,87	163,0	1,17
Контроль: Zn 5 ПДК	0,99±0,177	7,14	100,00	
<i>Sus scrofa L.</i> + Zn 5 ПДК	2,56±0,353	5,56	257,1	3,09
<i>Capreolus capreolus L.</i> + Zn 5 ПДК	1,71±0,353	8,33	171,4	1,41
Контроль: Zn 10 ПДК	0,69±0,102	5,97	100,00	
<i>Sus scrofa L.</i> + Zn 10 ПДК	0,28±0,177	5,00	41,38	-1,54
<i>Capreolus capreolus L.</i> + Zn 10 ПДК	0,45±0,102	9,11	65,52	-1,28
АсАТ				
Контроль: Zn 1 ПДК	0,48±0,088	7,14	100,00	
<i>Sus scrofa L.</i> + Zn 1 ПДК	0,64±0,176	1,11	128,6	1,55
<i>Capreolus capreolus L.</i> + Zn 1 ПДК	0,51±0,051	4,02	102,4	0,09
Контроль: Zn 5 ПДК	0,41±0,134	3,09	100,00	
<i>Sus scrofa L.</i> + Zn 5 ПДК	0,77±0,222	1,61	185,71	1,07
<i>Capreolus capreolus L.</i> + Zn 5 ПДК	0,36±0,088	1,95	85,71	-0,29
Контроль: Zn 10 ПДК	0,79±0,183	9,32	100,00	
<i>Sus scrofa L.</i> + Zn 10 ПДК	0,75±0,353	9,04	94,03	-0,09
<i>Capreolus capreolus L.</i> + Zn 10 ПДК	0,72±0,222	2,37	91,04	-0,19

Примітки: Див. Табл. 1

Екскреторна активність *Mammalia* у поєднанні із забруднюючою дією Zn сприяли відновленню водорозчинної фракції білку в листках *Glechoma hederacea L.* у порівнянні з контролем з на рівні 20-56% (1 ПДК та 10 ПДК), та не вплинули на варіант дослідів за умови середньої концентрації солей цинку (табл. 3).

Таблиця 3

Концентрація білків альбумінової фракції в листках *Glechoma hederacea L.* в умовах екскреторної функції *Mammalia* на фоні екзогенного забруднення на Zn

Table 3

The combined effect of *Mammalia* species action function zinc on albumins content (mg / ml) in *Glechoma hederacea L.* leaves

Варіант дослідів	X±m	V	M	t/t _{0,05}
Контроль: Zn 1 ПДК	1,24±0,050	1,63	100,00	
<i>Sus scrofa L.</i> + Zn 1 ПДК	1,90±0,133	2,80	152,94	3,63
<i>Capreolus capreolus L.</i> + Zn 1 ПДК	0,84±0,078	3,76	67,54	-3,38
Контроль: Zn 5 ПДК	1,29±0,035	1,11	100,00	
<i>Sus scrofa L.</i> + Zn 5 ПДК	1,23±0,020	0,66	95,77	-1,04
<i>Capreolus capreolus L.</i> + Zn 5 ПДК	1,41±0,052	1,48	109,62	1,53
Контроль: Zn 10 ПДК	0,74±0,083	4,49	100,00	
<i>Sus scrofa L.</i> + Zn 10 ПДК	0,89±0,080	3,61	120,88	1,05
<i>Capreolus capreolus L.</i> + Zn 10 ПДК	1,16±0,117	4,06	156,96	2,30

Примітки: Див. Табл. 1

Висновки. Таким чином, був досліджений вплив екскреторної та рийної активності *Mammalia* на загальну активність ферментів класу трансаміназ, як , дуже чутливих до змін індикаторів стану навколишнього середовища.

В умовах лабораторного дослідів був вста-

новлений факт гальмування загальної активності трансфераз під дією цинку в 2-5 рази, білка на 50-200%, що виявило дуже токсичний вплив металу на метаболічні процеси в листках *Glechoma hederacea L.*, що росла на ґрунтах забруднених металом. Екскреторна функція та рийна активність деяких видів

Mammalia впливає на функціональне зниження рівня метаболізму білків від двох до п'яти разів відповідно, концентрації альбуміну знизилася до 20 - 50%, що може бути пов'язано з невеликим періодом дослідження.

Комбінований вплив екскреторної функції *Mammalia* та антропогенного забруднення на цинк, призвело до активізації ферментів трансамінази у 2 – 2,5 рази та збільшення рівня акумулювання білків на 50 % у випадку середніх та великих концентрацій солей металу, у той час як середня концентрація металу гальмувала досліджувані параметри. Екскреторна функція забезпечувала нейтралізацію токсичної дії цинку.

Встановлено, що діяльність *Mammalia* (на прикладі *Sus scrofa L.* та *Capreolus capreolus L.*) впливає на навколишнє середовище, екскреторна активність та рийна функція дрібних гризунів-грунторіїв призвела до вирівнювання токсичних ефектів цинку у всіх варіантах досліджу. Це забезпечує захист біологічних систем в умовах антропогенного впливу та дає можливість до самовідновлення системи. Таким чином, використання тих чи інших екологічних елементів у системі зооценозу в контексті застосування заходів по збереженню і поліпшенню природних екологічних систем дає позитивні результати в умовах Степу Дніпра.

Список літератури:

1. Булахов В.Л., Пахомов О.Є. Біологічне різноманіття України. Дніпропетровська область. Ссавці (*Mammalia*) - Biological diversity of Ukraine Dnipropetrovsk region. *Mammals (Mammalia)*. – Дніпропетровськ : ДНУ, 2006. – 355 с.
2. Гродзинський А.М. Краткий справочник по физиологии растений / А.М. Гродзинський А.М., Д.М. Гродзинський. – К.: Наукова думка, 1973.- 591 с.
3. Дзюбак О.І. Вплив хлоридного засолення на морфометричні та біохімічні показники рослин у динаміці росту та розвитку / О.І. Дзюбак, О.М. Василюк // Матеріали І міжнародної наукової конференції студентів, аспірантів та молодих учених «Фундаментальні та прикладні дослідження в біології», том II, Донецьк, Видавництво ТОВ «Цифрова типографія», 2009.- С.231-232.
4. Добрынина В.И. Учебник биологической химии. – М.: Государственное изд – во медицинской литературы, 1963, 447 с.
5. Иванов В.Б. Сравнение влияния тяжелых металлов на рост корня в связи с проблемой специфичности и избирательности их действия / В.Б. Иванов, Е.И. Быстрова, И.В. Серегин // Физиология растений. 2003. Т. 50. С. 445–454.
6. Кожевникова А.Д. Влияние нитратов свинца, никеля и стронция на деление и растяжение клеток корня кукурузы / А.Д. Кожевникова, И.В. Серегин, Е.И. Быстрова,

- А.И. Беляева, М.Н. Катаева, В.Б. Иванов // Физиология растений. 2009. Т. 56. С. 268-277.
7. Куприянова Е. В. Карбоангидраза — фермент, преобразивший биосферу / Е.В. Куприянова, П.А. Пронина // Физиология растений. 2011. Т.58, № 2,С. 161-162.
8. Лебедев С.И. Физиология растений. – М.: Колос, 1982, 463с.
9. Мейчик Н Р. Барьерная функция клеточной стенки при поглощении ионов никеля /Н.Р. Мейчик, Ю.И. Николаева, О.В. Комарынец, И.П. Ермаков // Физиология растений. 2011. Т.58, № 3, С.321-322.
10. Методы биохимического анализа растений /под ред. В.В. Полевого, Г.Б. Максимова. – Л.: Издательство Ленинградского университета, 1978. – 192 с.
11. Налимова А.А., Попова В. В., Цоглин Л. Н., Пронина Н. А. Влияние меди и цинка на рост *Spirulina platensis* и аккумуляция клетками тяжелых металлов / // Физиология растений. 2005. Т.52, № 2, С.259 – 266.
12. Серегин И.В. Распределение тяжелых металлов в растениях и их действие на рост: Дисс. . . докт. биол. наук. М.: ИФР РАН, 2009. 423 с.
13. Серегин И.В., Иванов В.Б. Физиологические аспекты токсического действия кадмия и свинца на высшие растения // Физиология растений. 2001. Т. 48. С. 606–630.
14. Серегин И.В., Кожевникова А.Д. Роль тканей корня и побега в транспорте и накоплении кадмия, свинца, никеля и стронция // Физиология растений. 2008. Т. 55. С. 3–26.
15. Серегин И.В., Кожевникова А.Д. Физиологическая роль никеля и его токсическое действие на высшие растения // Физиология растений. 2006. Т. 53. С. 285–308
16. Серегин И. В., Кожевникова А. Д., Грачёва В. В., Быстрова Е. К., Иванов В. Б. Распределение цинка по тканям корня проростков кукурузы и его действие на рост/ // Физиология растений. 2011. Т.58, № 1, С.85 – 95.
17. Холодова В.П., Волков К.С., Кузнецов Вл.В. Адаптация к высоким концентрациям солей меди и цинка растений хрустальной травы и возможность их использования в целях фиторемедиации // Физиология растений. 2005. (Т.52, № 6, С.848 – 859).
18. Breckle S.-W. Growth under Stress: Heavy Metals // Plant Roots: The Hidden Half / Eds Waisel Y., Eshel A., Kafkafi U. New York: M. Dekker, 1991. P. 351–373.
19. Frey B., Keller C., Zierold K., Schulin R. Distribution of Zn in Functionally Different Leaf Epidermal Cells of the Hyperaccumulator *Thlaspi caerulescens* // Plant Cell Environ. 2000. V. 23. P. 675–687.
20. Hu P.J., Qiu R.L., Senthilkumar P., Jang D., Chen Z.W., Tang Y.T., Liu F.J. Tolerance, Accumulation and Distribution of Zinc and Cadmium in Hyperaccumulator *Potentilla griffithii* // Environ. Exp. Bot. 2009. V. 66. P. 317–325.
21. Lasat M.M., Baker A.J.M., Kochian L.V. Altered Zn Compartmentation in the Root Symplasm and Stimulated Zn Absorption into the Leaf as Mechanisms Involved in Zn Hyperaccumulation in *Thlaspi caerulescens* // Plant Physiol. 1998. V. 118. P. 875-883
22. Marqués L., Cossegal M., Bodin S., Czernic P., Lebrun M. Heavy Metal Specificity of Cellular Tolerance in Two Hyperaccumulating Plants, *Arabidopsis halleri* and *Thlaspi caerulescens* // New Phytol. 2004. V. 164. P. 289–295.
23. Pakhomov O. Activity of trans -amination enzymes as the indicator of biological revegetation of soils *Mammalia* in transformed ecosystems" / O. Pakhomov, O. Vasilyuk, // The Abstracts NATO Advanced Research Workshop (ARW): "Environmental Security for South-East Europe and Ukraine, NATO Science Series book, Dnipropetrovsk, 2011, P.74 – 75.
24. Pearson J.N., Rengel Z. Uptake and Distribution of ⁶⁵Zn and ⁵⁴Mn in Wheat Grown at Sufficient and Deficient

- Levels of Zn and Mn. I. During Vegetative Growth // J. Exp. Bot. 1995. V. 46. P. 833-839.
25. Richau K.H., Kozhevnikova A.D., Seregin I.V., Vooijs R., Koevoets P.L.M., Smith J.A.C., Ivanov V.B., Schat H. Chelation by Histidine Inhibits the Vacuolar Sequestration of Nickel in Roots of the Hyperaccumulator, *Thlaspi caerulescens* // New Phytol. 2009. V. 183. P. 106-116.
 26. Rout G.R., Das P. Effect of Metal Toxicity on Plant Growth and Metabolism: I. Zinc // Agronomie. 2003. V. 23. P. 3-11.
 27. Sresty T.V.S., Madhava Rao K.V. Ultrastructural Alterations in Response to Zinc and Nickel Stress in the Root Cells of Pigeonpea // Environ. Exp. Bot. 1999. V. 41. P. 3-13.
 28. Vasilyuk O.M. Physiological and biochemical parameters of plants as markers of a condition of environment / Vasilyuk O.M., O.I. Dzyubak // Матеріали І міжнародної наукової конференції студентів, аспірантів та молодих учених «Фундаментальні та прикладні дослідження в біології», том II, Донецьк, 2009. - С.348-349.
 29. Vasilyuk O. The trans-amination enzyme activity in the leaves of *Sambucus Nigra* under high mineralization of small rivers of Steppe Dnieper / O. Vasilyuk, A. Kulik // The Abstracts NATO Advanced Research Workshop (ARW): "Environmental Security for South-East Europe and Ukraine", NATO Science Series book, Dnipropetrovsk, 2011, P.84 – 85.
 30. Vazquez M.D., Poschenrieder C., Barcelo J., Baker A.J.M., Hatton P., Cope G.L. Compartmentation of Zinc in Roots and Leaves of the Zinc Hyperaccumulator *Thlaspi caerulescens* J. & C. Presl. // Bot. Acta. 1994. V. 107. P. 243-250.
 31. Vogel-Mikuš K., Šimčík J., Pelicon P., Budnar M., Kump P., Nežmer M., Mesjasz-Przybyłowicz J., Przybyłowicz W.J., Regvar M. Comparison of Essential and Non-Essential Element Distribution in Leaves of the Cd/Zn Hyperaccumulator *Thlaspi praecox* as Revealed by MicroPIXE // Plant Cell Environ. 2008. V. 31. P. 1484-1496.
 32. Welch R.M., Norvell W.A. Growth and Nutrient Uptake by Barley (*Hordeum vulgare* L. cv. Herta): Studies Using an N-(2-hydroxy-ethyl)ethylenedinitrioltriacetic Acid-Buffered Nutrient Solution Technique. II. Role of Zinc in the Uptake and Root Leakage of Mineral Nutrients // Plant Physiol. 1993. V. 101. P. 627-631
 33. Wong M.H., Bradshaw A.D. A Comparison of the Toxicity of Heavy Metals, Using Root Elongation of Grass, *Lolium perenne* // New Phytol. 1982. V. 91. P.255 – 261.

ACTIVITY OF TRANSAMINATION ENZYMES AS THE INDICATOR OF ENVIRONMENTAL FORMING FUNCTION OF MAMMALIA REPRESENTATIVES IN TRANSFORMED ANTHROPOGENIC ECOSYSTEM

O. Pakhomov, O. Vasilyuk

*Oles' Gonchar Dnipropetrovsk National University,
Gagarin ave., 72, Dnipropetrovsk, 49050, Ukraine*

Environmental forming activity of Mammalia representatives has the great importance on maintain homeostasis under conditions of anthropogenic (heavy metals, herbicides, etc.) and environmental impact of edafotop [2]. The excretion function and digging activity of mammals restore naturally humus content and soil fertility, improve aeration and sward, normalizes microflora, change the chemical composition and physical edafotop qualities that's why it reduce the toxicity of anthropogenic factors and technogenic load, form protective characteristics of biogenic system. It is getting the importance of biotic definition components that are capable of reducing or neutralizing the harmful effects of pollution and optimization of technogenic transformed territories. Today, it is fairly urgent to characterize qualitatively and quantitatively forms and extent of functional impact of some representatives of zoocenosis on individual components of ecosystems, study orientation and dynamics of major biogeocenotic processes that are carried out with participation of some mammals representatives, to establish the indicators to measure the influence of biota on the status of individual ecosystem components ; such as soils, to find out sensitive and easy to use markers of environmental protection. The classes of transamination enzymes are deemed to be: Aspartate Aminotransferase and Alanine Aminotransferase, thus violation of protein metabolism and functional characteristics of plants, under the effect of exogenous factors directly related with the activity of these enzymes and soluble protein fraction.

Under conditions of uncontrolled anthropogenic pollution load increases all components of biota by heavy metals such as lead, cadmium, nickel and zinc, which in large quantities is toxic, and in micro doses - element mineral nutrition of living organisms.

Key words: Mammalia, environmental forming, transamination.

Отримано редколегією 18.08.2012

ЗБЕРЕЖЕННЯ РІДКІСНИХ ТА ЗНИКАЮЧИХ ВИДІВ ЛІКАРСЬКИХ РОСЛИН *EX SITU*

Н.І. Джуренко, О.П. Паламарчук, М.Б. Гапоненко, І.В. Коваль,
А.М. Гнатюк

Національний ботанічний сад ім. М.М. Гришка НАН України,
бул.Тімірязєвська,1 Україна, Київ, 01014, e-mail: herbamed@nbg.kiev.ua; medbotanika@ukr.net.ua

У сучасних умовах кризового екологічного стану біосфери, обумовленого надмірно інтенсивним антропогенним і техногенним навантаженнями на природні екосистеми, зростає роль ботанічних садів у збереженні біорізноманіття, оптимізації, охороні та відтворенні природних ресурсів цінних рідкісних і зникаючих, у тому числі, лікарських видів рослин. У роботі висвітлено комплексні дослідження Національного ботанічного саду імені М.М. Гришка Національної академії наук України зі збереження рідкісних та зникаючих трав'янистих видів рослин з лікарськими властивостями, що занесені до Червоної книги України.

Ключові слова: рідкісні, зникаючі види, лікарські рослини, інтродукція, збереження, охорона.

Вступ. Сучасний стан біорізноманіття в Україні є одним із важливих складових комплексів екологічних проблем і викликає глибоке занепокоєння. Надмірно інтенсивне антропогенне втручання в навколишнє середовище супроводжується ланцюгом негативних змін фітобіоти, порушенням природного відновлення видів, збідненням генетичного різноманіття рослин. Для забезпечення екологічної стабільності та сталого розвитку постає низка актуальних завдань щодо оптимізації довкілля, збереження рідкісних та зникаючих видів, в тому числі, лікарських рослин (ЛР), що має важливе теоретичне і практичне значення (Черевченко Т.М., 2001; Екологічне право України, 2005).

Ефективне вирішення зазначеної проблеми в Україні юридично забезпечується законодавчою базою: «Про охорону навколишнього природного середовища», «Про рослинний світ», «Положення про Зелену книгу України», «Про Червону книгу України (ЧКУ)» та інші. Серед рідкісних і зникаючих видів особлива увага приділяється ЛР, зокрема, тим, які внесено до спеціальних книг, міжнародних та національних червоних списків і ін. (Чопик В.І., 1978; Крічфалушій В.В., Будніков Г.Б., 2004; Дідух Я.П. та ін., 2004; Собко В.Г., 2005; Червона книга України..., 2009; Стрянець Н.С., Рябчук В.П., 2010), а також видам, які не занесені до ЧКУ, але є рідкісними або такими, що перебувають під загрозою зникнення і можуть бути внесені до «Переліку видів рослин, які підлягають особливій охороні» (Собко В.Г., 2005; Сягровець І.П., 2007; Шелегеда В.І, Шелегеда О.П., 2008; Бондаренко О., 2009; Волуца О.Д., Чорней І.І., 2009).

Відповідно до сучасних природоохоронних концепцій, реальна охорона фіторізноманіття значною мірою залежить від ефективності поєднання різноманітних форм природоохоронної ді-

яльності в кожному регіоні та в кожному конкретному випадку (Конвенція о биологическом разнообразии..., 1995; Концепція збереження..., 1998; Капустян В.В., 1999; Черевченко Т.М., 1999, 2001; Глобальная стратегия, 2004). Необхідною передумовою збереження рослин в системі державної природоохоронної діяльності є контроль відповідних органів по дотриманню норм та правил чинного законодавства за збором ЛР та їх раціональним використанням (Чопик В.І., 1970; Закон України «Про природно-заповідний фонд...», 1999; Закон України «Про рослинний світ...», 1999; Капустян В.В., 1999; Черевченко Т.М., 2001; Збереження біорізноманіття України..., 2003).

Найбільш ефективним у збереженні і відновленні фіторізноманіття є комплексний підхід, який забезпечує охорону рідкісних видів *in situ* та *ex situ*, введення раритетних видів рослин у культуру та реінтродукцію чи репатріацію. Основи охорони рослин *ex situ* викладено в Конвенції про охорону біорізноманіття (1995), які передбачають збереження фітогенфонду за межами їх природного ареалу.

У збереженні рідкісних і зникаючих видів лікарських рослин значне місце посідають інтродукційні дослідження, яким належить провідна роль в збагаченні біорізноманіття культурних і природних рослинних ресурсів та розробці прийомів культивування цих рослин (Собко В.Г., 1996; Карпун Ю.Н., 2004; Джуренко Н.І., 2006; Паламарчук О.П., 2007; Птиця В.В., 2008; Гапоненко М. Б., 2010). В проведенні означеного напрямку робіт провідну роль, окреслену Міжнародною Конвенцією по збереженню біорізноманіття (1995) і Глобальною стратегією збереження рослин (2004), відведено ботанічним садам, яким належить вагома частка у глобальній стратегії збереження природної регіональної флори в умо-

вах *ex situ* і є одним з першочергових завдань їх роботи (Капустян В.В., 1999; Черевченко Т.М., 1999, 2001; Keith J., 2002). З 2000 року Радою ботанічних садів і дендропарків України проводиться координаційна робота по визначенню за конкретними ботанічними установами видів судинних рослин ЧКУ, які зберігаються у колекціях. Формування колекційних структур є необхідною умовою загальної стратегії охорони, цілеспрямованого збереження та збагачення фіторізноманіття рідкісних і зникаючих видів і має важливе наукове, практичне, навчальне і пізнавальне значення (Збереження біорізноманіття України..., 2003; Гапоненко М.Б., 2010).

До пріоритетних напрямків діяльності Національного ботанічного саду (НБС) ім. М.М. Гришка належать дослідження по збереженню, збага-

ченню та охороні видів з лікарськими властивостями, занесених до Червоної книги України. Для цього створені та поповнюються колекції рідкісних і зникаючих ЛР, що забезпечує збагачення генофонду та є першоджерелом для різнопланових наукових досліджень.

Матеріали та методи. Проаналізовано трав'янисті рослини з лікарськими властивостями, що занесені до Червоної книги України, які експонуються в колекціях «Рідкісні рослини флори України» та «Лікарські рослини» НБС (табл.1), що належать до родин: *Orchidaceae* Juss., *Iridaceae* Juss., *Paeoniaceae* Rudolphi, *Colchicaceae* DC, *Ranunculaceae* Juss., *Liliaceae* Juss., *Solanaceae* Juss., *Crassulaceae* DC, *Papaveraceae* Juss.

Таблиця 1.

Трав'янисті рослини з лікарськими властивостями, занесені до Червоної книги України (2009), представлені в колекціях НБС ім. М.М. Гришка НАН України (ділянка «Рідкісні рослини флори України» та колекція «Лікарські рослини»)

Table 1.

Herbaceous plants with medicinal properties, listed in the Red Book of Ukraine (2009), represented in the collections of NBG. MM Grishko National Academy of Sciences of Ukraine (section "Rare plants flora of Ukraine" and a collection of "Herbs")

№	Родина	Латинська назва	Українська (російська) назва	Життєва форма	Природоохоронний статус	Фармакологічні властивості засобу	Лікарська сировина	Застосування в медицині		
								офіц.	народ.	гомеоп.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Orchidaceae	<i>Gymnadenia conopsea</i> (L.) R. Br.	Билинець довгорогий (кокушник длиннорогий)	баг.	вразливий	обволікаючий, протизапальний і загальнозміцнюючий	кореневі бульби, трава, насіння	+	-	-
2	Orchidaceae	<i>Neotinea tridentata</i> (Scop.) R.M.Bateman	Зозулинець тризубчастий (ятрышник трёхзубчатый)	баг.	зникаючий	обволікаючий, протизапальний і загальнозміцнюючий	кореневі бульби	+	+	-
3	Orchidaceae	<i>Orchis mascula</i> L.	Зозулинець чоловічий (ятрышник мужской)	баг.	вразливий	обволікаючий, протизапальний і загальнозміцнюючий	кореневі бульби	+	+	-
4	Orchidaceae	<i>Orchis militaris</i> L.	Зозулинець шоломоносний (ятрышник шлемоносный)	баг.	вразливий	обволікаючий, протизапальний і загальнозміцнюючий	кореневі бульби	+	+	-
5	Orchidaceae	<i>Orchis pallens</i> L.	Зозулинець блідий (ятрышник бледный)	баг.	зникаючий	обволікаючий, протизапальний і загальнозміцнюючий	кореневі бульби	+	+	-
6	Orchidaceae	<i>Platanthera chlorantha</i> (Cust) Rchb.	Любка зеленоквіткова (любка зеленоцветковая)	баг.	неоцінений	обволікаючий, протизапальний і загальнозміцнюючий	кореневі бульби	+	+	-
7	Orchidaceae	<i>Platanthera bifolia</i> (L.) Rich.	Любка дволиста (любка двулистная)	баг.	неоцінений	обволікаючий, протизапальний і загальнозміцнюючий	кореневі бульби	+	+	-
8	Orchidaceae	<i>Orchis purpurea</i> Huds.	Зозулинець пурпуровий (ятрышний пурпурный)	баг.	вразливий	обволікаючий, протизапальний і загальнозміцнюючий	кореневі бульби	+	+	-
9	Iridaceae	<i>Gladiolus imbricatus</i> L.	Косарики черепитчасті (шпажник черепитчатый)	баг.	вразливий	болетамувальний, високо-вітамінний, лактагенний	листки, бульбоцибулини	-	+	-

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
10	Paoniaceae	<i>Paeonia daurica Andrews</i>	Півонія кримська (пион крымский)	баг.	вразливий	болетамувальний, бактерицидний, спазмолітичний, відхаркувальний	надземна частина, бульбокорені	-	+	-
11	Paoniaceae	<i>Paeonia tenuifolia L.</i>	Півонія тонколиста (пион тонколистный)	баг.	вразливий	болетамувальний, бактерицидний, спазмолітичний, відхаркувальний	надземна частина, бульбокорені	-	+	-
12	Colchicaceae	<i>Colchicum auncyrense Burt</i>	Пізньоцвіт анкарський (безвременник анкарский)	баг.	вразливий	антибластичний	бульбоцибулини, квітки	+	+	-
13	Colchicaceae	<i>Colchicum autumnale L.</i>	Пізньоцвіт осінній (безвременник осенний)	баг.	неоцінений	антибластичний	бульбоцибулини, квітки	+	+	-
14	Liliaceae	<i>Lilium martagon L.</i>	Лілія лісова (лилия лесная)	баг.	неоцінений	болетамувальний, рано-загоювальний, сечогінний	трава, цибулини		+	+
15	Ranunculaceae	<i>Adonis vernalis L.</i>	Горицвіт весняний (адонис весенний)	баг.	неоцінений	засіб для лікування серцевих та ниркових захворювань	трава	+	+	+
16	Ranunculaceae	<i>Thalictrum foetidum L.</i>	Рутвиця смердюча (василистник вонючий)	баг.	зникаючий	проти гіпертонічний, седативний, бактерицидний, протиблювотний	листя, коріння	+	+	
17	Solanaceae	<i>Scopolia carniolica Jacq.</i>	Скополия карніолійська (скополия карниолийская)	баг.	неоцінений	спазмолітик, болетамувальний, заспокійливий	трава, кореневища	+	+	+
18	Solanaceae	<i>Atropa belladonna L.</i>	Беладонна звичайна (красавка беладонна)	баг.	вразливий	протиспазматичний, болетамувальний	листя, коріння	+	+	+
19	Alliaceae	<i>Allium ursinum L.</i>	Цибуля ведмежа (лук медвежий)	баг.	неоцінений	бактерицидний, фунгіцидний, болетамувальний, вітамінний	трава, цибулини		+	
20	Crassulaceae	<i>Rhodiola rosea L.</i>	Родіола рожева (родиола розовая)	баг.	вразливий	стимулюючий, адаптагенний	трава	+	+	+
21	Papaveraceae	<i>Glaucium flavum Crantz.</i>	Мачок жовтий (мачок жёлтый)	о., дв., баг.	вразливий	сечогінний, відхаркувальний, заспокійливий, протидіабетичний	кореневище з коренями	+	+	

Примітки: баг. – багаторічник; о. – однорічник; дв. – дворічник

Колекції формувались за рахунок залучення посівного та посадкового матеріалу з природної флори (під час експедицій в різні регіони). Частина насіння отримана за делектусами. Підбір вихідного матеріалу проводили з урахуванням кліматичних та екологічних умов їхніх природних місцезростань.

Результати досліджень. Обговорення. Інтродукційні дослідження з видами родини *Orchidaceae* показали, що вони мають високу вразливість до змін навколишнього середовища, що викликано як природними, так і антропогенними чинниками, в зв'язку з чим, в умовах України їх чисельність за останні роки катастрофічно зменшилась, а збереження без усунення негативних чинників, є малоімовірним. Основними причинами скорочення видового різноманіття Біологічні системи. Т. 4. Вип. 4. 2012

цих рослин є: збір лікарської сировини (салепу) за унікальні лікувальні властивості, руйнування біотопів у результаті господарської діяльності, зокрема вирубування лісів; зривання квіток на букети, викопування, зменшення кількості комах-запилювачів через отруєння їх пестицидами. Кореневі бульби орхідних рослин містять слиз (до 50%), крохмаль (до 27%), декстрин, пентозани, сахарозу, тощо. Сировина (салепа), яку отримують із молодих корневих бульб застосовується в народній та науковій медицині, як протизапальний та загальнозміцнюючий засіб, як сорбент при отруєнні (Лікарські рослини..., 1992, 2004; Волуца О.Д., Чорней І.І., 2009). Для збереження орхідних флори України від варварського знищення їх включено до Червоної книги України та ін. (Концепція збереження біологічного рі-

зноманіття України..., 1998; Собко В.Г., 1989; Сягровець І.П., 2007; Червона книга України, 2009; Гапоненко М.Б., 2010; Стрямець Н.С., Рябчук В.П., 2010).

Введення рослин родини *Orchidaceae* у культуру також пов'язане з великими труднощами: досить складно забезпечити оптимальний склад ґрунту, рослини позбавлені наявності специфічних комах-запилювачів, необхідних симбіотичних грибів, без яких не виживають як проростки, так і дорослі рослини. Успіх інтродукції, в першу чергу, залежить від ступеню адаптації рослин до нових екологічних умов (Чопик, 1970; Карпун Ю. Н., 2004; Дідух Я.П. та ін., 2005). Результати інтродукції зозулинців флори України показали перспективність культивування та можливість збереження цих видів в умовах *ex situ*. Дослідження інших авторів також підтверджують можливість розмноження зозулинців в умовах культури; при цьому перевагу слід надавати розмноженню насінням з використанням поживних середовищ (Собко В.Г., Гапоненко М.Б., 1996; Птиця В.В., 2008; Гапоненко М.Б., 2010).

Представники родини *Iridaceae* косарики черепитчасті (*Gladiolus imbricatus* L.) надзвичайно декоративні рослини і тому, однією з причин зменшення їхньої чисельності є зривання на букети під час цвітіння. На території України зростає 4 дикорослих види косариків і кілька культурних, представлених багатьма сортами. Застосовуються вони в народній медицині як болетамувальний, вітамінний та лактогенний засіб. (Чопик В.И., 1978; Комендар В.І. та ін., 1985; Лікарські рослини..., 1992, 2004; Стрямець Н.С., Рябчук В.П., 2009; Сикура І.И., Шиша Е.Н., 2010). Листки характеризуються високим вмістом кумаринів та аскорбінової кислоти. Розмножуються косарики черепитчасті насінням та вегетативно поділом бульбоцибулин.

Надземна частина і бульбоподібні корені представників родини *Paeoniaceae*: півонії кримської (*Paeonia daurica* Andrews) та півонії тонколистої (*Paeonia tenuifolia* L.) використовуються в народній медицині в якості бактерицидного, спазмолітичного, болетамувального та відхаркувального засобу. Усі частини рослин містять дубильні речовини. У квітках виявлено антоціани та флавоноїди (кверцетин, кемферол, ранункулатин, флавесцетин); листки містять значну кількість аскорбінової кислоти. (Лікарські рослини..., 1992, 2004; Собко В.Г., 2005 ; Птиця В.В., 2008). Півонія кримська розмножується насінням та вегетативно, а півонія тонколиста переважно насінням, зацвітають рослини лише за 4-7 років.

Види родини *Colchicaceae*: пізньоцвіт анкарський (*Colchicum ancyrense* Vurt), пізньоцвіт осінній (*Colchicum autumnale* L.) містять суму

алкалоїдів, серед яких основними є колхіцин та колхамін, які є ефективним антибластичним засобом. Крім алкалоїдів, до складу бульбоцибулин входить флавоноїд апігенін, органічні кислоти, фітостерини; насіння – ліпіди, вуглеводи, дубильні та смолисті речовини. Сировиною для використання пізньоцвітів як фітозасобів, є бульбоцибулини, насіння та квітки (Фельбаба-Клушина, Л. М., 1995; Лікарські рослини..., 1992, 2004; Крічфалушій В.В., Будніков Г.Б., 2004; Собко В.Г., 2005). Оскільки, бульбоцибулини і квіти збирають перед самим цвітінням рослин (цвітуть у вересні-жовтні), а насіння – у період його повної стиглості, у травні-липні наступного року – це дуже виснажує їхні популяції. Розмножуються пізньоцвіти насінням та вегетативно. При насінневому розмноженні рослини зацвітають через 5-7 років.

Надзвичайно декоративна лілія лісова (*Lilium martagon* L.) родини *Liliaceae*. Як лікарська рослина вона використовується в народній медицині, виявляючи сечогінні, болетамувальні та ранозагоювальні властивості. Цибулини споживають у їжу (свіжі, запечені, сухі) (Лікарські рослини..., 1992, 2004; Стрямець Н.С., Рябчук В.П., 2009; Решетюк О.В. та ін., 2010). Основною причиною зникнення цієї рослини є антропогенний фактор: рекреаційне навантаження, збирання на букети, викопування цибулин з харчовою та лікарською метою, а також внаслідок вирубування лісів, оскільки рослина потребує часткового затінення. В умовах культури лілія лісова добре розмножується насінневим та вегетативним способами.

Цибуля ведмежа (*Allium ursinum* L.) родини *Alliaceae* зростає в тінистих листяних та змішаних лісах. Ареал виду інтенсивно скорочується внаслідок декоративних, харчових та лікарських властивостей рослини. В умовах культури цвітіння спостерігається на 4-5-му році культивування. Усі частини цибулі ведмежої містять ефірну олію, особливо багато її накопичується під час цвітіння. До складу ефірної олії входять: алілсульфіди, алілполісульфіди, пінеколінова кислота, аліїн, тощо. Листки рослини містять значну кількість аскорбінової кислоти, цибулина – лізоцим. Зазвичай у свіжому вигляді використовують листки, які збирають у травні та цибулини – після дозрівання насіння. Рослина широко застосовується в народній медицині (Чопик В.И., 1978; Мінарченко В.М., Тимченко І.А., 2002; Лікарські рослини..., 1992, 2004; Решетюк О.В. та ін., 2010).

Види родини *Ranunculaceae*: рутвиця смердюча (*Thalictrum foetidum* L.), горицвіт весняний (*Adonis vernalis* L.), мають різні фармакологічні властивості. Настоянку рутвиці смердючої вико-

ристовують в офіційній медицині як засіб, що знижує артеріальний тиск при стенокардії та при порушенні кровообігу, у народній медицині – як седативний, бактерицидний, протизапальний, кровоспинний, сечогінний засіб. Препарати з трави горицвіту весняного мають седативну та діуретичну дію, показані при серцевій недостатності і як засіб при лікуванні нефрологічної патології, завдяки серцевим глікозидам, генінам, флавоноїдам та ін. БАС. Для лікарських цілей збирають надземну частину рослини під час цвітіння. Надземна частина рутвиці смердючої містить тритерпенові сапоніни (до 2,2%), алкалоїди, дубильні речовини (1,63-5,45%), флавоноїди, карденоліди, ефірну олію та органічні кислоти (Лікарські рослини..., 1992, 2004; Кобзар А.Я., 2007; Решетюк О.В та ін., 2010). В умовах культури сіянці рутвиці смердючої цвітуть на третьому році життя. Горицвіт весняний розмножується двома способами: насінням та вегетативно – поділом кущів. В умовах ботанічного саду максимальна схожість насіння відмічена на 6-7 місяць після збору (Парубок М.І., 2002). При насінневому розмноженні в перші два роки утворюються лише вегетативні пагони, починають квітнути рослини, з 3-го року після посіву. Масове цвітіння спостерігається на 4-5 році вегетації в першій половині квітня – першій (другій) декаді травня залежно від погодних умов року. Період цвітіння триває до 30 днів. Насіння дозріває майже два місяці, після спостерігається відмирання надземної частини. В цілому вегетаційний період триває протягом трьох місяців. Для вегетативного розмноження придатні рослини 5-10-річного віку. Вегетувати рослини починають при температурі ґрунту 2-3° С. Горицвіт весняний може зростати на одному місці протягом тривалого часу.

Відомий представник родини *Solanaceae* – беладонна звичайна (*Atropa belladonna* L.) в умовах Києва в безсніжні зими може вимерзати. Рослина містить тропанові алкалоїди: атропін, гіосціамін, скополамін. Збирають листки у фазі бутонізації та цвітіння рослин, а коріння – у кінці вегетації, коли накопичується максимальний вміст алкалоїдів. Препарати беладонни звичайної використовуються при функціональних розладах вегетативної нервової системи; мають проти спазматичну, болетамувальну та протиотрутну дію. Беладонна звичайна розмножується насінням, цвіте у перший рік вегетації. Як більшість видів родини *Solanaceae*, скополія карніолійська (*Scopolia carniolica* Jacq.) також містить алкалоїди тропанової структури (L-гіосціомін, скополамін, тропін, кускгігрин, псевдоатропін), що і визначає її фармакологічні властивості. Сировину (кореневище та траву) скополії карніолійської збирають

тоді ж, як і беладонну звичайну. (В.І.Комендар та ін., 1985; Мінарченко В.М., Тимченко І.А., 2002; Лікарські рослини..., 1992, 2004; Стрянець Н.С., Рябчук В.П., 2010). При забезпеченні оптимальних умов, сировинні запаси скополії відновлюються за 8-10 років. Розмноження скополії карніолійської відбувається переважно вегетативним способом (наростання та галуження кореневищ), рідше насінням.

Родіола рожева (*Rhodiola rosea* L.) родини *Crassulaceae* в Україні має вузький локалітет природного зростання – субальпійський та альпійський пояс Карпат. У первинній культурі добре розмножуються вегетативно поділом кореневища на окремі частини і стебловими живцями, а також насінневим способом; схожість насіння складає 30-60% (Комендар В.І. та ін., 1985; Кричфалушій В.В., Будніков Г.Б., 2004). Для медичних потреб використовують кореневища родіоли, які містять дубильні речовини, ефірну олію, флавоноїди (кемпферол, кверцетин, ізокверцетин, гіперозид), органічні кислоти (галола, яблучна, янтарна, лимонна, щавлева), мінеральні речовини, вітаміни С і РР. Препарати родіоли мають адаптогенні властивості і їх призначають як стимулюючий засіб при фізичній і розумовій втомі (Лікарські рослини..., 1992, 2004; Кобзар А.Я., 2007;). Антропогенний чинник є основним при катастрофічному зменшенні популяцій.

У природних умовах у прибережній смузі Чорного та Азовського морів зростає мачок жовтий (*Glaucium flavum* Crantz.) родини *Papaveraceae*. Зменшення чисельності виду залежить як від природних так і від антропогенних чинників. Сировиною є надземна частина рослини, яку збирають під час цвітіння. Трава мачку жовтого містить понад 15 алкалоїдів, похідних ізохіноліну, головний глауцин (у фазі цвітіння трава містить до 3,9% суми алкалоїдів), фенолкарбонові кислоти, флавоноїди та мінеральні солі, виявляючи спазмолітичну, відхаркувальну дію. Глауцин надає протикашельну дію і, на відміну від кодеїну, не пригніблює дихання. (Шретер Г.К., 1976; Растительные ресурсы СССР..., 1984; Ліки в оториноларингології..., 1999; Лікарські рослини..., 1992, 2004). Розмножується мачок насінням: при весняному посіві насіння необхідно стратифікувати; при підзимньому - відбувається природна стратифікація у ґрунті; проростки з'являються на початку квітня. Ефективним прийомом є обробка насіння розчином гібереліну. Насіння проростає наприкінці другого тижня при температурі понад 10° С. Цвітіння настає через три місяці після появи сходів; насіння дозріває нерівномірно через 120-125 днів. Мачок вирощують в умовах культури.

Висновки. Ботанічні сади, зокрема, Національний ботанічний сад ім. М.М. Гришка НАН України, залишаються вагомими осередками по збереженню рідкісних та зникаючих видів рослин занесених до Червоної книги України, в тому числі, лікарських.

Результати багаторічних досліджень свідчать, що більшість інтродукованих рідкісних та зникаючих видів проходять усі фази сезонного розвитку, дають схоже насіння, здатні до вегетативного розмноження. Такі дослідження необхідно розширювати, особливо, щодо розмноження лікарських рослин, для створення інтродукційних популяцій та подальшої їхньої реінтродукції та репатріації у фітоценози.

Для запобігання виснаженню ресурсного потенціалу, зокрема, рідкісних лікарських видів, необхідно запроваджувати їх вирощування на спеціальних плантаціях, де є можливість проводити заготівлю лікарської сировини для використання з лікувальною метою.

Список літератури:

1. Бондаренко О. Рідкісні та зникаючі види Одещини у гербарних колекціях ОНУ ім. І.І. Мечникова (MSUD) / О. Бондаренко, С. Коваленко, Т. Васильєва // Вісн. Київ. ун-ту, (Сер.: Інтродукція та збереження рослинного різноманіття). – К. – 2009. – Вип. 22/24. – С. 97–98.
2. Волюца О.Д. Родина Зозулинцеві у флорі Північної Бессарабії / О.Д. Волюца, І.І. Чорней // Заповідна справа в Україні. – 2009. – Т. 15, Вип. 2. – С. 26-31.
3. Гапоненко М.Б. Інтродукція рослин як метод збереження та збагачення біологічного різноманіття в ботанічних садах та дендропарках / М.Б. Гапоненко // Інтродукція рослин, збереження та збагачення біорізноманіття в ботанічних садах та дендропарках, Київ – 2010. – С. – 34–36.
4. Глобальная стратегия сохранения растений. – М.: Отдел Междун. совета ботсадов по охране растений, 2004. – 16 с.
5. Джуренко Н.І, Колекційний фонд лікарських рослин Національного ботанічного саду ім. М.М. Гришка НАН України. / Н.І. Джуренко, О.П. Паламарчук // Досягнення та проблеми інтродукції рослин в степовій зоні України. / Зб. тез доп. Міжнар. наук.-практ конф. (Нова Каховка, 18-20 жовтня 2006 р.). Херсон: Айлант, 2006. – С. 15–16.
6. Екофлора України / [Дідух Я.П., Бурда Р. І., Зиман С.М., Коротченко І.А., Федорончук М.М., Фіцайло Т.В. та ін.]; Відпов. ред. Я.П. Дідух. – К.: Фітосоціоцентр, 2004. – Т. 3 – 480 с.
7. Екологічне право України: Підручник / за ред. А.П. Гетьмана, М.В. Шульги. – К.: Право, 2005. – 380 с.
8. Закон України «Про природно-заповідний фонд (ПЗФ) України». – К.: Парлам. вид-во, 1999. – 44 с.
9. Закон України «Про рослинний світ». 1999. – С. 23–35. – (Офіційний вісник України).
10. Збереження біорізноманіття України: Друга національна доповідь / Я.І.Мовчан, Ю.Р. Шеляг-Сосонко (заг. ред.) – К.: Хімджест, 2003. – 110 с.
11. Капустян В.В. Збереження рослинного різноманіття – пріоритетна задача ботанічних садів / В.В. Капустян // Інтродукція та збереження рослинного різноманіття. – К., 1999. – С. 18–19.
12. Карпун Ю.Н. Основы интродукции растений / Ю.Н. Карпун // Сохранение и мобилизация генетических ресурсов в ботанических садах. – Сочи, 2004. – Вип. 2. – С. 17–32
13. Кобзар А.Я. Фармакогнозия в медицине: Навч. посібник. / А.Я. Кобзар – К.: Медицина, 2007. – С. 256–258.
14. Комендар В.І. Зелені перлини Карпат. / Комендар В.І., Скунець П.М., Гнатюк М.Ю. – Ужгород: Карпати, 1985. – 88 с.
15. Конвенция о биологическом разнообразии. Текст и приложения. UNEP/CBD, 1995. – 34 с.
16. Концепція збереження біологічного різноманіття України. Київ: Мін. охор. навкол. серед. та ядерн. безпеки України, 1998. – С. 1–16.
17. Крічфалушій В.В. Види судинних рослин, що потребують охорони в Українських Карпатах / Крічфалушій В.В., Будніков Г.Б. // Наук. вісник Ужгород ун-ту, Сер.Біол. – 2004, №2. – 27-44. Лікарські рослини / за ред. А.М. Гродзинського – К.: Українська радянська енциклопедія, 1992. – 543 с.
18. Ліки в оториноларингології / Кіцера О., Рудий Р., Левіцька О. – Львів.: Медична освіта, 1999. – 368 с.
19. Лекарственные растения. Самая полная энциклопедия / А.Ф. Лебеда, Н.И. Джуренко, А.П. Исайкина, В.Г. Собко – М.: Аст-Пресс, 2004. – 494 с.
20. Мінарченко В.М., Тимченко І.А. Атлас лікарських рослин України (хорологія, ресурси та охорона). – К.: Фітосоціоцентр, 2002. – 172 с.
21. Паламарчук О.П. Дослідження лікарських рослин в Національному ботанічному саду ім. М.М. Гришка / О.П.Паламарчук, Н.І. Джуренко // Фальцфейнівські читання. Зб. Наук. праць. – Херсон: П.П. Вишемирський, 2007. – С. 237–239.
22. Парубок М. І. Горлиця весняний (*Adonis vernalis* L.) в Україні (еколого-ценотичні особливості та охорона): Дис... канд. біол. наук: 03.00.05 / Національний ботанічний сад ім. М.М.Гришка НАН України. – К., 2002. –207с.
23. Птиця В.В. Біологічні основи збереження раритетних видів рослин *ex situ* на південному сході України: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. біол. наук: спец. 03.00.05 «Ботаніка» / В. В. Птиця. – Київ, 2008. – 20 с.
24. Растительные ресурсы СССР. Цветковые растения, их химический состав, использование. Семейства Magnoliaceae — Lamiaceae. — Л., 1984. – 534 с.
25. Решетюк О.В. Лікарські рослини Полісся з основами фітотерапії. / Решетюк О.В., Терлецький В.К., Філіпенко А.Б. – Луцьк: Твердиня, 2010. – 190 с.

26. Сикура И.И. Genus Iris L. (Iridaceae) – Род касатик, Ирис (Касатиковые). / Сикура И.И., Шиша Е.Н. – К.: Знання України, 2010. – 195 с.
27. Собко В.Г. Орхідеї України. – К.: Наук. думка, 1989. – 192 с.
28. Собко В.Г. Фітораритети України у Світовому Червоному списку / Володимир Гаврилович Собко –К.: Фітосоціоцентр, 2005. – 156 с.
29. Собко В.Г. Інтродукція рідкісних і зникаючих рослин флори України / В.Г.Собко, М.Б. Гапоненко – К.: Наукова думка, 1996. – 281 с.
30. Стрямець Н.С. Лікарські рослини лісових екосистем Українського Розточчя та перспективи їх використання / Стрямець Н.С., Рябчук В.П. // Наук. вісник НЛТУ України. – 2010. – Вип. 20.1. – С.84–89.
31. Сягровець І.П. Знахідки видів родини Orchidaceae у пониззі Південного Бугу / І.П. Сягровець, М.Ф. Бойко, Р.П. Мельник, І.І. Мойсієнко // Чорноморський ботанічний журнал. – 2007. – Т. 3, № 2. – С. 67–69.
32. Фельбаба-Клушина Л. М. Біоекологія *Colchicum autumnale* L. та моніторинг стану його популяції в Українських Карпатах : дис...канд. біол. наук: 03.00.01 / Фельбаба-Клушина Любов Михайлівна – Ужгород, 1995. - 249 с.
33. Червона книга України. Рослинний світ / за ред. Я.П. Дідуха – К.: Глобалконсалтинг, 2009. – 900 с.
34. Черевченко Т.М. Збереження біологічної різноманітності рослин – найважливіше завдання ботанічних садів і дендропарків України / Черевченко Т.М., Мороз П.А. // Інтродукція та збереження рослинного різноманіття. – К., 1999. – С. 6–7.
35. Черевченко Т.М. Вступне слово на відкритті Сесії Ради ботанічних садів України / Т.М. Черевченко // Вісті Біосферного заповідника “Асканія-Нова” ім. Ф.Е. Фальц-Фейна. – 2001. – Т. 3. – С. 5–7
36. Чопик В.І. Наукові основи охорони рідкісних видів флори України / В.І. Чопик // Укр. Ботан. Журн. – 1970. – Т. 27, №6. – С. 693–703.
37. Чопик В.И. Редкие и исчезающие растения Украины. Справочник. / Чопик В.И. – К.: Наук. думка, 1978. – 216 с.
38. Шелегеда В.І. Рідкісні і зникаючі рослини запорізької області. / В.І. Шелегеда, О.П. Шелегеда. – Запоріжжя: «Тандем Арт. Студія», 2008 – 96 с.
39. Шретер Г. К. Мачок желтый – новое лекарственное растение / Г. К. Шретер // Химико-фармацевт. журн., – 1976. – Т. 10, № 4. – С. 21–25.
40. Keith J. Hatton and J.W.Eaton Rescue, refuge and return; A model for the role of the Botanic Garden in conservation // An International Conference for Botanic Garden “Science for Plant Conservation”.– Dublin, 2002. – P.3.

PRESERVATION OF RARE AND ENDANGERED SPECIES OF HERBS *EX SITU*

N.I. Dzhurenco, O.P. Palamarchuk, M.B. Gaponenko, I.V. Koval, A.M. Gnatiuk

The importance of biodiversity conservation, optimization and balanced usage, protection and renewal of natural resources of valuable rare, endangered medicinal plants is increased due to crisis of ecological state of biosphere caused by excessive and increasing human development pressure on natural ecosystems. This study shows the activities of the National Botanical Garden named after N.N. Grishko as a center for the preservation of rare, endangered and the Red Book herbaceous species of plants with a variety of pharmacological characteristics.

Key words: rare, endangered species, herbs, introduction, preservation, protection.

Отримано редколегією 10.10.2012

ОСОБЛИВОСТІ ДОСЛІДЖЕННЯ ВІТАЛІТЕТНОЇ СТРУКТУРИ ЦЕНОПОПУЛЯЦІЙ *GALANTHUS NIVALIS* L.

К.В. Дорошенко

Інститут екології Карпат НАН України, e-mail: dorkat@mail.ru

Запропоновані деякі зміни до методики дослідження віталітетного складу популяцій. На прикладі ценопопуляцій *Galanthus nivalis* L. продемонстровано застосування запропонованої методики для визначення віталітетних типів ценопопуляцій та їх відповідність еколого-ценотичній стратегії виду.

Ключові слова: віталітетна структура, методика, ценопопуляція, *Galanthus nivalis* L.

Вступ. Дослідження стану популяцій рідкісних і зникаючих видів рослин є актуальним і важливим у зв'язку з необхідністю обґрунтування раціональних шляхів їх охорони. На підставі даних моніторингу роблять висновки про стан і перспективи розвитку популяцій, що є основою для вибору способів і заходів щодо забезпечення їх збереження. Важливою частиною таких досліджень є визначення віталітетного складу ценопопуляцій виду. Спочатку, на основі морфологічних показників, визначають життєвий рівень (низький, середній, високий) досліджуваних особин (Злобин, 1989, Ишбирдин, Ишмуратова, Жирова, 2005). Потім, за співвідношенням особин різного життєвого рівня (віталітетні спектри) визначають тип ценопопуляції (рівноважний, депресивний, процвітаючий), який відображає екологічні й ценотичні особливості умов її існування. Особини вищого рівня віталітету забезпечують відтворення ценопопуляції, найбільшою мірою трансформують середовище існування. Особини середнього рівня віталітету формують резерв, який здатний швидко заповнювати незайняті ділянки, які з'являються внаслідок сукцесій і порушень. Ослаблені особини низького рівня віталітету найбільше збагачені мутаціями та є найперспективнішими для мікроеволюції, а також забезпечують стійкість популяції і контроль за розмірами реалізованої екологічної ніші (Любарский, 1991, Малиновский, 1986, Жилев, 2005).

Об'єкт і методи. Досвід застосування загальноприйнятої методики віталітетного аналізу до ранньовесняних ефемероїдів (на прикладі *Galanthus nivalis* L.) показав доцільність певної її модифікації, оскільки під час виділення класів віталітету із загальноприйнятим довірчим інтервалом $M \pm tm$ (M – середнє арифметичне, t – коефіцієнт Стьюдента, m – похибка середнього арифметичного) (за Ю.А.Злобиным, 1989) до середнього рівня життєвості потрапило лише кілька особин, тому що різниця в класах знаходиться в межах $M \pm 0,6$ мм. Так, наприклад, ми отримали

вищий клас віталітету *G. nivalis* (за висотою пагона – відстань від початку піхви до початку квітки з приквітковим листком), який охоплює особини, вищі за 17,0 см, середній клас – 16,4–17,0 см включно, нижчий клас – менше 16,4 см.

Зважаючи на те, що аналогічна ситуація виникає також і під час аналізу віталітетної структури інших видів рослин, російські дослідники запропонували встановити межі середнього класу віталітету в діапазоні $M \pm 1,96 \sigma$ Ишбирдин, Ишмуратова, Жирова, 2005), що значно розширило його об'єм. Проте попередня апробація цієї методики також виявила її непридатність для дослідження ранньовесняних ефемероїдів, оскільки до середнього рівня життєвості потрапила переважна більшість особин *G. nivalis* (від 8,7 до 24,7 см). Оскільки діапазон абсолютних величин висоти пагона становив 6,5–32,8 см, вирішили обрати довірчий інтервал $M \pm \sigma$, за яким отримано такий розподіл класів віталітету: вищий – від 20,8 см, середній – 12,6–20,8 см включно, низький – менше 12,6 см. За цим розподілом здійснено аналіз віталітету в цій статті.

Дослідженнями охоплено 19 ценопопуляцій *G. nivalis*, які ростуть в екологічному ряді букових фітоценозів рівнинної частини Львівської області (Золочівський, Перемишлянський, Яворівський р-ни), від умовно первинних (наприклад, *Fagetum aegopodiosum*) до тих, які зазнають антропогенного впливу, а також похідних угруповань на їхньому місці (післялісова лука з *Dactylis glomerata* + *Carex pilosa* + *C. Sylvatica* + *Geranium sanguineum*). З кожної ценопопуляції було відібрано й проаналізовано 30 генеративних особин. Встановлено віталітетний тип ценопопуляції, обчислено коефіцієнт якості ценопопуляції Q , індекс віталітету IVC , ступінь процвітаня чи депресивності I_q . Детальна геоботанічна характеристика дослідних ділянок наведена в попередніх публікаціях (Дорошенко, 2005, 2006).

Результати та їх обговорення. Отримані морфологічні дані спочатку проаналізували за

методикою Ю.А. Злобіна (1989) – результати цього аналізу наведені в таблиці під ризикою, а потім – за пропонованою – результати над ризикою. Під час порівняння результатів, отриманих за обома методиками, бачимо, що, загалом, із 19 ценопопуляцій 11 змінили свій віталітетний тип, а саме: кількість процвітаючих збільшилася від 4 до 13, кількість депресивних зменшилася від 13 до 4, а 2 залишилися рівноважними (табл.). Рівноважні, за класичною методикою, ценопопуляції № 1 та 12 стали процвітаючими, депресивні №№ 5, 6, 7, 9, 13, 16, 17 – процвітаючими, депресивні № 10 та 19 стали рівноважними.

Рівноважна (за методикою Ю.А. Злобіна) ценопопуляція № 1, яка складалася зі значної частки особин вищого й нижчого рівнів життєвості, за пропонованою методикою, належить до типу процвітаючої. Це відбулося за рахунок переміщення особин класу С та приблизно половини особин класу А до середнього класу В. Отриманий розподіл класів і процвітаючий віталітетний тип краще відображають реальний стан ценопопуляції, оскільки в такому динамічному угрупованні, де деревний ярус не досягає значної світлової повноти (близько 0,6), формуються сприятливі умови для розвитку фітомаси. Подібну ситуацію в результаті переоцінки особин спостерігали й в ценопопуляції №12.

Прямо протилежні зміни відбулися у ценопопуляціях №№ 5, 6, 7, які з категорії депресивних перейшли до категорії процвітаючих. Отриманий розподіл за класами віталітету краще відображає еколого-фітоценотичні преференції виду, тому що *G. nivalis* має захисно-стресову онтогенетичну стратегію в розумінні А.Р. Ішбірдіна, М.М. Ішмуратової та Т.В. Жирової (Ішбірдин, Ішмуратова, Жирова, 2005). Він добре почуватися як в екотонних умовах (№5), так і за відновлення попередніх екологічних умов, як це видно на старому зрубі у *Corylosum (avellanae) convallariosum* (№7), тому, біологічними властивостями виду у цих умовах зумовлений процвітаючий віталітетний тип ценопопуляції, а не депресивний. Депресивна (за методикою Ю.А. Злобіна) ценопопуляція №5, яка на 90% складалася з особин нижчого рівня життєвості, перейшла до категорії процвітаючих за рахунок того, що в класі середнього рівня життєвості опинилося 83% особин, особини класу А виявилися відсутніми, а до класу С потрапило 16% особин. Подібну тенденцію спостерігали і в ценопопуляціях №№ 7, 9, 17.

Для депресивної (за методикою Ю.А. Злобіна) ценопопуляції *G. nivalis* №6 була характерна низька частка особин середнього рівня життєвості та велика – особин класів А та С (0,56 та 0,4, відповідно). За пропонованою методикою, вона пе-

рейшла до типу процвітаючих, оскільки велика кількість особин потрапила до групи середнього рівня життєвості – 0,83, тоді як частки класів А та С зменшилися. Подібну тенденцію спостерігали і в ценопопуляціях №13 та 16.

Депресивні (за методикою Ю.А. Злобіна) ценопопуляції №10 та 19 перейшли до категорії рівноважних за рахунок перерозподілу значної частини особин нижчого рівня життєвості до групи особин середнього рівня, хоча приблизно 1/3 особин залишилися в класі С. У складі цих ценопопуляцій також виявилися відсутніми особини класу А.

Незважаючи на те, що *Carex pilosa* негативно впливає на ранньовесняні ефемероїди, що відображається на щільності та деяких інших параметрах популяцій *G. nivalis* (Дорошенко, 2006), на індивідуальному рівні цей вплив не сильно виражений. Це проявляється в тому, що у складі ценопопуляції №10 є 70% особин середнього рівня життєвості (за методикою Ю.А. Злобіна навіть навіть особини вищого рівня). Більш чутливими особини *G. nivalis* є до антропогенного навантаження, що відображається за результатами застосування обох методик, оскільки в цих умовах ценопопуляції №№ 11, 14, 15 залишаються депресивними.

Ценопопуляції №№ 2, 3, 8, 18 не змінили свого віталітетного типу, а залишилися процвітаючими, а ценопопуляції №№ 4, 11, 14, 15 – депресивними. Так, якщо ценопопуляція №2 за загальноприйнятою методикою складалася, переважно, з особин вищого рівня життєвості та деякої кількості особин класів В і С, то, за пропонованою методикою, вона виявилася сформованою, переважно, особинами середнього рівня життєвості, обсяг класу А зменшився втричі, тоді як особини класу С взагалі виявилися відсутніми. Подібну тенденцію спостерігаємо й в ценопопуляції №3. Ценопопуляція №8, за методикою Ю.А. Злобіна, була сформована лише особинами вищого рівня життєвості, а за пропонованою – певна частина особин перемістилася до групи середнього рівня. У ценопопуляції №18 відбулося переміщення особин нижчого до середнього рівня життєвості.

Депресивна ценопопуляція №4, за стандартною методикою оцінки, була сформована, переважно, особинами нижчого рівня життєвості, а за пропонованою методикою – утворена особинами класів В та С у, приблизно, рівному співвідношенні, тоді як особини класу вищого рівня життєвості виявилися відсутніми.

У ценопопуляції №11, за пропонованою методикою, з'явилися особини А та В класів, хоча, в більшості, вона залишилася сформованою особинами нижчого рівня життєвості. Подібне явище спостерігали в ценопопуляціях №14 та 15.

Якщо провести аналіз результатів, отриманих лише за запропонованою методикою (за обчисленням середнього класу віталітету в межах $M \pm \sigma$), то виявлено 2 рівноважні, 4 депресивні та 13 процвітаючих ценопопуляцій *G. nivalis*. Особливостями процвітаючих ценопопуляцій №№ 5, 7, 9, 17 є відсутність особин вищого рівня життєвості й переважання особин середнього рівня. Крім того, серед процвітаючих є ценопопуляції з повною відсутністю особин нижчого рівня життєвості – №№ 1, 2, 3, 8, що зменшує діапазон можливостей їх пристосування до змін середовища, на відміну від ценопопуляцій з усіма кла-

сами віталітету – №№ 6, 12, 13, 16, які, очевидно, є стійкішими та пристосованішими до змін екологічних умов (Жиляєв, 2005). Процвітаюча ценопопуляція №18 сформована, переважно, особинами вищого рівня життєвості. У рівноважних ценопопуляціях №10 та 19 відсутні особини вищого рівня життєвості. Для них характерна значна кількість особин середнього рівня. Серед депресивних ценопопуляцій лише у складі №11 виявлені окремі особини вищого рівня життєвості, на відміну від інших депресивних ценопопуляцій (№№ 4, 14, 15), та значне переважання особин нижчого рівня.

Таблиця
Показники віталітетної структури ценопопуляцій *Galanthus nivalis* L., отримані за двома методами (цифри над рискою – за запропонованою методикою, під рискою – за Ю.А. Злобіним (1989))

№	Місцезнаходження	Місцевиростання	Клас віталітету			Q	I _q	СТ
			A	B	C			
1	г. Лиса	Fagetum coryloso-aegopodiosum	<u>0,26</u>	<u>0,74</u>	<u>0</u>	<u>0,5</u>	-	П
			<u>0,66</u>	<u>0,03</u>	<u>0,3</u>	<u>0,34</u>		Р
		Acereto-Fraxineto-Fagetum aegopodiosum	<u>0,23</u>	<u>0,77</u>	<u>0</u>	<u>0,5</u>	-	П
			<u>0,76</u>	<u>0,16</u>	<u>0,06</u>	<u>0,46</u>		П
		Fagetum aegopodiosum	<u>0,33</u>	<u>0,67</u>	<u>0</u>	<u>0,5</u>	-	П
			<u>0,83</u>	<u>0,1</u>	<u>0,06</u>	<u>0,46</u>		П
		Sambucetum (nigrae) hederosum (зруб 1999 р. на місці бучини плющевої)	<u>0</u>	<u>0,53</u>	<u>0,47</u>	<u>0,26</u>	0,6	Д
<u>0,06</u>	<u>0,16</u>		<u>0,76</u>	<u>0,11</u>		Д		
розріджені чагарники (Corylus avellana та Sambucus nigra)	<u>0</u>	<u>0,83</u>	<u>0,16</u>	<u>0,41</u>	2,6	П		
	<u>0,06</u>	<u>0,03</u>	<u>0,9</u>	<u>0,05</u>		Д		
Fagetum mercurialidosum	<u>0,13</u>	<u>0,83</u>	<u>0,04</u>	<u>0,48</u>	12	П		
	<u>0,56</u>	<u>0,03</u>	<u>0,4</u>	<u>0,29</u>		Д		
Corylosum (avellanae) convallariosum (зруб 1980 р. на місці Fagetum aegopodiosum)	<u>0</u>	<u>0,74</u>	<u>0,26</u>	<u>0,37</u>	1,4	П		
	<u>0,06</u>	<u>0,1</u>	<u>0,83</u>	<u>0,08</u>		Д		
8	ок.с. Лагодів	Fagetum hederosum	<u>0,84</u>	<u>0,16</u>	<u>0</u>	<u>0,5</u>	-	П
			<u>1</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0,5</u>		П
		Carpinetum hederosum	<u>0</u>	<u>0,94</u>	<u>0,06</u>	<u>0,47</u>	7,8	П
			<u>0,2</u>	<u>0,1</u>	<u>0,7</u>	<u>0,15</u>		Д
		Fagetum caricosum (pilosae)	<u>0</u>	<u>0,7</u>	<u>0,3</u>	<u>0,35</u>	1,2	Р
			<u>0,1</u>	<u>0,03</u>	<u>0,86</u>	<u>0,06</u>		Д
		Fageto-Tilietum (cordatae) aegopodiosum	<u>0,04</u>	<u>0,23</u>	<u>0,73</u>	<u>0,13</u>	0,2	Д
			<u>0</u>	<u>0</u>	<u>1</u>	<u>-</u>		Д
		Fageto-Pinetum asarosum	<u>0,13</u>	<u>0,81</u>	<u>0,06</u>	<u>0,47</u>	7,8	П
			<u>0,46</u>	<u>0,2</u>	<u>0,33</u>	<u>0,33</u>		Р
		розріджені чагарники вздовж дороги	<u>0,2</u>	<u>0,7</u>	<u>0,1</u>	<u>0,45</u>	4,5	П
			<u>0,36</u>	<u>0,13</u>	<u>0,5</u>	<u>0,25</u>		Д
		<i>Dactylis glomerata</i> + <i>Carex pilosa</i> + <i>C. sylvatica</i> + <i>Geranium sanguineum</i>	<u>0</u>	<u>0,53</u>	<u>0,47</u>	<u>0,26</u>	0,6	Д
			<u>0,06</u>	<u>0,03</u>	<u>0,9</u>	<u>0,05</u>		Д
		Fageto-Carpinetum aegopodiosum	<u>0</u>	<u>0,6</u>	<u>0,4</u>	<u>0,3</u>	0,7	Д
<u>0,1</u>	<u>0,03</u>		<u>0,86</u>	<u>0,06</u>		Д		
Carpinetum-Fagetum galeobdolosum	<u>0,06</u>	<u>0,83</u>	<u>0,1</u>	<u>0,44</u>	4,5	П		
	<u>0,23</u>	<u>0,1</u>	<u>0,66</u>	<u>0,16</u>		Д		
Fageto-Carpinetum galeobdolosum	<u>0</u>	<u>0,84</u>	<u>0,16</u>	<u>0,42</u>	2,6	П		
	<u>0,13</u>	<u>0,03</u>	<u>0,83</u>	<u>0,08</u>		Д		
Fageto-Pinetum fruticosum	<u>0,94</u>	<u>0,06</u>	<u>0</u>	<u>0,5</u>	-	П		
	<u>0,97</u>	<u>0</u>	<u>0,03</u>	<u>0,48</u>		П		
Fagetum nudum	<u>0</u>	<u>0,67</u>	<u>0,33</u>	<u>0,33</u>	1	Р		
	<u>0,03</u>	<u>0,1</u>	<u>0,86</u>	<u>0,06</u>		Д		

Примітка: А – вищий, В – середній, С – нижчий клас віталітету; Q – коефіцієнт якості ценопопуляції ($Q=1/2 (A+B)$); IVC – індекс віталітету; I_q – ступінь процвітання чи депресивності ($I_q=(A+B)/2C$); СТ – структурні типи ценопопуляції: П – процвітаюча, Р – рівноважна, Д – депресивна; R² – коефіцієнт детермінації.

На території ботанічної пам'ятки природи «Лиса гора та Гора Сипуха» (Львівська область, Золочівський район) виявлено 6 процвітаючих та 1 депресивна ценопопуляції (рис. 1). Особливістю цієї групи ценопопуляцій є те, що лише одна

з них має у своєму складі особини всіх рівнів життєвості, у половини решти ценопопуляцій (№№ 1, 2, 3) відсутні особини нижчого рівня життєвості, в другій половині – (№№ 4, 5, 7) відсутні особини вищого рівня. Віталітетні спектри

ценопопуляцій №№ 1, 2, 3, 6 подібні між собою, оскільки у них переважають особини середнього рівня життєвості, а особини низького рівня взагалі відсутні (крім №6). Ценопопуляціям №№ 4, 5, 7 з угруповань, які зазнають антропогенного впливу, притаманна відсутність особин вищого рівня життєвості. Проте екологічні умови екотону (ценопопуляція №5) сприятливіші, ніж відно-

сно молодого зрубу (ценопопуляція №4), бо тут частка особин середнього рівня значно перевищує частку нижчого. На зрубі 1999 р. (ценопопуляція №4) кількість особин середнього й нижчого рівнів життєвості подібні, що свідчить про стресово-захисну онтогенетичну стратегію виду (Ишбирдин, Ишмуратова, Жирова, 2005).

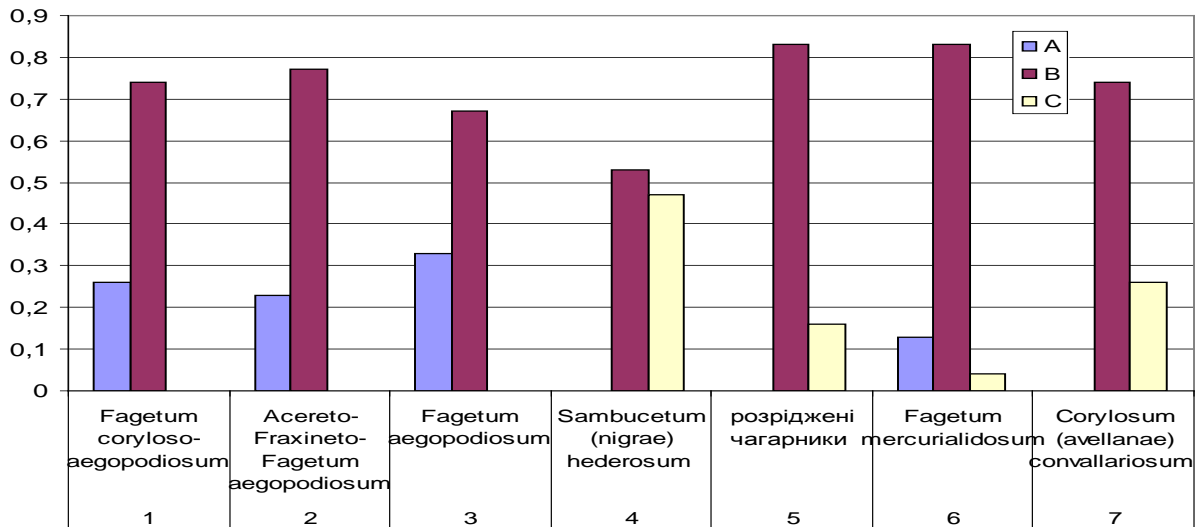


Рис. 1. Віталітетні спектри ценопопуляцій *Galanthus nivalis* L. (№1-7) з території пам'ятки природи «Лиса гора та гора Сипуха» (Львівська обл., Золочівський р-н)

Fig. 1. Vitality spectra of coenopopulations *Galanthus nivalis* L. (№ 1-7) from the territory of nature "Bald Mountain and Mount screech-owl" (Lviv region., Zolochivsky district)

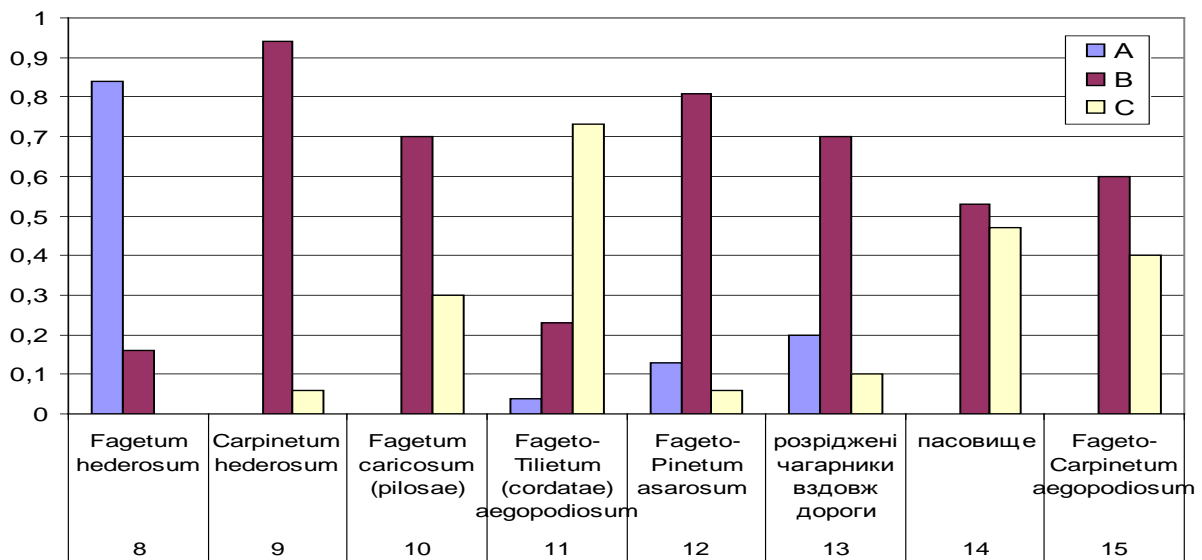


Рис. 2. Віталітетні спектри ценопопуляцій *Galanthus nivalis* L. (№8-15) з околиць с. Лагодів (Львівська обл., Перемишлянський р-н)

Fig. 2. Vitality spectra of coenopopulations *Galanthus nivalis* L. (№ 8-15) from the outskirts of the village Mends (Lviv region, Peremyshlyan district)

В околицях с. Лагодів (Львівська область, Перемишлянський район) виявлено ценопопуляції *G. nivalis* усіх віталітетних типів: 4 процвітаючі, 3 депресивні та 1 рівноважну. З 8 досліджених тут ценопопуляцій лише 3 (№№ 11, 12, 13), незалежно від віталітетного типу, мають особини

всіх рівнів життєвості, у більшості інших наявні особини лише двох класів віталітету – середнього та низького. Вирізняється з-поміж інших ценопопуляція № 8 з *Fagetum hederosum*, у складі якої відсутні особини нижчого рівня віталітету (рис. 2).

Як і в ценопопуляції на Лисій горі, спостерігаємо, що в екотонних умовах розріджених чагарників уздовж узбіччя дороги (ценопопуляція № 13) – віталітетний тип з депресивного стає

процвітаючим, за пропонованою методикою, що узгоджується з онтогенетичною стратегією виду. Інших різких переходів від одного до іншого типу в цих умовах не виявили.

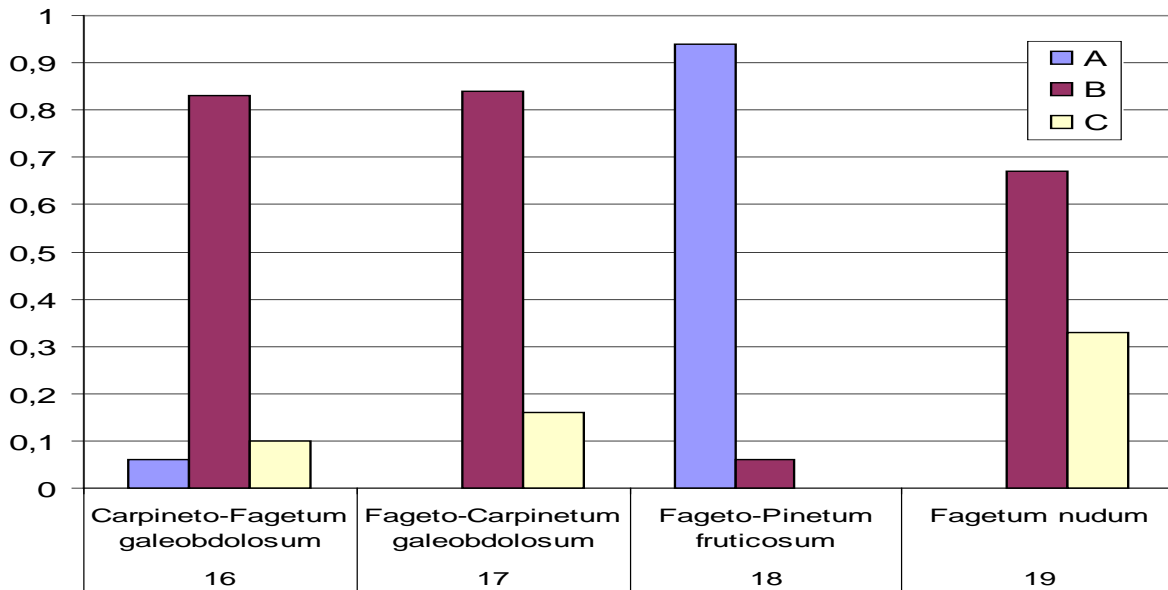


Рис. 3. Віталітетні спектри ценопопуляцій *Galanthus nivalis* L. (№16-18) з Яворівського НПП (Львівська обл., Яворівський р-н)

Fig. 3. Vitality spectra of coenopopulations *Galanthus nivalis* L. (№ 16-18) with Jaworowski NNP (Lviv region., Jaworowski district)

На території Яворівського НПП (Львівська область, Яворівський район) виявлено 3 процвітаючі та 1 рівноважна ценопопуляції *G. nivalis*, лише в одній присутні особини всіх класів віталітету. У ценопопуляції №18 відсутні особини нижчого рівня, у №17 та 19 – вищого.

ростуть у заповідних умовах у букових угрупованнях з домінуванням у трав'яному покриві *Aegopodium podagraria* та *Hedera helix* (рис. 4). Найменше значення показника (0,13) виявлено в депресивній ценопопуляції №11 з антропогенно трансформованого угруповання Fagetum-Tilietum (cordatae) aegopodiosum. Середні значення коефіцієнту мали ценопопуляції №№ 4, 14, 15.

Коефіцієнт якості (Q) мав найбільші значення для процвітаючих ценопопуляцій *G. nivalis*, які

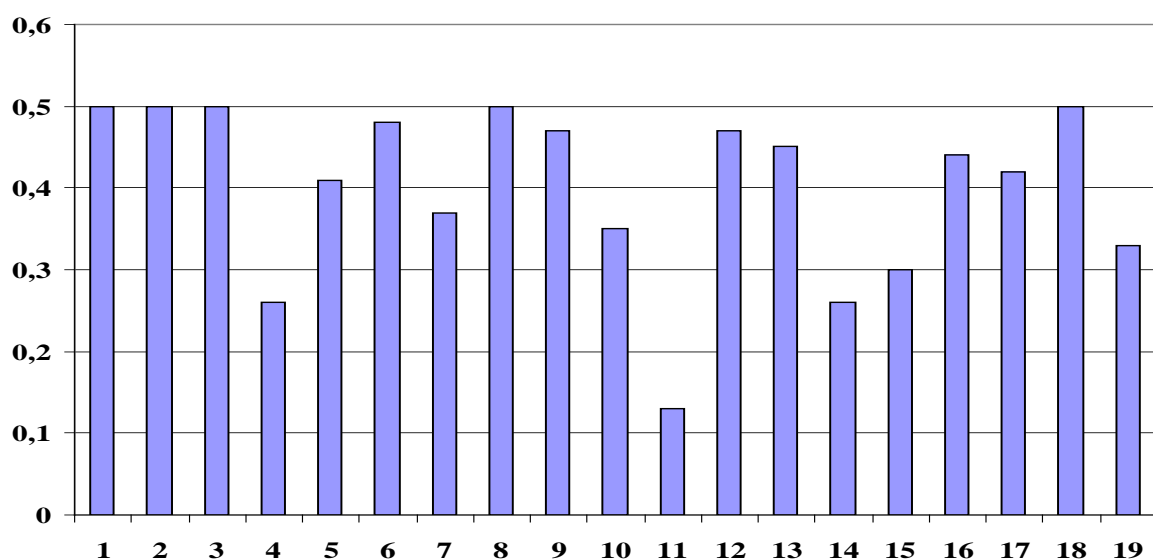


Рис. 4. Зміни коефіцієнту якості (Q) ценопопуляцій (№1-19) *Galanthus nivalis* L. в різних еколого-ценотичних умовах (Львівська область)

Fig. 4. The changes of the quality factor (Q) of coenopopulation (№ 1-19) *Galanthus nivalis* L. in different environmental-ecological conditions (Lviv region)

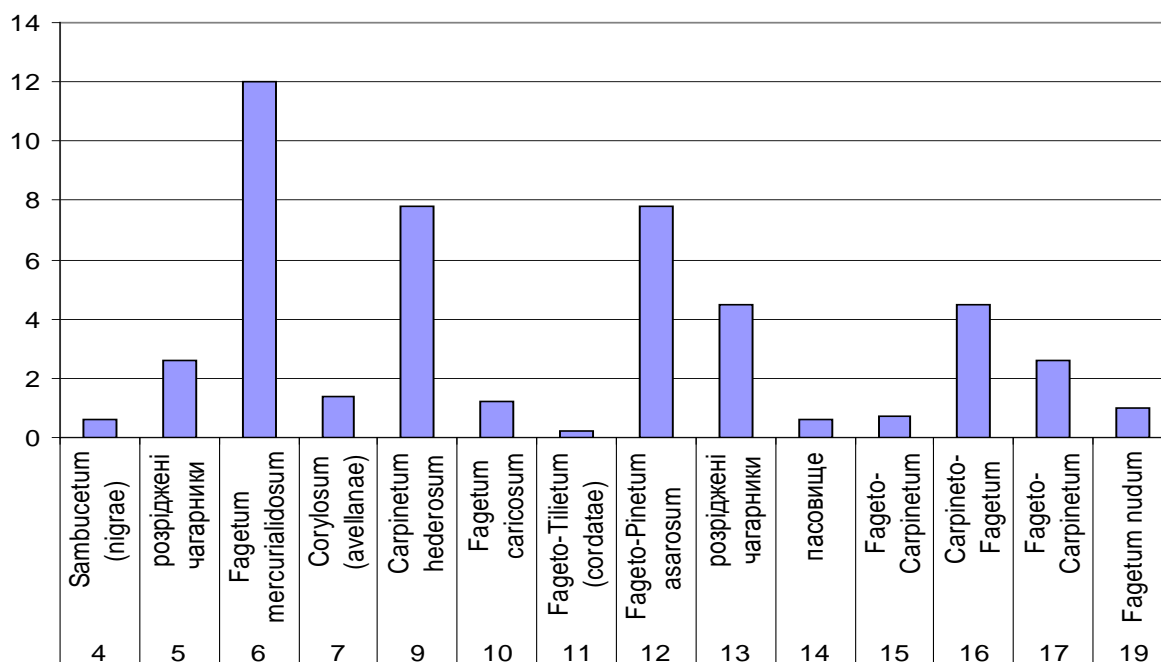


Рис. 5. Зміни ступеня процвітання чи депресивності ценопопуляції (I_q) *Galanthus nivalis* L.

Fig. 5. The changes the degree of prosperity or depression coenopopulations (I_q) *Galanthus nivalis* L.

Щодо ступеня процвітання чи депресивності (I_q), то його неможливо порахувати для тих процвітаючих ценопопуляцій, у складі яких відсутні особини нижчого рівня віталітету (№№ 1, 2, 3, 8, 18), тому їх нема на рисунку 5. Серед депресивних ценопопуляцій найбільше значення цього показника є в ценопопуляції №15 з Fageto-Carpinetum aegopodiosum, найменше – у №11 з Fageto-Tilietum (cordatae) aegopodiosum. Рівноважним ценопопуляціям №10 та 19 характерне значення цього показника близьке до 1. Серед процвітаючих ценопопуляцій найбільше значення (12) є в ценопопуляції №6 з Fagetum mercurialidosum, найменше – у ценопопуляції №7 з Corylosum (avellanae) convallariosum.

Висновки. Розширення діапазону середнього класу віталітету, який впливає на всі показники віталітетної структури, у межах $M \pm \sigma$ дозволило чутливіше простежити реакцію конкретних ценопопуляцій на зміни еколого-ценотичних умов, як це було показано у вищенаведених прикладах.

Список літератури:

1. Дорошенко К.В. Індикаційне значення деяких популяційних параметрів ефемероїдів (на прикладі *Galanthus nivalis* L.) для оцінки стану фітоценозів // Вісник Львів. ун-ту. Сер. біол. – Вип. 39. – 2005.

THE FEATURES OF VITALITY STRUCTURE INVESTIGATION OF GALANTHUS NIVALIS L. CENOPOPULATIONS

K.V. Doroshenko

Certain modifications in the methodology of population's vitality research are proposed. In the example of *Galanthus nivalis* L. coenopopulations demonstrated the application of the proposed methodology for determining the vitality coenopopulations types and its compliance with life strategy of this species.

Keywords: vitality structure, methodology, populations, *Galanthus nivalis* L.

- С. 83–95.
2. Дорошенко К.В. Зміна параметрів ценопопуляцій *Galanthus nivalis* L. в різних еколого-ценотичних умовах (Львівська область, Україна) // Чорноморський ботанічний журнал. – 2006. – Т. 2, №1. – С. 36–49.
3. Жилияев Г.Г. Жизнеспособность популяций. – Л., 2005. – 303 с.
4. Злобин Ю.А. Принципы и методы изучения ценологических популяций растений. – Казань: КЗУ, 1989. – 146 с.
5. Ишбирдин А.Р., Ишмуратова М.М., Жирова Т.В. Стратегия жизни ценопопуляций *Cephalanthera rubra* (L.) Rich. на территории Башкирского государственного заповедника // Вестник Нижегородского ун-та им. Н.И. Лобачевского. Серия Биология. – Вып. 1 (9). Мат-лы VIII Всерос. попул. семинара «Популяции в пространстве и времени». – Н. Новгород: Изд-во ННГУ, 2005. – С. 85–98.
6. Любарский Е.Л. Механизмы воздействия экологических факторов на популяции растений // Популяции растений: принципы организации и проблемы охраны природы: мат. всесоюз. конф. – Йошкар-Ола, 1991. – С. 10–11.
7. Малиновський К.А. Популяційна біологія рослин: її цілі, завдання і методи // Український ботанічний журнал. – 1986. – Т. 43, №4. – С. 5–12.

СТАН ПОПУЛЯЦІЇ *GOODYERA REPENS* (L.) R.Br. У ШУРДИНСЬКОМУ СЕРЕДНЬОГІР'І (БУКОВИНА)

С. Г. Літвіненко, О.І. Турлай

Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича,
вул. Коцюбинського, 2, Чернівці, 58012, Україна

Повідомляється про стан популяції *Goodyera repens* (L.) R.Br., виявленої на г. Лісничка (Буковина, Шурдинське середньогір'я, Чемернарське лісництво, кв. 34, виділ 11), яка представлена двома ценопопуляціями, приуроченими до асоціацій *Abieto (albae) – Piceetum (abietis) pilosello (cymosum)* та *Abieto (albae) – Piceetum (abietis) equisetoso (silvaticum)*.

В асоціації *Abieto (albae) – Piceetum (abietis) pilosello (cymosum)* зімкнутість крон деревного ярусу складає 0,6; проективне покриття травостою – 30 %. У трав'яному ярусі виявлено 37 видів вищих судинних рослин. У зв'язку із проведеною суцільною рубкою на прилеглих ділянках відбувається проникнення трав'янистих рослин із лучних угруповань на вершині г. Лісничка. Ценопопуляція 1 гудієри представлена 40 локусами, середня площа яких становить 0,25 м² і варіює від 0,02 до 1,60 м².

У асоціації *Abieto (albae) – Piceetum (abietis) equisetoso (silvaticum)* зімкнутість крон деревостану становить 0,5. Проективне покриття трав'яного покриву – 80-85 %, у трав'яному ярусі виявлено 27 видів вищих судинних рослин. У ценопопуляції 2 *Goodyera repens* нараховано 22 локуси, середня площа яких – 0,49 м²; найменша – 0,03 м², максимальна – 2,12 м².

Онтогенетичний спектр досліджуваної популяції повночленний, лівосторонній; домінують іматурні особини (43-44 %).

Популяція *Goodyera repens* на г. Лісничка знаходиться під загрозою зникнення у зв'язку із суцільними рубками, що проводяться на прилеглих територіях. Для збереження популяції *Goodyera repens* необхідно надати природоохоронного статусу території, де вона виявлена.

Ключові слова: популяція, асоціація, онтогенетичний спектр, *Goodyera repens* (L.) R.Br., Буковина.

Вступ. *Goodyera repens* (L.) R.Br. – одна з небагатьох зимовозелених орхідей помірного поясу. Гудієра повзуча має досить своєрідний онтогенез та сезонний ритм розвитку. Її насіння складається з насінної оболонки та недиференційованого зародка. Для проростання насіння і розвитку сходів гудієри необхідний симбіоз із грибами *Ceratobasidium cornigerum* та *Rhizoctonia goodyera-repentis* (Вахрамеева, Денисова, 1975; Мельник, 1991).

Вид характеризується широким голарктичним диз'юнктивним ареалом, і у своєму поширенні пов'язаний з лісовими формаціями темнохвойної тайги. Природний ареал виду – Євразія та Північна Америка. На території України трапляється у Карпатах, Розточчі, Поліссі, Поділлі та Гірському Криму (Мельник, 1991; Перегрим и др., 2010; Червона книга..., 2009; Чорней та ін., 1999); на території Чернівецької області – зрідка у гірській частині (Путильському та Вижницькому районах), а також у передгір'ї Карпат (Сторожинецькому районі). Зростає у вікових смерекових лісах. При сильному затіненні може перейти до підземного способу життя та сапрофітного живлення. Вразливий вид на території України та Буковини, представлений дуже малочисельними та локальними популяціями (Чорней та ін., 1999).

Однією з основних причин зникнення є зміна світлового режиму і, як наслідок, умов зволоження, що відбувається у результаті проведення суцільних рубок лісів або їх природного зрідження.

Досліджувана популяція *Goodyera repens* знаходиться на території Чемернарського лісництва (кв. 34, виділ 11) у верхній частині північного схилу г. Лісничка. Перші згадки про неї наводяться З.Н. Гороховою 16.08.1955 р. (СНЕР). Нині популяції загрожує зникнення через можливе проведення суцільної рубки, оскільки вік деревостану перевищує 80 років. Детального вивчення гудієри повзучої на даній території донині не проводилось. Ця робота присвячена аналізу вікової структури популяції та її ценотичної приуроченості з метою розробки практичних рекомендацій щодо її збереження.

Матеріали та методи. Матеріалом для дослідження є популяція гудієри повзучої, локалізованої на північному схилі г. Лісничка.

Геоботанічні описи проводили за загальприйнятими методами. Назви вищих судинних рослин наводяться згідно зведення S.L.Mosyakin, M.M. Fedoronchuk (Mosyakin, 1999). Видові назви мохів подано згідно М.Ф. Бойка (Бойко, 2008). Вікові стани ценопопуляцій гудієри повзучої ви-

значали згідно рекомендацій В.І.Мельника (Мельник, 1991), який виділяє чотири періоди у онтогенезі даного виду:

j – ювенільні особини, мають по 1-2 недорозвинуті листки; тривалість періоду – до 5 років;

i – імагурні особини, що мають ортотропний пагін із 3-5 листками; тривалість періоду – до 6 років;

v – віргінільні особини, із розеткою з 5-8 добре розвинених листків; тривалість періоду – до 7 і більше років;

g – генеративні особини, мають розетку із 5-8 добре розвинених листків; генеративний пагін із 3-5 стебловими листками; тривалість періоду – до 20 років.

Вікову структуру популяції визначали у локусах (куртинках) згідно рекомендацій М.Г. Вахрамєєвої та ін. (Вахрамєєва и др., 2011).

Результати та їх обговорення. Досліджувана популяція займає площу більше 200 м². Вона приурочена до двох асоціацій: *Abieto (albae) – Piceetum (abietis) pilosello (cymosum)* та *Abieto (albae) – Piceetum (abietis) equisetoso (silvaticum)*. В угрупованні *Abieto (albae) – Piceetum (abietis) pilosello (cymosum)* зімкнутість крон деревного ярусу складає 0,6; наявний різновіковий самосів ялини та ялиці. Підлісок сформований поодинокими екземплярами *Rubus caesius* L., *Sorbus aucuparia* L., *Lonicera nigra* L. Проективне покриття травостою складає 30 %. Всього у складі трав'яного ярусу виявлено 37 видів вищих судинних рослин. Домінує *Pilosella cymosa* (L.) F.Schultz & Sch.Bip (5-10 %). Крім того, трапляються *Poa nemoralis* L., *Athyrium filix-femina* (L.) Roth, *Dryopteris filix-mas* (L.) Schott, *Luzula luzuloides* (Lam.) Dandy & Wilmott, *Lamium galeobdolon* (L.) L., *E. sylvaticum* L., *Senecio ovatus* (P.Gaertn., B.Mey. & Scherb.) Willd, *Mycelis muralis* (L.) Dumort., *Oxalis acetosella* L., *Monotropa hypopitys* L., *Fragaria vesca* L., *Maianthemum bifolium* (L.) F.W.Schmidt, *Sanicula europaea* L., *Carex sylvatica* Huds., *Moneses uniflora* (L.) A.Gray, *Pyrola rotundifolia* L., *Veronica officinalis* L., *Vaccinium myrtillus* L., *Hordelymus europaeus* (L.) Jessen ex C.O. Harz, *Salvia glutinosa* L.. Серед них є види, занесені до “Червоної книги України” – *Platanthera bifolia* (L.) Rich., *Neottia nidus-avis* L., *Epipactis helleborine* (L.) Crantz. Проективне покриття мохового покриву становить 30 %; у його складі – *Thuidium tamariscinum* (Hedw.) Schimp., *Plagiomnium affine* (Blandow ex Funck) T.Kop., *Eurhynchium angustirete* (Broth.) T.Kop., *Pylaisia polyantha* (Hedw.) Schimp., *Dicranum scoparium* Hedw., *Isoetes macrospora* (Lam.) Dur.

Plagiochila porelloides (Torr. ex Nees) Lindenb., *Polytrichum commune* Hedw., *Bazzania trilobata* (L.) Gray, *Hypnum cupressiforme* Hedw. Крім того, спостерігається проникнення до складу угруповання лучних видів, зокрема *Leucanthemum vulgare* Lam., *Trifolium repens* L., *Phyteuma spicatum* L., *Astrantia major* L., *Phleum pratense* L., *Cirsium waldsteinii* Rouy, *Prunella vulgaris* L., *Campanula patula* L., *Alchemilla acutiloba* Opiz, *Lotus arvensis* Pers., *Festuca ovina* L., *Ranunculus lanuginosus* L.

В асоціації *Abieto (albae) – Piceetum (abietis) equisetoso (silvaticum)* зімкнутість крон деревостану – 0,5. Наявний різновіковий підріст *Picea abies* (L.) H.Karst., *Abies alba* Mill. та *Fagus sylvatica* L. Підлісок сформований поодинокими *Rubus caesius* L., *Sorbus aucuparia* L., *Lonicera nigra* L., *Daphne mezereum* L. Проективне покриття трав'яного покриву – 80-85 %, у якому домінує *Equisetum sylvaticum* L. (20 %). Також у травостої виявлені *Oxalis acetosella* L., *Pilosella cymosa* (L.) F.Schultz & Sch. Bip, *Veronica officinalis* L., *Maianthemum bifolium* (L.) F.W.Schmidt, *Orthilia secunda* (L.) House, *Vaccinium myrtillus* L., *Equisetum sylvaticum* L., *Gymnocarpium dryopteris* (L.) Newman, *Polygonatum verticillatum* (L.) All., *Senecio ovatus* (P.Gaertn., B.Mey. & Scherb.) Willd, *Moneses uniflora* (L.) A.Gray, *Geranium robertianum* L., *Salvia glutinosa* L., *Athyrium filix-femina* (L.) Roth, *Platanthera bifolia* (L.) Rich., *Fragaria vesca* L., *Veronica officinalis*, *Galeobdolon luteum*, *Dryopteris filix-mas*, *Polypodium vulgare*, *Moneses uniflora* – всього 27 видів. Проективне покриття мохового покриву – 60 %. Домінує *Thuidium tamariscinum* (Hedw.) Schimp. Крім нього, виявлені *Hypnum cupressiforme* Hedw., *Dicranum scoparium* Hedw., *Pleurozium schreberi* (Willd. ex Brid.) Mitt., *Plagiomnium undulatum* (Hedw.) T. Kop., *Bazzania trilobata* (L.) Gray, *Pylaisia polyantha* (Hedw.) Schimp. Умови зволоження у цьому угрупованні значно кращі за рахунок ґрунтових вод та заболочення.

Відомо, що популяція гудієри повзучої представлена, як правило, невеликою кількістю особин насінневого походження та численними різновіковими особинами (пагонами), що належать до одного або кількох клонів. Клони формують куртинки (локуси) різного розміру. У першому угрупованні нами виявлено 40 локусів гудієри, середня площа яких становить 0,25 м² і варіює від 0,02 до 1,60 м². У другому угрупованні ценопопуляція представлена 22 локусами площею від 0,03 до 2,12 м²; середня площа локусів – 0,49 м². Як типовий бріофіл, гудієра переважно зростає на зеленомохових подушках. Кількість особин окремих вікових станів у досліджуваних ценопо-

пуляціях дещо відрізняється (рис. 1). Так, у ценопопуляції 1 у середньому виявлено $13,2 \pm 2,30$ ювенільних особин (21,5 %), $28,8 \pm 4,32$ – іматурних особин (46,9 %), $15,0 \pm 3,0$ – віргінільних особин (24,4 %), $3,4 \pm 0,93$ – генеративних особин (5,5 %), $1,4 \pm 0,24$ – сеньільних особин (1,7 %).

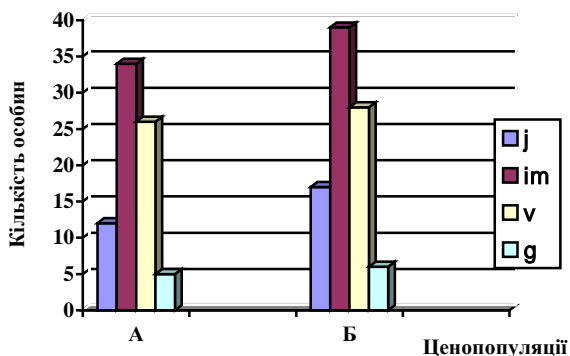


Рис. 1. Віковий спектр популяції *G. repens* (L.) R.Br. на території г. Лісничка

(А – ценопопуляція 1; Б – ценопопуляція 2).

Fig. 1. *G. repens* (L.) R.Br. population age range in the Lisnychka mountain

(A - populations 1 B - coenopopulations 2).

У ценопопуляції 2 співвідношення різновікових особин наступне: $25,3 \pm 4,77$ ювенільних (24,7 %), $49,5 \pm 8,33$ – іматурних (48,4 %), $20,3 \pm 2,72$ – віргінільних (19,8 %), $7,0 \pm 0,58$ – генеративних (6,9 %). Сеньільні особини трапляються дуже рідко (0,2 %).

Спільним для обох ценопопуляцій є домінування іматурних особин, мало генеративних, і найменше – сеньільних особин. Дослідженнями М.Г. Вахрамєєвої та ін. (Вахрамєєва и др., 2011) встановлено, що вікова структура популяцій *Goodyera repens* у різних частинах ареалу є подібною. Поданий нею базовий спектр указує на домінування віргінільних особин (рис. 2, А).

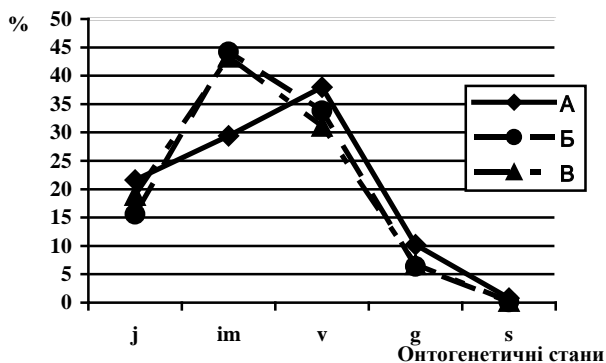


Рис. 2. Онтогенетичні спектри популяцій *G. repens* А – базовий (за М.Г. Вахрамєєвою та ін., 2011); Б – ценопопуляції 1, В – ценопопуляції 2.

Fig. 2. Ontogenetic spectra populations *G. repens*:

А - basic; В - coenopopulations 1, В - coenopopulations 2.

Відомо, що гудієра як тіневитривала рослина при дуже сильному затінненні переходить у стан вторинного спокою. Рослина також надає перевагу помірно зволуженим місцезростанням, уникаючи як дуже сухих, так і сирих, особливо заболочених ділянок (Вахрамєєва, 1975).

Як було зазначено вище, у ценопопуляції 1 рослини потерпають від засушливих умов внаслідок сильного зрідження деревостану і травостою. Крім того, внаслідок проведеної раніше суцільної рубки на прилеглій території стало можливим проникнення прямих сонячних променів у нижній ярус лісу та додаткове висушування ґрунту. У ценопопуляції 2 гудієра зростає у надмірно зволужених і затінених умовах, проте загальна кількість особин у локусі значно більша, ніж у ценопопуляції 1.

Нашими дослідженнями встановлено, що у віковому спектрі популяції гудієри переважують іматурні особини (рис. 2, Б-В).

Невідповідні вимогам гудієри екологічні умови місцезростання порушують притаманний їй онтогенетичний розвиток. Переважання іматурних особин над віргінільними у досліджуваній популяції свідчить про імовірне призупинення переходу до наступної стадії розвитку рослини. Це загрожує популяції і в майбутньому може призвести до її зникнення. Тому для збереження даної популяції доцільно приєднати лісову ділянку, у якій виявлена гудієра повзуча, до території пам'ятки природи місцевого значення "Урочище "Лісничка", розташованої поруч.

Висновки. Популяція *Goodyera repens* площею більше 200 м^2 , виявлена на г. Лісничка, знаходиться під загрозою зникнення у зв'язку із суцільними рубками, що проводяться на прилеглих територіях. Як наслідок, зміна світлового режиму та умов зволоження призводить до порушення онтогенетичного розвитку гудієри, що підтверджується домінуванням іматурних особин у спектрі вікових станів. Для збереження популяції рекомендуємо приєднати лісову ділянку із популяцією *Goodyera repens* до пам'ятки природи місцевого значення "Урочище "Лісничка".

Список літератури:

1. Бойко М. Ф. Чекліст мохоподібних України. – Херсон: Айлант, 2008. – 232 с.
2. Вахрамєєва М.Г., Денисова Л.В. Гудайєра ползучая // Биологическая флора Московской области. М.: Изд-во МГУ – 1975. – Вып.2. – С. 5-10.
3. Вахрамєєва М.Г., Варлыгина Т.И., Галкина М.А. Некоторые особенности биологии *Goodyera repens* (L.) R.Br. (*Orchydaceae*) в разных частях ареала // Материалы IX Междунар. науч. конференции «Охрана и культивирование орхидей» (26-30.09.2011). – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2011. – С. 90-95.

4. Мельник В.И. *Goodyera repens* (Orchidaceae) на Україні // Ботан. журн. – 1991. – Т. 76. – № 10. – С. 1402-1408.
5. Перегрим М.М., Єресова А.В., Губарь Л.М., Перегрим О.М. Нові та уточнені відомості щодо поширення деяких орхідних (Orchidaceae Juss.) на Чернігівському Поліссі (Україна) // Чорноморський ботанічний журнал. – 2010. – Т. 6, № 4. – С. 475-480.
6. Червона книга України. Рослинний світ / За заг. ред. Я. П. Дідуха. – К: Глобалконсалтинг, 2009. – С. 182.
7. Чорней І. І., Буджак В. В. Токарюк А. І. Сторінки Червоної книги України (рослинний світ). Чернівецька область. – Чернівці: ДрукАрт, 2010. – С.160-161.
8. Mosyakin S., Fedoronchuk M. Vascular plants of Ukraine. A nomenclatural checklist. – Kiev, 1999. – 346 p.

**CONDITION OF GOOYERA REPENS (L.) R.Br. POPULATIONS
IN SHURDYN MIDDLE-MOUNTAIN (BUKOVINA)**

S.G. Litvinenko, O.I. Turlai

Founded in the Lisnychka mountain (Bukovina, Shurdynske middle, Chemernarske forestry) population of Goodyera repens (L.) R.Br. represented by two coenopopulations that occur in association Abieto (albae) – Piceetum (abietis) pilosello (cymosum) ma Abieto (albae) – Piceetum (abietis) equisetoso (silvaticum).

In association Abieto (albae) – Piceetum (abietis) pilosello (cymosum) tree crown closure is 0.6, the projective cover of herbage – 30-50%. 37 species of higher vascular plants were found in the herb layer. In connection with recently felling on adjacent sites penetration of herbaceous plants with meadow from top of Lisnychka mountain is observed. Coenopopulation 1 of Goodyera repens represented by 40 groups, the average area of them is 0.25 m² and ranged from 0.02 to 1.60 m².

In association Abieto (albae) – Piceetum (abietis) equisetoso (silvaticum) tree crown closure is 0.5. Projective herbage cover is 80-85%. In the herb layer were found 27 species of higher vascular plants. In coenopopulation 2 Goodyera repens represented by 22 groups, the average area – 0.49 m², the minimal – 0.03 m², maximum – 2.12 m². Investigated population has all age states. Ontogenetic range is left-hand.

Population of Goodyera repens in Lisnychka mountain endangered because of the clear-cutting undertaken on adjacent areas. To maintain the population of Goodyera repens conservation status of area, where it is detected, should be given.

Key words: population, association, ontogenetic range, Goodyera repens (L.) R.Br., Bukovina.

Отримано редколегією 10.08.2012

ЕКОЛОГО-ЦЕНОТИЧНА ТА РЕСУРСНА ХАРАКТЕРИСТИКА *VACCINIUM MYRTILLUS* L. В УКРАЇНСЬКИХ КАРПАТАХ

І.А. Тимченко, В.М. Мінарченко

Інститут ботаніки ім. М. Г. Холодного НАН України,
вул. Терещенківська 2, м. Київ, 01601, itumorchid@ukr.net

Представлено результати еколого-ценотичних та ресурсних досліджень *Vaccinium myrtillus* L в Українських Карпатах. Визначено ресурсну значущість популяції *V. myrtillus* у різних ценозах та з урахуванням висотного градієнта. Встановлено біологічний, експлуатаційний запас сировини чорниці у межах Українських Карпат.

Ключові слова: *Vaccinium myrtillus* L., Українські Карпати, еколого-ценотична приуроченість, ресурсна характеристика.

Вступ. Вирішення проблеми збалансованого використання, збереження і відтворення фіторізноманіття, згідно міжнародних вимог (Nagoya, 2010), має базуватися на результатах досліджень стану ресурсів конкретних видів рослин. В умовах антропогенно трансформованого навколишнього середовища стали особливо актуальними комплексні дослідження економічно важливих видів рослин, як базова складова забезпечення сталого використання їхніх ресурсів.

Одним з видів лікарських і харчових рослин, сировина яких традиційно широко використовується для харчових та медичних потреб, є *Vaccinium myrtillus* L. Традиційно використовують плоди (*Fructus Vaccinii myrtilli*) та листя чорниці (*Folia Vaccinii myrtilli*). Біологічно активні речовини, які містяться в чорниці мають в'язучу, протизапальну, протидіабетичну, антивірусну, протипухлинну, діуретичну, гемостатичну, антибактеріальну, болезаспокійливу, протицинготну, фунгіцидну, антигельмінтну дію. Листя чорниці входить до складу протидіабетичних зборів “Арфазетин”, “Мірфазин”, екстракт ягід використовують в офтальмології у складі вітамінно-мінеральних комплексів для профілактики і комплексної терапії порушень зору (наприклад, Чорниця форте, Миртілене Форте та ін.) (Мінарченко, 2005; Серета та ін., 2006). Плоди чорниці широко використовуються як харчовий продукт. Ягоди та листя *V. myrtillus* є цінною складовою харчових добавок та фіточаїв.

Vaccinium myrtillus поширена переважно в північних і помірних районах Євразії та Північної Америки, в Україні трапляється в лісових районах (Полісся, Карпати), рідше в Розточчі–Опіллі та в північній частині лісостепових районів ((Барыкина, Баранова, 1980; Флора., 1957). Основні ресурси *V. myrtillus* в Україні зосереджені на Поліссі та в Карпатах.

В Українських Карпатах чорниця зростає від передгірського, де трапляється спорадично, до альпійського поясу. Основні сировинні масиви чорниці зосереджені в гірському лісовому (від 700 м.н.р.м.) та субальпійському поясах (до 1800 м н.р.м.), де чорничники займають близько третини полонин Українських Карпат (Бережної, 1964; Івашин, 1960).

Вивчення ресурсів *Vaccinium myrtillus* в Українських Карпатах здійснювали Д.С. Івашин (1960, 1968), І.В. Бережний (1964), В.І. Комендар з колегами (1975), В.З. Моїсеєва, Р.Г. Моїсеєв (1977), Я.Д. Гладун та ін. (1979, 1981, 1983, 1986), Є.І. Сенько та О.І. Фурдичко (1996). В останнє десятиліття питанням дослідження стану та динаміки ресурсів *V. myrtillus* в Українських Карпатах приділялось менше уваги (Сабадош, Мигаль, 2008). Тому нами було проведено тут комплексне вивчення ресурсів чорниці на території чотирьох областей: Львівської, Закарпатської, Чернівецької та Івано-Франківської (2005-2009 рр.), результати якого подаємо в роботі.

Методи досліджень. Для дослідження ресурсів *Vaccinium myrtillus* застосовано комплексний підхід з урахуванням еколого-ценотичної приуроченості, поширення, ресурсної значущості її популяцій у різних еколого-ценотичних умовах. У основу обліку покладено метод маршрутного ходу та облікових ділянок (Крылова, Шретер, 1971; Мінарченко, Серета, 2005). Дослідженнями охоплено основні угруповання *V. myrtillus* у гірських та передгірських районах Українських Карпат від Східних Бескидів до Чивчино-Гринявських гір. Загалом було закладено більше 130 облікових ділянок у різних еколого-ценотичних умовах, де популяції *V. myrtillus* мають ресурсну значущість. Ресурсо значущими стосовно *V. myrtillus* є угруповання з проективним покриттям чорниці >10% за умови, якщо

площа такого угруповання більша 1 га.

Для кожного виявленого масиву чорниці за допомогою навігатора визначали місцезнаходження і площу, проводили геоботанічний опис. Збір ресурсних показників здійснювали у різних частинах масиву на облікових ділянках, площею 0,25 - 1 м². При цьому визначалась висота рослин, висота облісненої (сировинної) частини пагонів, кількість і величина плодів, маса плодів та листя. Ресурсні показники *V. myrtillus*, отримані на облікових ділянках, були базовими при визначенні ресурсів чорниці в Українських Карпатах методом екстраполяції.

У камеральних умовах встановлювали біологічний та експлуатаційний запас, обсяг допустимої щорічної заготівлі. Експлуатаційний запас листя визначали з розрахунку 25% (у перерахунку на суху вагу), плодів (свіжозібраних) – 90% від біологічного запасу; обсяг можливої щорічної заготівлі листя складає 25%, плодів - 50% від експлуатаційного запасу (Зайцева, Белоногова, 1984; Юдина, 1987; Мінарченко, Середа, 2005).

Отримані цифрові дані обробляли варіаційно-статистичними методами (Зайцев, 1990).

Результати досліджень. В Українських Карпатах *Vaccinium myrtillus* звичайно виступає як доміант або співдоміант смерекових лісів та субальпійських чагарничкових угруповань на привершинних схилах, плоских вершинах та хребтах. У верхньому гірському лісовому та субальпійському поясах чорниця часто є доміантом похідних угруповань, що утворилися на місці зведених смерекових та букових лісів; криволісь з жерепу, вільхи, яловцю і рододендрона (Малиновський, Крічфалушій, 2002; Малиновський, 2003).

В передгірському поясі (450-550 м н.р.м.), на Прикарпатті та Закарпатті, чорниця трапляється спорадично, виступає факультативним компонентом трав'яно-чагарничкового ярусу угруповань класу **Quercus-Fagetum** Br.-Bl. et Vlieg. 1937, однак ресурсна значущість її ценопопуляцій тут низька. В угрупованнях класу **Quercus-Fagetum** проективне покриття *V. myrtillus* варіює переважно у межах 5-10%, зрідка сягає 20%. У деревному ярусі угруповань з *V. myrtillus* переважають *Fagus sylvatica* L., *Abies alba* Mill., *Picea abies* (L.) Karst.; у трав'яно-чагарничковому частини компонентами є *Luzula luzuloides* (Lam.) Dandy et Wilmott, *L. sylvatica* (Huds.) Gaudin, *Hieracium sulvularum* Jord. ex Boreau, *Majanthemum bifolium* (L.) F. W. Schmidt, *Carex pilosa* Scop., *Athyrium filix-femina* (L.) Roth. В угрупованнях класу **Quercetum robori-petraeae** Br.-Bl. et R.Tx. 1943 *V. myrtillus* трапляється рідше, проективне покриття її звичайно не перевищує 5%.

У лісовому гірському поясі (від 450-500 до

1250-1500 м н.р.м.) ценотична роль *V. myrtillus* зростає по висотному градієнту. Тут вона виступає облігатним елементом угруповань з *Picea abies*, *Abies alba*, *Pinus sylvestris* L., *Fagus sylvatica*; у трав'яному ярусі присутні *Calamagrostis villosa* (Chaix.) J.F. Gmel., *Luzula luzuloides*, *L. sylvatica*, *Vaccinium vitis-idaea* L., *Dryopteris dilatata* (Hoffm.) A. Gray, *D. carthuziana* (Vill.) H. P. Fuchs, *Oxalis acetosella* L., *Lycopodium annotinum* L., *Huperzia selago* (L.) Bernh. ex Schrank et Mert, *Homogyne alpina* (L.) Cass., *Hieracium sulvularum*. Це угруповання переважає класу **Vaccinio-Piceetum** Br.-Bl. 1939, де *V. myrtillus* є діагностичним видом (Соломаха, 2008). З високою постійністю чорниця трапляється в угрупованнях асоціацій **Vaccinio myrtilli-Abietetum** Oberd. 1957, **Vaccinio myrtilli-Piceetum** Tx. 1955, **Luzulo sylvaticae-Piceetum** Wraber 1953 **calamagrostietosum villosae** та дериватному угрупованні **com. Pinus sylvestris**, де її проективне покриття варіює у межах 70%, при переважаючому до 20±5%.

В угрупованнях класу **Quercus-Fagetum** *V. myrtillus* входить до складу 14 асоціацій та субасоціацій, однак лише в угрупованнях субас. **Luzulo nemorosae-Fagetum** Meusel 1937 **vaccinietosum (myrtilletosum)** її популяції мають високу ресурсну цінність (проективне покриття *V. myrtillus* у межах 25-75%, при переважаючому 50±7%). В інших угрупованнях цього класу ресурсна значущість популяцій чорниці мінімальна.

У верхньому гірському лісовому поясі Українських Карпат чорниця з високою рясністю і постійністю присутня також у трав'яно-чагарничкових угрупованнях класу **Calluno-Ulicetum** Br.-Bl. et R.Tx. ex Westhoff et al. 1946, які характеризуються значним видовим різноманіттям (до 70 видів). З високою постійністю тут, окрім *V. myrtillus*, присутні *Nardus stricta* L., *Anthoxanthum odoratum* L., *Agrostis tenuis* Sibth., *Briza media* L., *Luzula multiflora* (Retz.) Lej., *Soldanella hungarica* Simonk., *Arnica montana* L., *Thymus pulegioides* L. aggr., *Scorzonera rosea* Waldst. et Kit., *Potentilla erecta* (L.) Raeusch., *P. aurea* L., *Polygala vulgaris* L. Такі угруповання займають переважно невелику площу (до 1 га), хоча вздовж лісу іноді утворюють смугу, завширшки 20-50 м і завдовжки до 0,5 км. Проективне покриття чорниці у таких угрупованнях варіює у межах 80%, при переважаючому 30-40%.

У субальпійському поясі (1500-1800 м н.р.м.) *V. myrtillus* є облігатним ценоелементом трав'яно-чагарничкових, чагарникових та чагарничкових угруповань і формує великі за площею сировинно цінні масиви на полонинах. Це угруповання класу **Loiseleurio-Vaccinietum** Eggler ex Schubert 1960

та **Vaccinio-Piceetea** (Малиновський, Крічфалушій, 2002, Соломаха, 2008). Найпродуктивнішими є чорничники в угруповання класу *Loiseleurio-Vaccinietea*, які займають привершинні схили та хребти від Великого вододільного хребта до Чорногори у межах 1200-1800 м н.р.м..

V. myrtillus є діагностичним видом угруповань асоціації *Vaccinietum myrtilli* Szafer, Pawl. et Kulcz. 1927, у яких її проективне покриття становить 40-90%, при переважаючому $50 \pm 10\%$. До складу асоціації входить близько 40 видів судинних рослин, з яких високою постійністю характеризуються *Vaccinium vitis-idaea*, *V. uliginosum* L., *Anthoxanthum alpinum* A. et D. Löve, *Festuca airoides* Lam., *F. picta* Kit., *Deschampsia caespitosa* (L.) Beauv., *Luzula luzuloides*, *Homogyne alpina*, *Potentilla aurea* L., *Geum montanum* L., *Soldanella montana* Willd. Часто чорниця трапляється в угрупованнях асоціації *Juniperetum nanae* Br.-Bl. et al. 1939 цього ж класу, однак проективне покриття її в цих угрупованнях нижче і становить 10-20%, зрідка досягає 40-50%. Домінує тут *Juniperus sibirica* Burgsd. (= *J. communis* L. subsp. *nana* (Willd.) Syme), зі значною ясністю трапляються *Vaccinium vitis-idaea*, *Calamagrostis arundinaceae* (L.) Roth, *Homogyne alpina*, *Soldanella hungarica*, *Anemone nemorosa* L., *Geum montanum*, *Bistorta officinalis* Delarbre. В угрупованнях асоціації *Vaccinio myrtilli-Pinetum mughi* Pawl. 1928 класу **Vaccinio-Piceetea**, проективне покриття чорниці варіює у межах 50%, при переважаючому 10-20%. З високою постійністю у таких ценозах присутні *Pinus mugo*, *Vaccinium vitis-idaea*, *Calamagrostis villosa*, *Luzula sylvatica*, *Athyrium distentifolium* Tausch ex Opiz, *Homogyne alpina*.

В альпійському поясі (вище 1800 м н.р.м.) *V. myrtillus* зростає в угрупованнях класів **Salicetea herbaceae** Br.-Bl. 1948, **Juncetea trifidi** Hadač 1946 та **Elyno-Seslerietea**. Її ценопопуляції тут характеризуються дрібноконтурністю і низькою життєвістю. Такі угруповання досліджувались нами у Чорногорі, Свидовці та Чивчино-Гринявських горах. У таких угрупованнях часто присутні *Vaccinium uliginosum*, *Juncus trifidus* L., *Calamagrostis villosa*, *Deschampsia caespitosa*, *Festuca airoides*, *F. picta*, *Carex curvula* All., *C. sempervirens* Vill., *Soldanella hungarica*, *Ligusticum mutellina* (L.) Crantz, *Hieracium alpinum* L., *Homogyne alpina*, *Potentilla aurea*.

Характерною особливістю *V. myrtillus* в Українських Карпатах є формування ресурсо значущих ценопопуляцій на відкритих ділянках. Тоді як на рівнині чорниця утворює найбільш продуктивні масиви під наметом деревостану з зімкнутістю крон 0,6-0,7. Найпродуктивнішими у Карпатах щодо листя і ягід є чорничники, які формуються на полонинах по верхній межі лісу. Під наметом

деревостану формуються високорослі чорничники (40-70 см), які характеризуються слабким плодоношенням, а на відкритих ділянках висота рослин складає 20-30 см і чорниця тут рясно плодоносить.

Суттєво впливають на плодоношення чорниці погодні умови попереднього і поточного року, а саме температура під час закладання квіткових бруньок (восени), зимова температура, товщина снігового покриву, весняні заморозки під час цвітіння чорниці, кількість опадів при дозріванні плодів (Барькіна, Баранова, 1980; Егошина, 2008; Jaakola et al., 2009; Selås, 2000). Окрім того, для *V. myrtillus* притаманна циклічність рясного плодоношення з інтервалом 2-5 років (Телишевський, 1976).

Ресурсна значущість популяції *Vaccinium myrtillus* в Українських Карпатах реалізується в еколого-ценотичних умовах, відмінних від таких на рівнині. Ці особливості враховано при обліку ресурсів і визначено діапазон ресурсної значущості ценопопуляцій у різних еколого-ценотичних умовах досліджуваного регіону. Основні сировинно значущі (стосовно листя) популяції *V. myrtillus* лісових угруповань пов'язані зі смерековими, смереково-ялицево-буковими лісами та похідними фітоценозами на їх місці. У лісових угрупованнях ресурсна значущість чорниці найвища в угрупованнях з зімкнутістю крон 0,4-0,5, де її проективне покриття варіює у межах 30-70%. За висоти рослин 20-35 см, висота сировинної частини складає 9-15 см, щільність запасу сировини (листя) у межах 37-106 г/м².

В Українських Карпатах переважають темнохвойні ліси з зімкнутістю крон 0,7-0,8. За зменшення освітлення збільшується висота рослин до 30-50 см, при переважаючій 35-40 см, а також висота сировинної частини пагонів чорниці (12-17 см). Проективне покриття *V. myrtillus* у таких лісах варіює у межах 30%, при переважаючому $20 \pm 5\%$. Щільність запасу листя складає 13-38 г/м², за середніх показників $26,1 \pm 2,8$ г/м² (табл.1); плодоношення чорниці тут слабке і складає в середньому $8,3 \pm 0,9$ г/м². Найвищі показники щільності запасу листя чорниці у лісових угрупованнях Українських Карпат складають близько 100 г/м² за проективного покриття 70%.

На полонинах показники щільності запасу листя за аналогічного проективного покриття децю нижчі (табл.1), за рахунок меншої висоти рослин і сировинної частини пагонів. Загалом у трав'яночагарничкових угрупованнях ресурсна значущість (стосовно листя) ценопопуляцій чорниці вища, ніж у лісових угрупованнях, оскільки на відкритих схилах формуються щільні чорничники з проективним покриттям до 90%, щільністю запасу листя до $260 \pm 15,3$ г/м². За переважаючого проек-

тивного покриття чорниці $50 \pm 10\%$, щільність запасу листя варіює у межах $56-67 \text{ г/м}^2$. Середні ресурсні показники чорниці (листя) на полонинах Карпат складають $617 \pm 56 \text{ кг/га}$ (табл.1).

Виявлена тісна позитивна кореляція показни-

ків висоти рослин та щільності запасу сировини (листя) *V. myrtillus*, що має важливе значення для виділення індикаторних показників ресурсної оцінки методом екстраполяції.

Таблиця 1.
Щільність запасу сировини (свіжозібраної) *V. myrtillus* в Українських Карпатах при різному проективному покритті

Проективне покриття чорниці, %			10	20	30	40	50	60	70	80	90
Середня щільність запасу сировини, г/м^2	В лісових ценозах	листя	16,3 \pm 3,1	26,1 \pm 2,8	37,5 \pm 0,7	49,8 \pm 5,5	62,3 \pm 5,9	85,2 \pm 11,7	88,5 \pm 17,5		
		листя	13,3 \pm 0,8	20,4 \pm 1,1	35,3 \pm 1,7	48,3 \pm 3,6	61,7 \pm 5,6	72,6 \pm 9,4	79,9 \pm 12,1	192,2 \pm 21,5	260 \pm 15,3
	ягоди	9,3 \pm 0,7	23,3 \pm 1,6	25,4 \pm 2,4	34,7 \pm 1,7	46,3 \pm 2,2	48,4 \pm 2,6	66,8 \pm 7,9	85,5 \pm 6,8	97,5 \pm 12,3	

Table 1.
The density of the stock of raw material (freshly) *V. myrtillus* in the Ukrainian Carpathians at different projective cover

В Українських Карпатах *Vaccinium myrtillus* найрясніше плодоносить на відкритих схилах вище верхньої межі лісу. Щільність запасу плодів *V. myrtillus* більш варіабельний показник, ніж щільність запасу листя, оскільки плодоношення чорниці залежить від багатьох факторів. За сприятливих умов виявлена закономірність збільшення ресурсних показників чорниці (щільності запасу плодів) зі збільшенням проективного покриття.

Встановлено, що щільність запасу ягід у трав'яно-чагарникових і чагарникових угрупованнях за проективного покриття 40-60% складає $35-50 \text{ г/м}^2$ чи $350-500 \text{ кг/га}$. Максимальні показники щільності запасу ягід на облікових ділянках за проективного покриття 90% сягають близько 110 г/м^2 . Середні ресурсні показники чорниці (ягід) на полонинах Карпат складають $463 \pm 22 \text{ кг/га}$ (табл.1). Вони були базовими для визначення ресурсів чорниці методом екстраполяції.

Показники урожайності плодів чорниці на полонинах у Карпатах подібні до таких у лісах Західного Полісся, де середня врожайність ягід складає $450-600 \text{ кг/га}$ (Телишевский, 1976) і більші, ніж в інших частинах ареалу *V. myrtillus*. Так, для лісів Південної Карелії та Архангельської області цей показник складає $80-200 \text{ кг/га}$ (Белогова, Зайцева, 1989; Шаврина, 1988), Кіровської області – $100-420 \text{ кг/га}$ (Егошина и др., 2006), Сибіру – $250-400 \text{ кг/га}$ (Муратов, 1982; Шевелев, 1998).

У гірських умовах продуктивність чорничників змінюється по висотному градієнту. Нами досліджено продуктивність ягід чорниці у трав'яно-чагарникових і чагарникових угрупованнях у межах $800 - 1600 \text{ м н.р.м.}$ Аналізувались ресурсні показники продуктивних ценопопуляцій *V. myrtillus*, де її проективне покриття складало $50-70\%$ (табл. 2).

Таблиця 2.
Щільність запасу сировини *V. myrtillus* (ягоди, свіжозібрані) в трав'яно-чагарникових і чагарникових угрупованнях по висотному градієнту

Висота над рівнем моря, м	800-900	901-1000	1001-1100	1101-1200	1201-1300	1301-1400	1401-1500	1501-1600
Середня щільність запасу сировини, г/м^2	42,0 \pm 2,1	45,0 \pm 3,5	48,3 \pm 3,1	68,8 \pm 5,4	50,9 \pm 2,7	51,3 \pm 3,3	26,5 \pm 2,8	25,3 \pm 1,8

Table 2.
Density of supply of raw materials *V. myrtillus* (berries Freshly) in grass-shrub and chaharny-like communities in high-altitude gradient

Встановлено, що в Українських Карпатах ресурсний оптимум чорниці знаходиться у діапазоні висот $1100-1200 \text{ м н.р.м.}$ (табл. 2); за проективного покриття $50-70\%$ максимальна продуктивність ягід чорниці тут становить $688 \pm 54 \text{ кг/га}$. У трав'яно-чагарникових і чагарникових угрупованнях на висоті від 1000 до 1400 м н.р.м. щіль-

ність запасу ягід складає $480-680 \text{ кг/га}$. Вище 1400 м н.р.м. відмічено різке зменшення продуктивності ягід чорниці, що може бути обумовлено лімітуючим впливом екологічних умов, особливо температурного режиму. Подібні закономірності відзначали В.З. Моїсеєва та Р.Г. Моїсеєв (1977). За їхніми даними середні показники врожаю ягід

для північного макросхилу Українських Карпат на висоті 1000 м н.р.м. складала 1570 кг/га, що більше, ніж удвічі перевищує показники продуктивності ягід, отримані нами. Такі високі ресурсні показники ми відмічали лише на окремих облікових ділянках, частка яких складає менше 3% від досліджених масивів.

За основу при встановленні біологічного запасу ягід і листя чорниці у цілому для Українських Карпат брались усереднені ресурсні показники *V. myrtillus*, отримані на конкретних масивах у різних еколого-ценотичних умовах. Ці дані екстраполювали на площу потенційно ресурсозначущих угруповань з *V. myrtillus*. Встановлено, що площа полонин Українських Карпат, де *Vaccinium myrtillus* утворює сировинно цінні масиви, складає 15% від загальної площі полонин і сягає 12 тис. га. У лісових ценозах сировинно цінні чорничники (щодо листя) виявлені лише на 5% обстежених площ, переважно в темнохвойних лісах, площа яких становить в Українських Карпатах 690 тис. га (Малиновський, 2002), продуктивні чорничники займають, відповідно, площу 34,5 тис. га; а стосовно ягід у таких угрупованнях ресурсозначущі чорничники виявлені лише на 2% обстежених площ, відповідно їх площа становить 13,8 тис. га.

За результатами наших досліджень в Українських Карпатах обсяг допустимої щорічної заготівлі ягід чорниці (свіжозібраних) складає 2874-3206 т, листя (у перерахунку на суху вагу) - 235-294 т; причому близько 80% ресурсів *V. myrtillus* зосереджені у Закарпатській та Івано-Франківській областях (табл. 3, 4). Продуктивні чорничники (стосовно ягід) тут загалом займають площу близько 20 тис. га, а стосовно листя – 35 тис. га.

Виявлено, що серед лімітуючих чинників, які суттєво обмежують ресурсну значущість популяції чорниці, є надмірний антропогенний вплив, особливо пасовищне навантаження та випалювання. Інтенсивне вигоптування заростей поблизу населених пунктів підриває життєздатність популяції при 5–10-кратному ущільненні ґрунту, за такого навантаження зменшується тривалість життя парціальних пагонів, їхня кількість і висота.

Обмеження пасовищного навантаження в останні десятиліття на угруповання з *Vaccinium myrtillus* у субальпійському поясі Українських Карпат сприяють збільшенню її ресурсів у регіоні і на найближчі роки можна прогнозувати збереження цієї тенденції. Основною загрозою ресурсам чорниці тут є випалювання полонин для покращення якості пасовищ. Відновлення рослин триває 2-3 роки, а попередньої продуктивності популяції чорниці досягають через 5-7 років. Ру-

бки деревостану у гірських умовах призводять до втрати ресурсної значущості ценопопуляції чорниці, як і на рівнині, однак у гірських умовах відновлення чорниці проходить за 3-5 років, тоді як на рівнині – більше 15 р.

Таблиця 3.
Ресурси Vaccinium myrtillus (листя, у перерахунку на суху вагу) в Українських Карпатах

Table 2.
Resources Vaccinium myrtillus (leaves, on a dry weight) in the Ukrainian Carpathians

область	Площа, тис.га	Біологічний запас, т	Експлуатаційний запас, т	Обсяг можливої щорічної заготівлі, т
Закарпатська	13,5	1194-1521	299-380	75-95
Івано-Франківська	21,4	1572-1930	393-483	98-121
Львівська	6,4	576-736	144-184	36-46
Чернівецька	5,2	408-508	102-127	26-32
В цілому по регіону	46,5	3750-4695	938-1174	235-294

Таблиця 4.
Ресурси Vaccinium myrtillus (ягоди, свіжозібрані) в Українських Карпатах

Table 4.
Resources Vaccinium myrtillus (berries Freshly) in the Ukrainian Carpathians

область	Площа, тис.га	Біологічний запас, т	Експлуатаційний запас, т	Обсяг допустимої щорічної заготівлі, т
Закарпатська	8,3	2392-2667	2153-2400	1077-1200
Івано-Франківська	10,7	2152-2403	1937-2163	969-1082
Львівська	4	1184-1320	1066-1188	533-594
Чернівецька	2,8	656-732	590-659	295-330
Всього по регіону	25,8	6384-7122	5746-6410	2874-3206

Для оптимізації використання природного ресурсного потенціалу *V. myrtillus* у карпатському регіоні необхідно сприяти організації переробки її ягід, як цінного харчового, вітамінного та лікувального натурального продукту, а також налагодити вітчизняне виробництво лікарських препаратів на основі сировини чорниці.

Висновки. В Українських Карпатах *Vaccinium myrtillus* формує ресурсозначущі популяції у гірському лісовому поясі в угрупованнях класів Vaccinio-Piceetea та Calluno-Ulicetea; у субальпійському - в угрупованнях класів Loiseleurio-Vaccinietea і Vaccinio-Piceetea.

Найпродуктивнішими (відносно плодів) тут є чорничники у діапазоні висот 1000 – 1400 м н.р.м., де максимальні показники урожаю за продуктивного покриття 90% сягають понад 2,5 т/га.

Виявлена тенденція збільшення площі сиро-

винно цінних чорничників у субальпійському поясі.

Встановлено, що площа ресурсо значущих (стосовно ягід) масивів *Vaccinium myrtillus* в Українських Карпатах становить 25,8 тис. га, біологічний запас складає 6384-7122 т (свіжозібрані), експлуатаційний запас – 5746-6410 т, обсяг допустимої щорічної заготівлі плодів – 2874-3206 т. Площа ресурсо значущих масивів щодо заготівлі листя чорниці становить 46,5 тис га, біологічний запас листя чорниці складає 3750-4695 т (у перерахунку на суху вагу), експлуатаційний запас – 938-1174 т, обсяг допустимої щорічної заготівлі – 235-294 т.

Список літератури:

1. Барыкина В.В., Баранова Е.В. Черника обыкновенная – *Vaccinium myrtillus* L.- В кн.: Атлас ареалов и ресурсов лекарственных растений СССР. – М.: ГУГК, 1980. – С.326.
2. Белоногова Т.В., Зайцева Н.Л. Эколого-биологические особенности хозяйственно-ценных растений Карелии. — Петрозаводск: Карелия, 1989. — 168 с.
Бережной И.В. Черничники Украинских Карпат (структура, динамика, особенности естественного возобновления, происхождение, пути развития, биологические основы рационального использования): Автореф. дис. ... канд. биол. наук. — Львов, 1964. — 23 с.
Гладун Я.Д. Поширення, запаси і раціональне використання найважливіших лікарських рослин Радянської Буковини // Укр.ботан.журн. – 1981. – 38, №4. – С. 68 – 70.
3. Гладун Я.Д. Поширення і запаси найважливіших лікарських рослин у Закарпатській області // Укр.ботан.журн.- 1986. – 43, №4. – С. 94-97.
4. Гладун Я.Д., Гладун М.І., Кіт С.М., Гудивок Я.С., Ставичний І.М. Поширення, запаси і раціональне використання промислових лікарських рослин Івано-Франківської області // Укр.ботан.журн. – 1979. – 36, №2. – С. 153 – 156.
5. Гладун Я.Д., Гладун М.І. Поширення і запаси найважливіших лікарських рослин Львівської області // Укр.ботан.журн. – 1983. – 40, №5. – С. 15 – 18.
6. Івашин Д.С. Ресурси лікарських рослин Українських Карпат // Укр. ботан. журн. — 1960. — 17, №5. — С. 54–59.
7. Івашин Д.С. Ресурси лекарственных растений Украинских Карпат и возможности их использования. – В кн.: Ресурсы дикорастущих лекарственных растений СССР. – Л.: "Наука", 1968. – С. 90-94
8. Зайцев Г.Н. Математика в экспериментальной ботанике. – М.: Наука, 1990. – 296 с.
9. Зайцева Н.Л., Белоногова Т.В. Режим эксплуатации зарослей дикорастущих лекарственных растений в лесах Южной Карелии. — Петрозаводск: Карелия, 1984. — 14 с.
Егошина Т. Л. Влияние антропогенных факторов на состояние ресурсов дикорастущих плодовых и лекарственных растений (на примере Кировской области): Автореф. дис. ... докт. биол. наук. — Пермь, 2008. — 44 с.
Егошина Т.Л., Колупаева К.Г., Раус Л.К. Анализ особенностей плодоношения и ресурсов *Vaccinium myrtillus* (*Ericaceae*) в Кировской области (1961-2004 гг.) // Растит. ресурсы. – 2006. – 42, вып.1. – С.57-66.
10. Комендар В.І., Дубанич М.В., Чернечі Й.М., Бадей М.І., Маківчук Ю. В., Товт Е.С. Поширення, запаси та раціональне використання деяких лікарських рослин Закарпатської області // Укр. ботан. журн. – 1975. - 32, № 3. – С. 307 – 311.
11. Крылова И. Л., Шретер А. И. Методические указания по изучению запасов дикорастущих лекарственных растений. – М., 1971.-16 с.
12. Малиновський А.К. Темнохвойний флороценотип Українських Карпат // Лісівнича академія наук України: Наукові праці. – 2002. – Вип. 1. – С. 84-88.
13. Малиновський К.А. Сучасний стан верхньої межі лісу та приполонинної рослинності// Праці наукового товариства ім. Т.Шевченка. Т. XII. Екологічний збірник. Екологічні проблеми Карпатського регіону. – Львів, НТШ, 2003. –С. 66-80.
14. Малиновський К.А., Крічфалушій В.В. Рослинні угруповання високогір'я Українських Карпат. – Ужгород, 2002. – 244 с.
15. Мінарченко В.М., Серета П.І. Ресурсознавство. Лікарські рослини. – К.: Фітосоціоцентр, 2005.- 60 с.
16. Мінарченко В.М. Лікарські судинні рослини України (медичне та ресурсне значення). — К.: Фітосоціоцентр, 2005. — С. 55
17. Моисеева В.З., Моисеев Р.Г. Некоторые особенности черничников северного макросклона Украинских Карпат // Растит. ресурсы. – 1977. - 13, вып.1. – С.99 – 103.
18. Муратов Ю.М. Формирование урожая ягод черники и брусники / Биологические ресурсы лесов Сибири. Красноярск: СО АН СССР, 1982. -С.42-55.
19. Сабадош В.І., Мигаль А.В. Сировинні ресурси лікарських рослин Закарпаття: рекомендації раціонального використання. – Ужгород: Ліра, 2008. – 144 с.
20. Сенько Є.І., Фурдичко О.І. Економіка комплексного використання і відтворення харчових ресурсів лісу. – Львів: Місіонер, 1996. – 296 с.
21. Серета П.І., Максютіна Н.П., Давтян Л.Л. Фармакогнозія. Лікарська рослинна сировина та фітозасоби / За заг.ред. проф.П.І.Середи. - Вінниця: Нова книга, 2006. – 352 с.
22. Соломаха В.А. Синтаксономія рослинності України. Третє наближення. - К.:Фітосоціоцентр, 2008. – 296 с.
23. Флора УРСР. Рід *Vaccinium* L. – К.: Вид-во АН УРСР, 1957. – Т. 8. – С. 60-66.
24. Шаврина Е.В. Эколого-ценологические особенности брусники (*Vaccinium vitis-idaea* L.) и черники (*V. myrtillus* L.) и прогнозирование заготовок лекарственного сырья в лесах Архангельской области // Автореф. дис. ... канд. биол. наук. - Л., 1988. - 20с.
25. Шевелёв С.Л. Многоцелевое лесопользование в лиственничниках средней Сибири. Автореферат

- диссертации на соискание ученой степени доктора наук. -Красноярск, 1998. – 25 с.
26. Юдина В.Ф. Влияние заготовок сырья на состояние зарослей лекарственных растений в лесной зоне СССР // Растит.ресурсы. - 1987. – 23, вып.3. – С.459 – 467.
27. Jaakola L, Riihinen K, Häggman H, Hohtola A. Bilberry in vitro protocols and analyses of phenolic compounds // Methods Mol Biol. – 2009, - 547. –P.71-80
28. Proposals for a consolidated update of the Global strategy for plant conservation 2011-2020. Conference of the parties to the CBD. Tenth meeting. Nagoya, Japan, 2010. <http://www.cbd.int/cop/cop-10/doc/advance-final-unedited-texts/advance-unedited-version-gspc-en.doc>
29. Selås V. Seed production of a masting dwarf shrub, *Vaccinium myrtillus*, in relation to previous reproduction and weather // Can. J. Bot. – 2000. – 78, N4. - P: 423–429.

THE ECOLOGO-COENOTIC AND RESOURCE CHARACTERISTICS OF *VACCINIUM MYRTILLUS* L. IN UKRAINIAN CARPATHIANS

I.A. Tymchenko, V.N. Minarchenko

The results of ecologo-coenotic and resource investigations of Vaccinium myrtillus L. in Ukrainian Carpathians are presented. The resource value of V. myrtillus populations in different plant communities and taking into account the altitude above sea-level are studied. The biological resources, the volumes of maximum allowable and annual optimum harvests are determined in Ukrainian Carpathians.

Keywords: Vaccinium myrtillus L., Ukrainian Carpathians, ecologo-coenotic characteristic, resources.

Отримано редколегією 04.07.2012

ЕКОЛОГІЯ ПРОРОСТАННЯ НАСІННЯ ІНТРОДУКОВАНИХ НА ЗАКАРПАТТІ ВИДІВ *PONCIRUS L.*, *MACLURA L.*, *DIOSPYROS L.*

А.О. Сікура, А.В. Колесник, В.І. Ніколайчук

Ужгородський національний університет, біологічний факультет, кафедра генетики, фізіології рослин і мікробіології, вул. А. Волошина, 32, м. Ужгород, 88000, Україна; e-mail: aszikura@rambler.ru

Для вивчення індивідуального розвитку інтродукованих на Закарпатті видів досліджували енергію проростання та схожість насіння *Poncirus trifoliata L.*, *Maclura rotifera (Raf.)*, *Diospyros lotus L. (syn. D. caucasica)*. Пророщували насіння в лабораторних умовах після попередньої обробки розчином перманганату калію. Схожість насіння визначали за кількістю повноцінних проростків, що з'явилися за певний строк за оптимальних умов пророщування. Енергію проростання визначали за кількістю насінин, які проросли за період, визначений для кожної культури індивідуально. Найвища енергія проростання спостерігалась у маклюри, тоді як у хурми і понціруса вона була децю меншою. Схожість насіння понціруса, хурми та маклюри досить висока, відповідно основний метод розмноження цих видів – насінневий.

Ключові слова: понцірус, маклюра, хурма, енергія проростання, інтродукція, схожість насіння.

Вступ. Сучасне сільське і лісове господарство, озеленення міст і сіл, фармацевтичну промисловість і ряд інших галузей народного господарства неможливо уявити без постійних пошуків і впровадження нових видів, форм і сортів рослин. Значення інтродукції рослин для науково-технічного прогресу людства переоцінити неможливо. Наш інтерес у цьому напрямку полягає в пошуках нових, стійких плодкових, декоративних, лікарських рослин для Закарпатської області. Це можуть бути види, які можна використовувати або безпосередньо, або як підшепу для вже існуючих, але недостатньо стійких видів.

Об'єкт і методи. Об'єктами досліджень були інтродуковані на Закарпатті види деревних порід: понцірус трилисточковий (*Poncirus trifoliata L.*), хурма звичайна (*Diospyros lotus L.*, syn. *D. caucasica*) та маклюра плодоносна (*Maclura rotifera (Raf.) C.K.Schneid.*).

Плоди понціусу та хурми збирали в ботанічному саду м. Ужгород, а супліддя маклюри – із приватних присадибних ділянок м. Берегова Закарпатської області. Насіння понціусу (завдовжки 1,0-1,3 см, завширшки 0,3-0,5 см), хурми (завдовжки 0,8-1,0 см і завширшки 0,3-0,5 см), маклюри (завдовжки 0,7-1,2 см і завширшки 0,2-0,3 см), вилучали з плодів і з метою дезінфекції та стратифікації 20 хв. витримували у 5% розчині перманганату калію (оскільки більш високі концентрації перманганату калію згубно діяли на зародок насінини). Після цього по 100 насінин висівали у попередньо підготовлену ґрунтову суміш. Дослід було проведено у чотирьохкратній повторності.

При дослідженнях біологічних особливостей *Poncirus trifoliata*, *Diospyros lotus* та *Maclura*

rotifera особливу увагу приділяли вивченню репродуктивної біології інтродукованих видів, а саме енергії проростання та схожості насіння.

Схожість насіння визначається кількістю повноцінних проростків, які з'явилися за певний строк при оптимальних умовах пророщування, а енергія проростання характеризує дружність появи сходів.

Щоб визначити схожість, кожного п'ятого дня, починаючи з наступного після появи перших сходів, підраховували проростки. Після закінчення періоду проростання обчислювали загальну схожість у відсотках. Енергію проростання насіння визначали за кількістю насінин, які проросли за період, визначений для кожної культури індивідуально.

Результати та їх обговорення. Понцірус трилисточковий (родина Рутових - *Rutaceae*), найбільш морозостійкий представник підроддини цитрусових, інтродукований з Північного Китаю, поширений в південній частині Центрального Китаю, Японії і в Гімалаях (Вальтер, 1968). Цей вид має форму невеликого дерева до 7,0 м заввишки, листки трійчастороздільні, колючки розташовані в пазухах листків і досягають 8,0-10,0 см. Квітки білі, 4,5-7,5 см в діаметрі. Тичинок 18,0-24,0, маточка одна. Цвітіння починається у другій декаді квітня. Плоди золотисто-жовті до 5,0-8,0 см у діаметрі, округлі, з коротким пушком, дозрівають у вересні, жовті; при дозріванні зеленувато-жовті, гіркі. Розмножується насінням, яке при підсиханні втрачає схожість, а для проростання вимагає досить високий температурний режим. Віддає перевагу відносно сухим, дренованим родючим ґрунтам й гарному освітленню. Понцірус характеризується багатьма



Рис. 1. Проростки *Poncirus trifoliata* L.
Fig. 1. *Poncirus trifoliata* L. seedlings



Рис.2. Проростки *Diospyros lotus* L.
Fig.2. *Diospyros lotus* L. seedlings



Рис.3. Проростки *Maclura pomifera* Raf.
Fig.3. *Maclura pomifera* Raf. seedlings

властивостями, які привертають увагу селекціонерів: а) кращою зимостійкістю, ніж вічнозелені цитрусові рослини; б) листопадністю; в) низькорослістю; г) раннім визріванням плодів; д) здатністю легко схрещуватись з багатьма видами цитрусових (Тутберидзе и др., 1987). Отримані гібриди мають підвищену морозостійкість. Смак плодів часто буває не гіршим, ніж у звичайних апельсинів, лимонів, мандаринів (Карпун, 2010).

Хурма звичайна або кавказька – найбільш прадавній вид роду Хурма (*Diospyros* L.) родини Ебенові (*Ebenaceae* Guerke) (Тахтаджян, 1966; Тахтаджян, 1987; Черепанов, 1995). Походить із Середземномор'я, зростає на території Китаю, Гімалаях, Середній Азії, Афганістану, Індії, Японії, на Закавказзі, в південній Швейцарії (Славкіна, 1977). Двodomне або одnodомне листопадне дерево 15,0-25,0 м висотою. Листки яйцеподібні або овальні, довжиною 8,0-14,0 см, шириною 4,0-6,0 см, темно-зелені, восени – жовті й червоні. Квітне в II декаді травня – I декаді червня. Маточкові квітки жовтувато-кремового забарвлення, від 0,9 до 1,4 см. Віночок до половини довжини зрослий. Пелюстки восковидні, ледь опушені, з нижнім оранжевим відтінком. Тичинкові квітки дрібніші за маточкові, до 0,5 см завдовжки, червоно-кремового забарвлення. Кількість тичинок досягає 24 шт. (Барганджия, 1982; Федоров, Кирпичников, 1975). Плоди дрібні – 1,5-2,0 см в діаметрі, Достигають у жовтні, спочатку жовто-оранжевого, при повному досяганні – синюватого забарвлення (Артюшенко, Федоров, 1986; Кульков, 1986; Масиев, 1985; Массовер, 1983). Світлолюбна, зимостійка рослина, переносить морози до -25 -30°C, іноді до -37°C. Вологолюбна, але витримує і сухі ґрунти, оскільки коренева система стрижнева, глибока. Гарний медонос. Деревина придатна для виготовлення меблів і музичних інструментів.

Маклора плодоносна (родина Тутові – Могазеае) двodomне дерево родом з Північної Америки до 20,0 м заввишки. Листки прості 7,0-15,0 см завдовжки, яйцеподібно-довгасті, з видовженою гострою верхівкою, ширококлиноподібною основою, прилистки у вигляді колючок, 0,6 - 2,0 см, голі (Карпун, 2010). Квітки одностатеві, на одnorічних та дворічних гілках в пазушних суцвіттях. Чоловічі квітки – сережки близько 4,0 см завдовжки, з чотирма тичинками, після відцвітання залишаються на плодоніжках до наступного року; жіночі квітки зібрані у кулясті головки, близько 2,5 см в діаметрі, на коротких ніжках. Жіноча квітка після дозрівання стає м'яккою, утворюючи кулясте зморшквате жовтувато-зелене супліддя з однонасінневих кістянок, 11-15 см у діаметрі, неїстівне. Листки та супліддя при пошкодженні виділяють молочний

сік. Квітне у другій-третій декаді травня. Плоди – видовжені горішки, світло-коричневі, занурені в супліддя, які дозрівають у вересні-жовтні. Росте досить швидко, світлолюбна, зимостійка. Невиблаглива до ґрунтових умов, доволі посухостійка. Добре переносить міські умови. Особливо цінна як лікарська рослина, як декоративна – в садах і парках, а також для живоплотів, в полезахисних смугах.



Рис. 4. Схожість та енергія проростання насіння досліджуваних видів

Fig. 4. Germination and energy germination studied species

Насіннева продуктивність, а особливо порівняльне її вивчення, є важливим показником успішності інтродукції. Перші сходи понцируса з'явилися на 23 день після висівання насіння, найбільша інтенсивність проростання спостерігалася на 28 день (рис. 1, 5).

Сіянци розвивалися досить повільно. Над ґрунтом першою з'являлася стрілка з апікальною брунькою, коли розміри стрілки досягали 1,5-2,5 см, розвивалися перші трійчатороздільні листки, при досягненні 5,0-6,5 см пагін починав галузитися. Головний корінь також швидко починав галузитися, його довжина досягала в середньому 6,0-13,0 см. Енергія проростання насіння понцируса становила 39 %, схожість насіння – 73%.

Перші сходи хурми звичайної з'явилися на 21 день після висівання насіння. Проростки виносили на поверхню насінневу шкірку, яка через деякий час відпадала. Сім'ядольні листки серцевидні, довжиною 2,5-3,0 см, шириною 1,5-2,0 см, добре виражене сітчасте жилкування (рис. 2).

Надземна частина проростків становила 6,0-10,0 см, довжина головного кореня 7,0-10,0 см. Найбільша інтенсивність проростання насіння спостерігалася на 26 день після висівання. Енергія проростання насіння становила 34 %. Схожість насіння хурми звичайної у нашому випадку була всього 62 % (рис. 4).

Перші сходи маклюри з'явилися на 14 день після висівання насіння. Насіннева шкірка майже зразу відпадала, сім'ядольні листки лопатовидні, довжиною 1,0-1,5 см, шириною 0,5-1,3 см, жилкування сітчасте. Надземна частина проростків досягала 8,0-11,0 см, підземна – 5,5-7,0 см. Найбільша інтенсивність проростання спостерігалася на 19 день (рис. 3, 4). Енергія проростання насіння в цей час була на рівні 43 %. Загальна схожість насіння маклюри становила 62%.

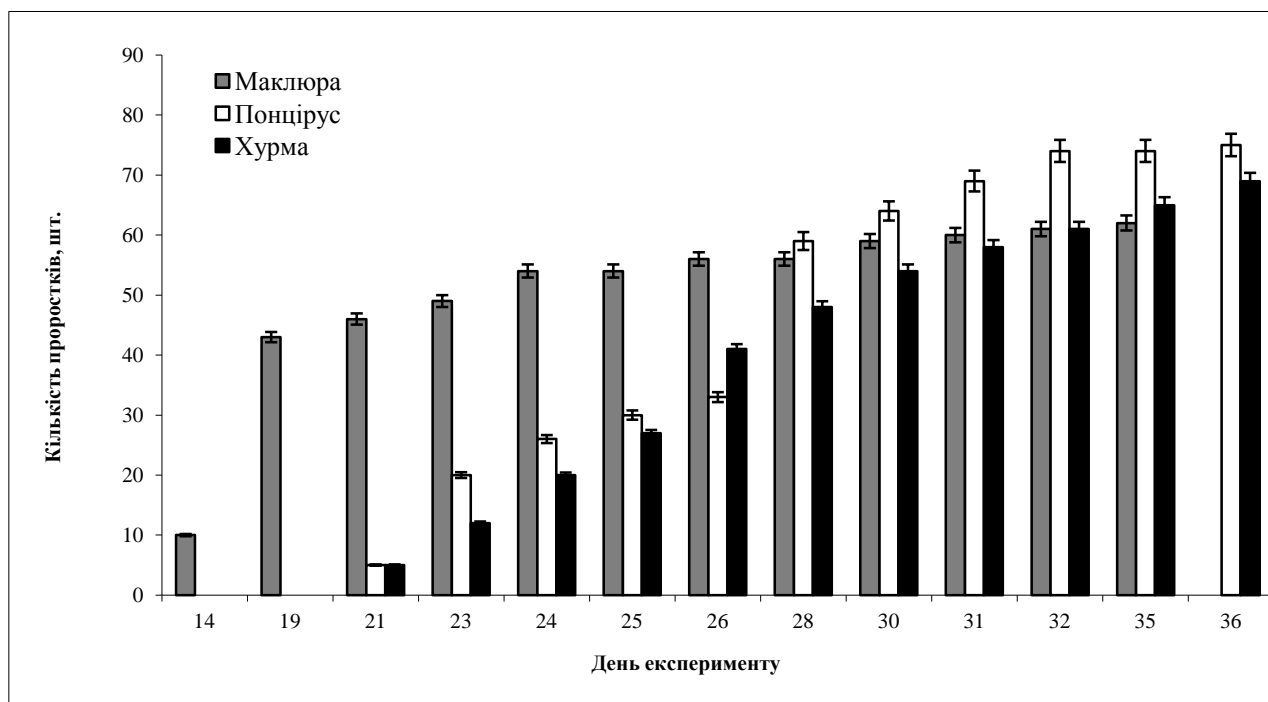


Рис. 5. Динаміка проростання насіння досліджуваних видів

Fig. 5. Dynamics of seed germination studied species

Слід зазначити, що, незважаючи на швидкий темп та високу енергію проростання, проростки маклюри мали нижчу схожість, ніж понцірусу, початок проростання насіння якого був зафіксований значно пізніше (рис. 4, 5).

Подальше прокльовування насіння маклюри відбувалося доволі рівномірно. Проростання насіння понцірусу та хурми починалося майже одночасно, на 21 день після висаджування їх у ґрунт. Пік появи проростків понцірусу ми спостерігали на 28-30 день, хурми – на 26. В наступні дні проростки продовжували з'являтися аж до 36-37 дня від початку пророщування насіння. Надалі нові проростки не з'являлися і дослід було припинено.

Висновки.

1. Для насіння понцірусу, хурми та маклюри властива досить висока енергія проростання і схожість насіння, тому основним способом розмноження цих видів слід вважати насіннєве, але для збереження біологічного різноманіття і генетичних особливостей певних особин можна ефективно використовувати методи клонального мікророзмноження.

2. Понцірус та хурма кавказька є перспективними культурами для вирощування в умовах Закарпаття як підщепи для теплолюбних сортів цих видів, а також як невибагливі декоративні рослини у міських посадках різного типу.

3. Незважаючи на суттєві переваги маклюри над подібними видами, вона не набула належного поширення, тому слід активніше проводити роз'яснювальну та пропагандистську роботу серед населення для більш ефективного використання її в озелененні населених пунктів та присадибних ділянок.

Список літератури:

1. Артюшенко З.Т. Атлас по описательной морфологии высших растений. Плод / З.Т. Артюшенко, А.А. Федоров. – Л.: Наука, 1986. – 392 с.
2. Барганджия А.Г. Хурма восточная – перспективы ее внедрения в производство / А.Г. Барганджия:

сборник материалов совещания [“Продуктивность субтропических культур”]. – Махарадзе – Анасеули, 1982. – С. 69–70.

3. Вальтер Г. Растительность Земного шара. Эколого-физиологическая характеристика. Тропические и субтропические зоны / Вальтер Г. – М.: Прогресс, 1968. – 547 с.
4. Карпун Ю.Н. Субтропическая декоративная дендрология / Карпун Ю.Н. – Санкт-Петербург: ВВМ, 2010. – 239 с.
5. Кульков О.П. Субтропические плодовые культуры Узбекистана / О.П. Кульков. – Т.: Мехнат, 1986. – 176 с.
6. Курбанов М.Р. Особенности строения семян некоторых редких и исчезающих видов древесных растений Кавказа, интродуцированных на Апшероне / М.Р. Курбанов, Э.О. Искендеров // Бюл. ГБС. – 1991. – Вып. 160. – С. 80–84.
7. Масиев А.М. Некоторые особенности хурмы кавказской в условиях Апшерона / А.М. Масиев // Известия Академии наук Азербайджанской ССР. Серия биологических наук. – Баку, 1985. – № 4. – С. 10–16.
8. Массовер Б.Л. Хурма в Таджикистане / Б.Л. Массовер // Садоводство. – 1983. – № 12. – С. 37–39.
9. Славкина Т.И. О палеографии и истории развития видов рода *Diospyros* L. (хурма) / Т.И. Славкина // Интродукция и акклиматизация растений. – Изд-во “Фан”, 1977. – Вып. 14. – С. 36–42.
10. Тахтаджян А.Л. Система и филогения цветковых растений / А.Л. Тахтаджян. – М.-Л.: Наука, 1966. – 611 с.
11. Тахтаджян А.Л. Система магнолиофитов / А.Л. Тахтаджян. – Л.: Наука, 1987. – 439 с.
12. Тутберидзе, Б. Влияние различных форм подвоя на качество плодов цитрусовых / Б. Тутберидзе, Г. Сарджвеладзе, Т. Каландаришвили // Субтропические культуры. – 1987. – № 4. – С. 123–128.
13. Федоров А.А. Атлас по описательной морфологии высших растений. Цветок / А.А. Федоров, М.Э. Кирпичников. – Л.: Наука, 1975. – 352 с.
14. Черепанов С.К. Сосудистые растения России и сопредельных государств (в пределах бывшего СССР) / С.К. Черепанов. – С-Пб.: Русское издание. Мир и семья, 1995. – 992 с.

GERMINATION ECOLOGY OF *PONCIRUS* L., *MACLURA* L., *DIOSPYROS* L. INTRODUCED IN TRANSCARPATIA

A.O. Sikura, A.V. Kolesnyk, V.I. Nikolaychuk

*To study the individual development of the introduced species in the Transcarpathia the germination vigor and similarity of seeds *Poncirus trifoliata* L., *Maclura pomifera* (Raf.), *Diospyros lotus* L. (syn. *D. caucasica*) was explored. The seeds were nurtured in the laboratory after pretreatment with potassium permanganate solution. The germination of the seeds was determined by the number of normal seedlings that emerged in a given time under optimal germination conditions. The vigor was evaluated by the number of seeds that sprouted during the period specified for each culture individually. The highest energy of germination was observed in *Maclura pomifera* (Raf.), while the *Diospyros lotus* L. and *Poncirus trifoliata* L. seed germination was slightly lower. The germination of *Poncirus trifoliata* L. seeds, *Diospyros lotus* L. and *Maclura pomifera* (Raf.), was quite high. Accordingly to our data, the main reproduction method of these species is sowing or natural dispersal of their seeds.*

*Keywords: *Poncirus trifoliata*, *Maclura pomifera*, *Diospyros lotus*, vigor, introduction, germination of seeds.*

Отримано редколегією 19.09.2012

Біологічні системи. Т. 4. Вип. 4. 2012

ОЦЕНКА ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ЭРИТРОЦИТОВ СКОРПЕНЫ В УСЛОВИЯХ ГИПОКСИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВИТАЛЬНОГО КРАСИТЕЛЯ FDA (ЭКСПЕРИМЕНТ *IN VITRO*)

А.Ю. Андреева

Институт биологии южных морей им. А.О. Ковалевского НАН Украины,
проспект Нахимова, 2, Севастополь, 99011, АР Крым, Украина, andreevaal@gmail.com

Исследовали влияние гипоксии на эритроциты скорпены в условиях in vitro с использованием красителя ди-ацетат флуоресцину (FDA). Было показано, что в условиях недостатка кислорода интенсивность флуоресценции FDA преимущественно растет на 30-184%. Обсуждаются механизмы, которые заключаются в основе вышеупомянутых изменений.

Ключевые слова: ядерные эритроциты, гипоксия, FDA, флуорисценция.

Введение. Ключевым фактором, обеспечивающим выживание рыб, является достаточный уровень кислорода в среде. Многие зоны Мирового океана характеризуются периодической или хронической гипоксией (Diaz et al., 2008).

Эритроциты костистых рыб представляют собой классический объект исследования в области клеточной физиологии. Красные клетки крови низших позвоночных обладают ядрами и митохондриями, в отличие от эритроцитов млекопитающих. Данные особенности строения, наряду с разнообразием путей обмена веществ, функционально приближают ядерные эритроциты к соматическим клеткам (Cossins, Gibson, 1997; Sephton, Driedzic, 1994; Tiihonen, Nikinmaa, 1991).

Удобным методом оценки состояния отдельных клеток является проточная цитометрия (Stauber et al., 2002; Diaper et al., 1992). Данный метод позволяет осуществлять мультипараметрический анализ большого числа клеток, а также их дифференцировку в смешанных популяциях (Stauber et al., 2002; Diaper et al., 1992). Применение витальных красителей обеспечивает возможность получения информации о физиологическом состоянии клеток, не влияя на их жизнедеятельность (Stauber et al., 2002). Для оценки метаболической активности клеток и целостности мембран применяют прижизненный краситель флуоресцеин диацетат (FDA) (Stauber et al., 2002; Diaper et al., 1992; Jochem, 1999). Благодаря своей липофильной природе, флуорохром свободно проходит через мембраны клеток, где переводится в светящуюся форму неспецифическими эстеразами (Jochem, 1999).

Известно, что недостаток кислорода индуцирует ряд морфологических, физиологических и биохимических реакций ядерных эритроцитов (Jensen, Weber, 1989; Baldisserotto et al., 2008).

Однако, в условиях целостного организма влияние гипоксии опосредовано (Nikinmaa, 1991). В то же время данные об участии изолированных клеточных систем в процессах адаптации к дефициту кислорода крайне малочисленны.

Целью данной работы является исследование влияния различной степени гипоксии на ядерные эритроциты рыб в условиях *in vitro*.

Объект и методы. Объектом исследования служили эритроциты *Scorpaena porcus* L. Кровь получали из хвостовой артерии. В качестве антикоагулянта применяли гепарин («Richter», Венгрия). Эритроциты отделяли от плазмы путем центрифугирования при 1000 g в течение 15 минут и трижды отмывали в эквивалентном объеме изотоничной среды: 128 mM NaCl, 3 mM KCl, 1,5 mM CaCl₂, 1,5 mM MgCl₂, 15 mM л Трис, 2,2 mM D-глюкозы (pH 7,8) (Tiihonen, Nikinmaa, 1991).

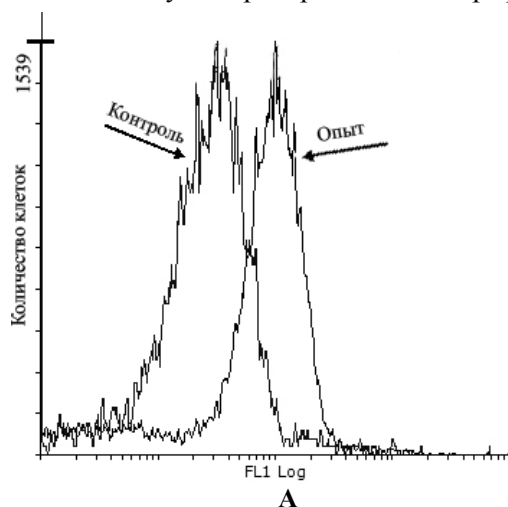
Инкубация эритроцитов в гипоксической среде составляла 4 часа при температуре 14-16°C. Понижение концентрации кислорода достигалось путем барботажа изотоничного раствора газообразным азотом. Исследовали концентрационный диапазон 0,57-8,17 мгО₂ л⁻¹. Инкубация клеток проводилась в герметичных вакуумных пробирках «Vacuette» (Greiner Bio-One GmbH).

По окончании экспозиции ядра эритроцитов окрашивали витальным красителем FDA. Финальная концентрация красителя в пробе составляла 10 мкл*мл⁻¹ флуоресцеина (максимумы возбуждения и эмиссии, соответственно, 494 и 518 нм). Рабочий раствор красителя готовили в диметилсульфоксиде (DMSO) (конечная концентрация 5 мг*мл⁻¹) и хранили при +4°C в замороженном состоянии. Окраску суспензии эритроцитов проводили при комнатной температуре в темноте в течение 30 мин. Интенсивность флуоресценции оценивали на двухпараметрических

цитограммах (канал FL1 в зеленой области спектра, 525 нм) на безразмерных логарифмических шкалах в программе Flowing Software 2.0.

Нормальность распределения цифровых массивов проверяли, используя критерий Пирсона. Достоверность отличий оценивали при помощи t-критерия Стьюдента. Результаты представлены в виде $\bar{x} \pm S_x^-$.

Результаты и обсуждение. В условиях эксперимента наблюдали смещение графика распределения интенсивности флуоресценции FDA, относительно значений контроля (рис. 1). Возрастание флуоресценции было ассоциировано со сдвигом максимума распределения графика



вправо (рис. 1А), что воспроизводилось в 10 из 15 точек эксперимента. В некоторых случаях наблюдалось снижение интенсивности флуоресценции красителя: максимум распределения смещался влево относительно контроля (различия недостоверны) (рис. 1Б).

Ранжированная гипоксия в условиях *in vitro* индуцировала возрастание интенсивности флуоресценции FDA практически во всех точках эксперимента, за рядом исключений (рис. 2). Увеличение показателя составляло 30-184 %, и изменения были статистически значимы (рис. 2). Концентрационной зависимости в изменениях интенсивности флуоресценции не выявлено.

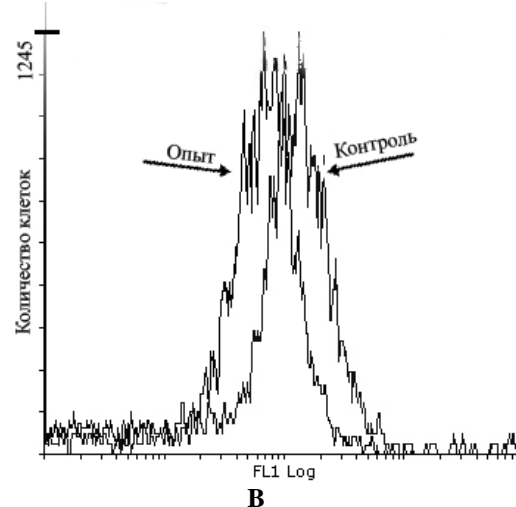


Рис. 1. Гистограммы распределения интенсивности флуоресценции FDA в условиях гипоксии *in vitro*: А – возрастание флуоресценции; В – снижение флуоресценции. (Ось абсцисс – флуоресценция клеток в относительных единицах. Ось ординат – количество клеток, в единицах)

Fig.1. Histograms of the fluorescence intensity of FDA under hypoxic conditions *in vitro*: А – an increase of fluorescence; В – decrease in fluorescence. (Abscissa axis – the fluorescence of cells in relative units. Y-axis – the number of cells in units)

FDA имеет широкое применение в биологических и медицинских исследованиях. Возрастание интенсивности флуоресценции красителя в клетках может наблюдаться:

- при усилении ферментативной активности клетки;
- при повышении уровня pH внутриклеточной среды;
- в результате изменения проницаемости клеточной мембраны.

Известно, что перевод красителя в светящуюся форму осуществляется эстеразами (липазы, ацилазы), принимающими участие в липидном обмене клеток (Prosperi, 1990), потому интенсивность флуоресценции может свидетельствовать об изменениях активности ферментов. Возрастание флуоресценции FDA часто связывают с увеличением общей интенсивности метаболизма в клетках (Heslop-Harrison, Heslop-Harrison, 1970), так как большее количество красителя переводится в светящуюся форму в единицу времени.

Однако, в условиях гипоксии подобное усиление обмена веществ нехарактерно для эритроцитов костистых рыб и требует дополнительных экспериментальных подтверждений.

С другой стороны, в ряде работ (Prosperi et al., 1985) показано, что флуоресценция красителя в значительной степени определяется уровнем pH внутриклеточной среды. Показано, что возрастание интенсивности флуоресценции FDA наблюдается при повышении pH цитоплазмы, в то время как ацидификация клеток снижает интенсивность свечения. Тем не менее, возрастание pH эритроцитов при недостатке кислорода в условиях нашего эксперимента маловероятно, т.к. известно, что гипоксия индуцирует активацию гликолиза и, как следствие, постепенное снижение pH внутриклеточной среды за счет накопления лактата (Baldisserotto et al., 2008). Наиболее вероятной причиной возрастания интенсивности флуоресценции FDA представляется уменьшение проницаемости клеточной мембраны, т.к. поляр-

ная флуоресцирующая форма FDA, образующаяся в клетке, неспособна быстро проходить через биологическую мембрану и, в случае снижения ее проницаемости, краситель накапливается в клетках (Prosperi, 1990).

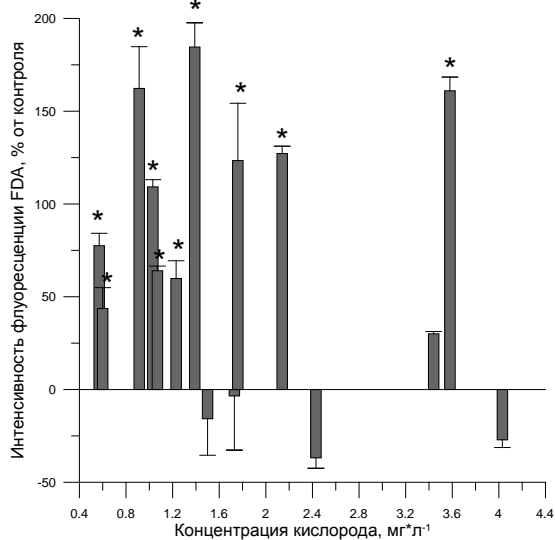


Рис. 2. Интенсивность флуоресценции FDA у эритроцитов скорпены в условиях ранжированной гипоксии (* – $p < 0,02$)

Fig. 2. The fluorescence intensity of FDA in erythrocytes scorpion fish ranged in hypoxia (* – $p < 0,02$)

Подобные изменения проницаемости мембраны могут наблюдаться при гипоксии у толерантных видов (Hochachka, 1986). Уменьшение количества ионных каналов происходит путем конформационных перестроек белка-переносчика, что позволяет сэкономить энергию, необходимую на поддержание ионных градиентов в условиях дефицита кислорода (Hochachka, 1986).

Выводы. Таким образом, в условиях ранжированной гипоксии *in vitro* происходит возрастание интенсивности флуоресценции FDA в ядерных эритроцитах скорпены. Достоверное увеличение свечения составляло 30-184%. Наиболее вероятной причиной возрастания показателя в условиях гипоксии представляется уменьшение проницаемости мембраны эритроцитов.

Список литературы:

- Baldisserotto B., Chippari-Gomes A.R., Lopes N.P., Bicudo J., Paula-Silva M.N., Almeida-Val V., Val A.L. Ion fluxes and hematological parameters of two teleosts from the Rio Negro, Amazon, exposed to

- hypoxia // Brazilian Journal of Biology. – 2008. – 68, № 3. – P. 571–575.
- Cossins A., Gibson J.S. Volume-sensitive transport systems and volume homeostasis in vertebrate red blood cells // Journal of Experimental Biology. – 1997. – 200. – P. 343–352.
- Diaper J.P., Tither K., Edwards C. Rapid assessment of bacterial viability by flow cytometry // Applied Microbiology and Biotechnology. – 1992. – 38. – P. 268–272.
- Diaz R.J., Rosenberg R. Spreading Dead Zones and Consequences for Marine Ecosystems // Science. – 2008. – 321, № 5891. – P. 926–929.
- Heslop-Harrison J., Heslop-Harrison Y. Evaluation of pollen viability by enzymatically induced fluorescence; intracellular hydrolysis of fluorescein diacetate // Stain technology. – 1970. – 45, № 3. – P. 115–120.
- Hochachka P.W. Defence strategies against hypoxia and hypothermia // Science. – 231. – 1986. – P. 234–241.
- Jensen F.B., Weber R.E. Kinetics of the acclimational responses of tench to combined hypoxia and hypercapnia // Journal of Comprehensive Physiology B. – 1989. – 156, №2. – P. 197–203.
- Jochem F.J. Dark survival strategies in marine phytoplankton assessed by cytometric measurement of metabolic activity with Fluorescein diacetate // Marine Biology. – 1999. – 135. – P. 721–728.
- Nikinmaa M. Adrenergic control of oxygen transport in salmonids // Fischerei-Forschung. – 1991. – 29, № 3. – P. 64–65.
- Prosperi E. Intracellular turnover of Fluorescein diacetate. Influence of membrane ionic gradients on Fluorescein efflux // Histochemical Journal. – 1990. – 22. – P. 227–233.
- Prosperi E., Croce A.C., Bottiroli G., Supino R. Influence of daunorubicin on membrane permeability properties: detection by means of intracellular accumulation and efflux of fluorescein // Chemical-Biological Interactions. – 1985. – 54. – P. 271–280.
- Sephton D.H., Driedzic W.R. Glucose metabolism by sea raven (*Hemitripterus americanus*) and rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) erythrocytes // Journal of Experimental Biology. – 1994. – 194. – P. 167–180.
- Stauber J.L., Franklin N.M., Adams M.S. Applications of flow cytometry to ecotoxicity testing using microalgae // Trends in Biotechnology. – 2002. – 20, № 4. – P. 141–143.
- Tiihonen K., Nikinmaa M. Short communication substrate utilization by carp (*Cyprinus carpio*) erythrocytes // Journal of Experimental Biology. – 1991. – 161. – P. 509–514.

ESTIMATION OF FUNCTIONAL STATE OF SCORPAENA ERYTHROCYTES UNDER HYPOXIA WITH USE OF VITAL DYE FDA (*IN VITRO* EXPERIMENT)

O.Y. Andrieieva

The influence of hypoxia on scorpaena erythrocytes with use of fluorescein diacetate was investigated during in vitro experiment. It had been shown that under oxygen deficiency fluorescence intensity of FDA increased in majority on 30-184 %. The mechanisms of observed changes are discussed.

Keywords: nucleated erythrocytes, hypoxia, FDA, fluorescence.

Отримано редколегією 01.07.2012

ОЦЕНКА ВЕЛИЧИНЫ ПОГРЕШНОСТИ ПРИ РАСЧЕТЕ ИНДЕКСА САГИТТАЛЬНЫХ ОТОЛИТОВ *ENGRAULIS ENCRASICOLUS*

Е.А. Водясова

Институт биологии южных морей
пр. Нахимова, 2, Севастополь, 99011, Крым, Украина, eavodiasova@gmail.com

Рассчитана полная погрешность индекса отолитов при использовании окуляр-микрометра. Она составила 0,08. Показано, что измерение длины и ширины отолитов можно выполнять один раз, так как случайная ошибка не является определяющей. Известные средние значения данного параметра для подвидов хамсы следует заменить интервалами: для азовского анчоуса 1,88-2,04 и для черноморского 2,07-2,23 ($1,96 \pm 0,08$ и $2,15 \pm 0,08$ соответственно). Округление индекса отолитов следует проводить до десятых.

Ключевые слова: хамса, отолиты, погрешность, Черное море, внутривидовая неоднородность.

Вступление. Европейский анчоус (*Engraulis encrasicolus*) является в настоящее время основным промысловым видом в Азово-черноморском бассейне. Внутривидовая структура хамсы до конца не установлена. В результате многолетних исследований на основе ряда морфологических признаков были выделены два подвида: черноморская *Engraulis encrasicolus ponticus* Aleksandrov и азовская *Engraulis encrasicolus maeoticus* Puzanov хамса, а также признается существование различных гибридных форм (Световидов, 1964; Калнин, Калнина, 1985).

Для идентификации популяционной принадлежности анчоуса в качестве основного морфологического различительного признака используется отношение длины отолита к его ширине (индекс l/d). Из литературы известны следующие значения l/d для двух подвидов: для азовской хамсы – 1,96; для черноморской – 2,15 (Сказкина, 1965). Неоднородность рассматриваемых группировок хамсы устанавливается с помощью анализа распределения данного параметра (Зуев, Мурзин, 2009; Зуев и др., 2011). Определение популяционной принадлежности анчоуса с использованием данного морфологического критерия имеет свои трудности. Наличие нескольких вершин у кривой распределения предполагает смешанную группу. В результате с использованием индекса отолитов были выделены еще две популяции хамсы с l/d 2,41 и 2,04 (Зуев и др., 2007). Однако, существует вероятность появления «мнимых» пиков в кривых распределения данного параметра в зимовальных скопления анчоуса около берегов Крыма. В результате дискриминантного анализа было установлено, что общая вероятность правильного определения подвида анчоуса по данному признаку составляет, примерно, 73%. В других работах было сде-

лано предположение о влиянии размерно-возрастного состава на распределение l/d (Мельникова, 2011).

С другой стороны, неоднозначность получаемых результатов можно объяснить наличием погрешности при использовании данного морфологического критерия (Земельман, 1991; Кузнецов, Ялунина, 1995).

Измерения отолитов проводятся под бинокляром с помощью окуляр-микрометра, с ценой деления 0,025 мм. Это позволяет производить измерения длины и ширины отолитов до сотых, в результате чего индекс l/d рассчитывался с такой же точностью. Однако, данный параметр не является прямым измерением, и погрешность его определения может быть больше. В этой связи является необходимым изучение погрешности измерения индекса отолитов и ее влияния на точность определения популяционной принадлежности данным методом. Работы, посвященные этому вопросу, ранее не проводились.

Материалы и методы. Материалом для исследования послужили отолиты анчоуса (*Engraulis encrasicolus*), собранные в Черном море в районе Севастополя в ноябре-декабре 2010 года. У каждого отолита измеряли длину (l) и ширину (d) отолита с точностью до 0,025 мм (измерения проводились под бинокляром МБС-10 с помощью окуляр-микрометра). Всего было изучено 346 отолитов. На основании полученных значений рассчитывали индекс отолитов, как отношение длины отолита к его ширине.

Погрешность любого измерения складывается из двух составляющих (инструментальной и случайной погрешности).

Общая абсолютная погрешность измерения индекса l/d находилась по формуле:

$$\Delta F = \sqrt{\Delta F_{\text{instr}}^2 + \Delta F_{\text{случ}}^2}, \text{ где}$$

$\Delta F_{\text{instr}}^2$ - инструментальная погрешность (обусловлена несовершенством приборов для измерения),

$\Delta F_{\text{случ}}^2$ - случайная погрешность (вызывается большим числом случайных причин, действие которых на каждое измерение различно и не может быть заранее уточнено) (Бурдун, Марков, 1984; Новицкий, Зограф, 1985).

Хотя исключить случайные погрешности невозможно, математическая теория случайных явлений позволяет уменьшить влияние этих погрешностей на окончательный результат измерений. Если случайная погрешность, полученная по данным измерений, окажется значительно

меньше погрешности, определенной точностью прибора, то нет смысла пытаться уменьшить величину случайной погрешности. Если случайная погрешность больше приборной, то измерения следует провести несколько раз, чтобы уменьшить значение случайной погрешности для данной серии измерений и сделать эту погрешность меньше или одного порядка с погрешностью прибора.

Результаты и обсуждение. Для расчета случайной погрешности длина и ширина одного отолита были измерены в 10-кратной повторности. Измерения проводились в относительных единицах. Для каждого измерения был рассчитан свой индекс l/d . Полученные значения занесены в таблицу.

Таблица 1
Расчет случайной погрешности
индекса отолитов *Engraulis encrasicolus*

Показатели	№ измерения									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
l (отн.ед.)	107	108	108	107	108	108	107	107	107	107
d (отн.ед.)	46	46	46	47	47	46	47	46	47	47
l/d	2,33	2,35	2,35	2,28	2,3	2,35	2,28	2,33	2,28	2,28

Table 1
The calculation of the random error of index
otoliths *Engraulis encrasicolus*

Для расчета случайной погрешности использовали стандартную формулу:

$$\Delta F_{\text{случ}} = \frac{\sum \Delta F_i}{i}, \text{ где } \Delta F_i = |<F> - F_i|.$$

Значение случайной погрешности составило $\Delta F_{\text{случ}} = 0,02$.

Как говорилось выше, индекс отолита является косвенным измерением, поэтому инструментальная погрешность измерения l/d будет вычисляться иначе. В основе вычислений погрешностей косвенных измерений лежат 2 предположения. Во-первых, абсолютные ошибки измерений малы, по сравнению с измеряемыми величинами. Поэтому, в теории ошибок абсолютные погрешности рассматриваются как бесконечно малые приращения измеряемых величин. Во-вторых, если физическая величина F , которую мы определяем косвенно, является функцией одной или нескольких переменных $F = f(x, y, z)$, то абсолютная ошибка функции F , обусловленная погрешностями ее аргументов, может быть найдена по правилам дифференцирования. Знак дифференциала d заменяется знаком ошибки Δ и знаки выбираются таким образом, чтобы величина ошибки была максимальной, то есть

$$dF = \frac{\partial F}{\partial x} \cdot dx + \frac{\partial F}{\partial y} \cdot dy + \frac{\partial F}{\partial z} \cdot dz$$

$$\Delta F_{\text{инстр}} = \frac{\partial F}{\partial x} \cdot \Delta x + \frac{\partial F}{\partial y} \cdot \Delta y + \frac{\partial F}{\partial z} \cdot \Delta z$$

Рассчитаем полную производную для индекса отолитов.

$$F = \frac{l}{d}, \quad d(F) = \frac{\partial F}{\partial l} \cdot d(l) + \frac{\partial F}{\partial d} \cdot d(d) = \frac{d(l)(d+l)}{d^2}$$

Заменим дифференциал на ошибку и с учетом того, что $\Delta l = \Delta d$ (инструментальная погрешность окуляр-микрометра для прямых измерений), получим:

$$\Delta F_{\text{инструм}} = \frac{\Delta l(d+l)}{d^2}$$

Инструментальная погрешность прибора определяется как цена деления и равна 0,025 мм. Расчет инструментальной погрешности проведем для любого значения данного параметра. Для индекса $l/d=2,39$ ($l=2,625$, $d=1,1$) $\Delta N_{\text{инстр.}}=0,077$

Суммарная погрешность измерений составляет: 0,08. Отсюда следует, что приборная ошибка является определяющей, т.е. ее величина существенно больше величины случайной ошибки, присущей данному методу. Это означает, что достаточно выполнить измерение 1 раз. В то же время величина суммарной погрешности расчета индекса отолитов показывает, что округление индекса отолитов следует проводить не до сотых, как это делалось ранее, а до десятых.

Это ограничение существенно влияет на вид кривых распределения данного морфологического критерия для всех рассматриваемых совокупностей анчоуса.

Рассмотрим влияние погрешности на примере особей анчоуса, собранных в Черном море в районе Севастополя (бухта Стрелецкая и мыс Лукул) в ноябре-декабре 2010 года. Среднее значение индекса отолиотов составило $2,15 \pm 0,12$, что соответствует черноморской популяции хамсы. Кривая распределения имеет три пика: в районе 2,09; 2,18 и 2,37, что близко к значениям, отмеченным во введении к статье (рис. 1).

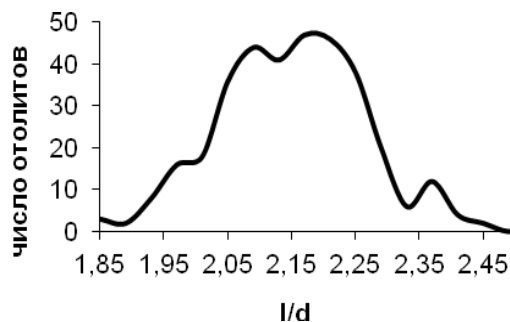


Рис. 1. Распределение индекса отолиотов при округлении до сотых

Fig. 1. Distribution of otoliths index rounding to two decimal places

Это могло бы свидетельствовать о неоднородности выборки — примесью особей из других внутривидовых группировок, особенностью возрастного состава или влиянием каких-либо иных неконтролируемых факторов.

Однако, с учетом полученных данных и округления данного параметра до десятых, кривая распределения существенным образом изменяется, что видно на рисунке 2.

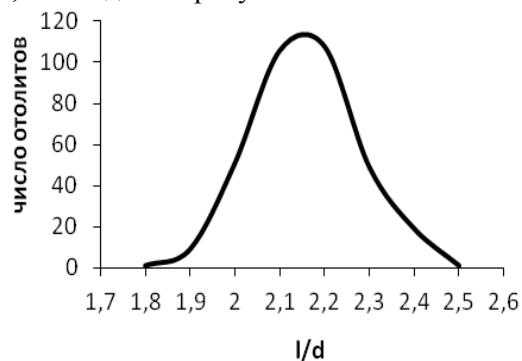


Рис. 2. Распределение индекса отолиотов при округлении до десятых

Fig. 2. Distribution of otoliths index rounding to the nearest tenth

Кривая является симметричной и имеет четкую вершину в районе значения, характерного для черноморской популяции. В этом случае выборку уже нельзя рассматривать

как неоднородную и говорить о наличии в ней особей из других популяций.

Выводы.

Таким образом, была рассчитана суммарная погрешность индекса отолиотов для анчоуса *Engraulis encrasicolus*, которая составила 0,08. С учетом полученных данных, использование данного метода идентификации хамсы должно быть полностью пересмотрено. Измерение можно выполнять один раз, так как случайная ошибка не является определяющей. Значения индекса отолиотов для азовской и черноморской хамсы можно использовать в качестве критерия для идентификации этих двух подвидов, но с учетом рассчитанной суммарной погрешности. Значение данного параметра следует рассматривать в качестве интервала: для азовского анчоуса 1,88-2,04 и для черноморского 2,07-2,23 ($1,96 \pm 0,08$ и $2,15 \pm 0,08$ соответственно). Округление индекса отолиотов следует проводить до десятых, потому что ошибка метода составляет 0,08. Необходимо пересмотреть кривые распределения параметра l/d для различных скоплений хамсы с учетом полученных данных. Существование популяций анчоуса в Азово-Черноморском регионе, выделенных с помощью данного морфологического критерия, необходимо подвергнуть критическому анализу.

Список литературы:

1. Бурдун Г.Д., Марков Б.Н. Основы метрологии. — М.: Изд-во стандартов, 1984. — 312 с.
2. Земельман М.А. Метрологические основы технических измерений. — М.: Изд-во стандартов, 1991. — 285 с.
3. Зуев Г.В., Гуцал К.Д., Мельникова Е.Б., Бондарев В.А. К вопросу о внутривидовой неоднородности зимующей у побережья Крыма хамсы // Современные проблемы экологии Азово-черноморского региона: Материалы III междунар. конф., Керчь, 10-11 октября 2007 г. — Керчь: ЮгНИРО КРАЭМ, 2007. — С. 15–23.
4. Зуев Г.В., Мурзин Ю.Л. Применение графического метода вероятностной бумаги для изучения внутривидовой неоднородности азово-черноморской хамсы // Современные проблемы теоретической и прикладной ихтиологии: Материалы II междунар. ихтиолог. научно-практ. конф., Севастополь, 16-19 сентября 2009 г. — Севастополь: ИнБЮМ НАНУ, 2009. — С. 57–59.
5. Зуев Г.В., Гуцал Д.К., Горалевич К.Г., Бондарев В.А., Мурзин Ю.Л., Новоселова Ю.В. Внутривидовая морфо-экологическая и биологическая изменчивость азово-черноморской хамсы *Engraulis encrasicolus* (pisces: Engraulidae), зимующей у побережья Крыма // Морський екологічний журнал. — 2011. — Т.10. — №1. — С. 5–18.
6. Калнин В.В., Калнина О.В. Интрогрессивная гибридизация рас и популяционная структура анчоуса

- Черного моря // Генетика. – Москва, 1985. – Т. 21, №8. – С. 1352–1360.
7. Кузнецов В.А., Ялунина Г.В. Основы метрологии. – М.: Изд-во стандартов, 1995. – 230 с.
8. Мельникова Е.Б. Определение внутривидовой неоднородности хамсы с помощью метода дискриминантного анализа // Рыбное хозяйство Украины. – 2011. – №6. – С. 55–60.
9. Новицкий П.В., Зограф И.А. Оценка погрешностей результатов измерений. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 245 с.
10. Рыбы Черного моря. Определитель по фауне СССР / Под ред. Световидова А.Н. – М.: Наука, 1964. – Вып. 86. – 550 с.
11. Сказкина Е.П. Различие азовской и черноморской хамсы (*Engraulis encrasicolus maeoticus* Puzanov, *Engraulis encrasicolus ponticus* Aleks.) по отолитам // Вопросы ихтиологии. – 1965. – Т. 5, №4. – С. 600–605.

THE ERROR OF CALCULATING THE INDEX OF SAGITTAL OTOLITHS OF ANCHOVY *ENGRAULIS ENCRASICOLUS*

E.A. Vodiasova

The total error of otoliths index was calculated by using the ocular micrometer. It was 0,08. It is shown that the measurement of length and width of the otolith can be done once, since the random error is not decisive. Known average values of this parameter for the anchovy subspecies should be replaced at intervals: for the Azov anchovy and Black 1,88-2,04 2,07-2,23 ($1,96 \pm 0,08$ and $2,15 \pm 0,08$, respectively). Rounding the index of otoliths should be done to the nearest tenth.

Keywords: anchovy, otoliths, the error, the Black Sea, intraspecific heterogeneity.

Отримано редколегією 20.08.2012

ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ ІХТІОФАУНИ РІЧОК ПІВНІЧНО-ЗАХІДНОГО ПРИАЗОВ'Я ЗА РІЗНИХ ЕКОЛОГІЧНИХ УМОВ

Н.А. Демченко

*Таврійський державний агротехнологічний університет
просп. Б. Хмельницького, 18, м. Мелітополь, Запорізька обл., 72312, Україна, e-mail: bibadem@mail.ru*

Клімат, рельєф та наявність антропогенного впливу визначають екологічні умови існування риб. Ці чинники призвели до трансформації іхтіофауни річок північно-західного Приазов'я. Загальною її тенденцією є зникнення багатьох видів реофільного комплексу, в останні роки зростання лімнофільної групи та збагачення фауни внаслідок розширення ареалів морських форм.

У видовому складі риб річок за індексом Жаккара відмічається певна подібність, а самі водойми можна об'єднати у три плеяди. Аналіз частоти зустрічей видів у досліджуваних водоймах вказує на домінування карася сріблястого та краснопірки звичайної. На цей показник впливають гідроекологічні умови.

Ключові слова: іхтіофауна, річки північно-західного Приазов'я, індекс Жаккара, чисельність.

Вступ. Природно, що вища ланка гідробіоценозів річок (риби) випробовує на собі весь комплекс природних та антропогенних негативних чинників. На сьогодні, більшість ділянок малих річок втратили функціональне значення як резервати цінних в екологічному та промисловому відношенні представників іхтіофауни, погіршилися умови існування аборигенних видів риб практично на всіх стадіях життєвого циклу (Кочет, Христов та ін., 2011).

З'ясування причин трансформації іхтіофауни річок в результаті зміни біотопів дає змогу у подальшому розробити комплекс заходів зі збереження малих річок. Саме тому порівняльний аналіз видового складу, дослідження особливостей формування та чисельності риб в річках північно-західного Приазов'я є актуальним та необхідним для цього питання.

Метою даної роботи є вивчення особливостей формування іхтіофауни річок північно-західного Приазов'я в контексті різних екологічних умов у водоймах.

Задачами даного дослідження є:

- Порівняти видовий склад риб річок регіону досліджень за індексом Жаккара.
- Дослідити відносну чисельність видів риб, як одного з найважливіших показників стану виду у водоймі.
- З'ясувати основні фактори, що вплинули на іхтіофауну річок, та визначити основні напрямки змін.

Об'єкт і методи. До річок північно-західного Приазов'я відносяться Малий та Великий Утлюки, Корсак, Лозуватка, Молочна, Обитічна та Берда (Воровка, 2008), на яких проводилися роботи у 2001-2007 рр. Фактичний матеріал збира-

ли за спеціально розробленою схемою упродовж року у різних за екологічними характеристиками місцях. Для аналізу були використані дані обловів, які проводили мальковим волоком (вічко 6,5 мм) та зябровими сітками (вічко 18-50 мм).

Види риб визначали за допомогою різних джерел (Kottelat, Freyhof, 2007; Дирипаско О.А и др., 2011; Мовчан, 2011). Систематичне положення, латинські та українські назви риб подані за національними джерелами (Мовчан, 2005, 2006).

Результати та їх обговорення. Річки Приазов'я мають спільний генезис та розташовані на порівняно невеликій відстані одна від одної у межах невеликої за площею території з подібними кліматичними, едафічними та іншими екологічними умовами. Для всіх річок регіону з початку 50-х років характерно значне освоєння як русел, так і басейнів в цілому. Загальною тенденцією трансформації іхтіофауни в результаті цього є зникнення, а для деяких видів суттєве зменшення чисельності, багатьох видів реофільного комплексу (клепець, синець, бистрянкa, білизна, головень, шемає). В останні роки відбувається зростання лімнофільних риб (карась сріблястий, короп, товстолобики, чебачок амурський, сонячна риба тощо) та збагачення фауни внаслідок розширення ареалів морських форм.

Порівнюючи видовий склад риб річок за індексом Жаккара, слід відмітити певну подібність всіх водойм за іхтіофауною, а самі водойми можна об'єднати у три плеяди (рис. 1). До першої відносяться річки Малий та Великий Утлюки, до другої – Корсак та Лозуватка і до третьої – Молочна, Обитічна та Берда. Серед річок найбільші відмінності іхтіофауни (40,5-43,8%) спостерігаються у парах Корсак-Обитічна, Корсак-Берда,

Малий Утлюк-Обитічна та Малий Утлюк-Берда. При цьому у деяких водоймах, наприклад, Корсак і Обитічна, устя яких знаходяться на відстані лише ~ 40 км, ці відмінності досить значні і становлять 41,1%.

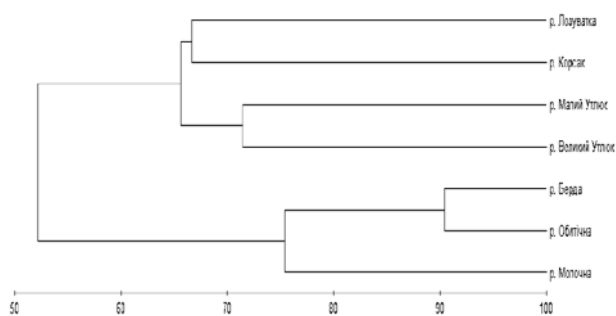


Рис. 1. Подібність іхтіофауни річок північно-західного Приазов'я за індексом Жаккара

Fig. 1. The similarity of ichthyofauna rivers northwest Azov by Jaccard index

Аналізуючи частоту зустрічей видів у досліджуваних водоймах, слід відмітити домінування карася сріблястого та краснопірки звичайної. Вони в більшості річок зустрічаються у кожному другому улові. Частота зустрічей краснопірки в річках коливається в межах від 9,1 до 60%, карася сріблястого відповідно від 33,3 до 100%.

Близько 11 видів, а саме окунь звичайний, верховодка звичайна, плітка звичайна, бичок пісочник, гірчак європейський, короп звичайний, колючка багатоголкова південна, бичок цуцик, кефаль піленгас, атерина південно-європейська, триголкова колючка звичайна є основою іхтіофауни та зустрічаються в уловах регулярно. Так, частота зустрічей цих видів коливається в межах 6,7-63,7%. Вони представлені в різних біотопах від витoku до гирла річок та мають відносно стабільну чисельність.

Рідко, а інколи і одноразово, в уловах різноманітних знарядь лову відмічалися такі види як тюлька чорноморська, бичок-лисун мармуровий, анчоус, морська голка довгорила, перкаріна чорноморська-азовська, лящ звичайний, сонячна риба, чехоня звичайна та ін. Частота зустрічей цих видів в уловах не перевищує 10% від кількості проведених контрольних ловів в басейні річки. Низькі показники зустрічей цих видів в уловах пов'язані з локальними місцями їх мешкання. Так, наприклад, тюлька чорноморська, анчоус, перкаріна чорноморська-азовська, шемая звичайна зустрічаються в гирловій ділянці річки Обитічна, а лящ в нижній частині Бердянського водосховища. Відомо, що одним з чинників, який впливає на показник частоти зустрічей видів в уловах, є гідроекологічні умови, які, в свою чер-

гу, сприяють формуванню специфічних іхтіокомплексів. Так встановлено, що домінування в річках північно-західного Приазов'я краснопірки забезпечується збільшенням показників витрат води. Зменшення ж даного показника призводить до домінування в іхтіоценозах карася сріблястого. Дані залежності мають високий показник кореляції (рис. 2) і для карася сріблястого становить -0,84, а для краснопірки звичайної 0,96.

Чисельність окремих видів у річках регіону значно варіює, що ще раз говорить про різні гідроекологічні умови в досліджуваних водоймах. Для з'ясування відносної чисельності була використана структура уловів дрібновічковими зябровими сітками та мальковим волоком.

В уловах зябрових сіток реєструється 28 видів риб. За результатами проведених обловів цими знаряддями лову, можна говорити, що в більшості річках за кількістю особин домінує карась сріблястий. Так, в середньому, за кількістю він складає 46% від загального улову, найменший показник відмічається в р. Молочній (29%), а найвищий в р. Великий Утлюк (77,8%). Дещо значні показники притаманні і коропу звичайному, який найбільше представлений в річках Малий Утлюк та Корсак – 27,6 та 50% відповідно. В інших річках він представлений значно менше, що пов'язано з інтенсивними роботами з аквакультури та зариблення ставків в басейнах даних річок.

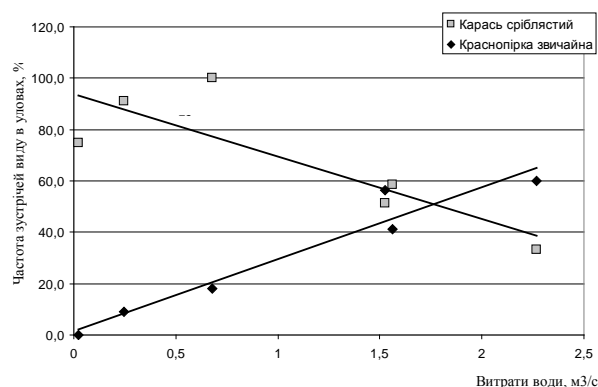


Рис. 2. Залежність частоти зустрічей карася сріблястого та краснопірки звичайної в уловах з показниками витрат води в річках північно-західного Приазов'я

Fig. 2. The dependence of the frequency of crucian carp and common rudd meetings in regular catches with the measure of water in rivers northwest Azov

Інші види в уловах зябрових сіток представлені значно менше. Так, окунь звичайний, плітка звичайна, краснопірка звичайна, кефаль піленгас в уловах, в середньому, складають не більше 10% від загальної кількості особин в улові. Кількість інших риб (головень звичайний, сонячна риба, судак звичайний, чехоня звичайна, бичок

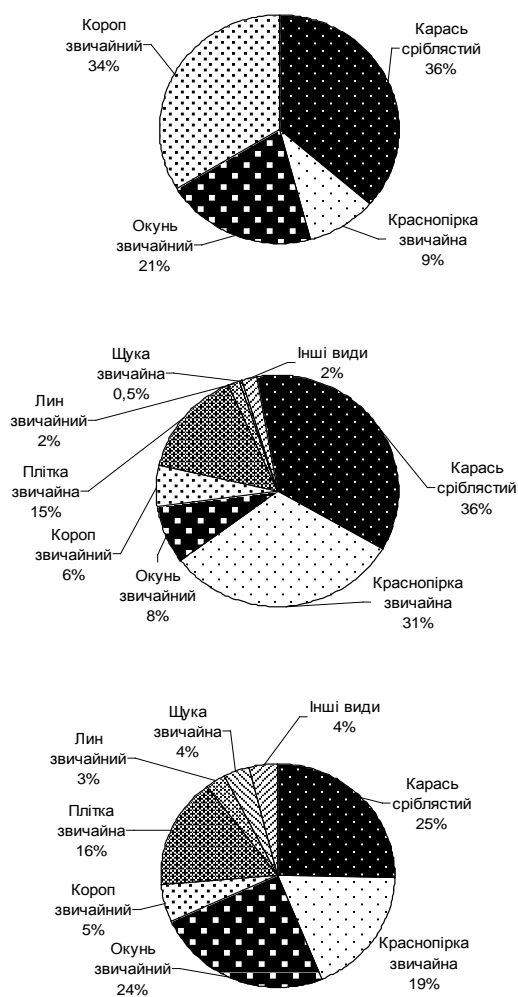
гоніць, лин звичайний, щука звичайна та ін.) в уловах мінімальна і не перевищує 1%.

В уловах малькового волоку реєструється 31 вид риб, передусім, це дрібні представники іхтіофауни та молодь великорозмірних видів. Домінуючим видом більшості уловів даного знаряддя є верховодка звичайна. Так, в середньому, в річках регіону досліджень даний вид представлений 40% за кількістю. Найбільша чисельність його реєструється в р. Великий Утлюк – 90%, найменше в р. Лозуватка – 20,8% відповідно.

Основу іхтіофауни, за показниками відносної чисельності на улов, займають карась сріблястий, бичок пісочник, грічак європейський, атеріна південно-європейська, краснопірка звичайна, триголкаво колочка звичайна, бобирець звичайний, пічкур звичайний, кефаль піленгас. Показники чисельності даних видів, в середньому, коливаються в межах 3-10%. Представленість в уловах інших видів є епізодичною. Чисельність таких видів як чебачок амурський, бичок-лисун

мармуровий, бичок сірман, щука звичайна, товстолоб строкатий, короп звичайний, амур білий, тюлька чорноморська, морська голка змієподібна, перкаріна чорноморська-азовська, морська голка довгоріла та інші не перевищує, в середньому, 2% від кількості особин в улові.

Аналізуючи чисельність риб в різних ділянках річок, слід відмітити різноманіття домінуючих видів. Так, улови зябрових сіток у верхів'ях річки Молочної представлені 4 видами, серед яких найбільшу чисельність має карась сріблястий та короп звичайний (36 та 34% від загальної кількості особин в улові). В середній частині річки Молочної в уловах зябрових сіток кількість видів збільшується до 10. Основу іхтіофауни, як і в верхів'ї, займає карась сріблястий – 36%, друге місце належить краснопірці звичайній – 31%. В пониззі річки домінують карась сріблястий, окунь звичайний, краснопірка звичайна – 25, 24 та 19% відповідно. В даній частині в уловах відмічаються 12 видів риб.



Верхів'я річки

Середня частина

Пониззя річки

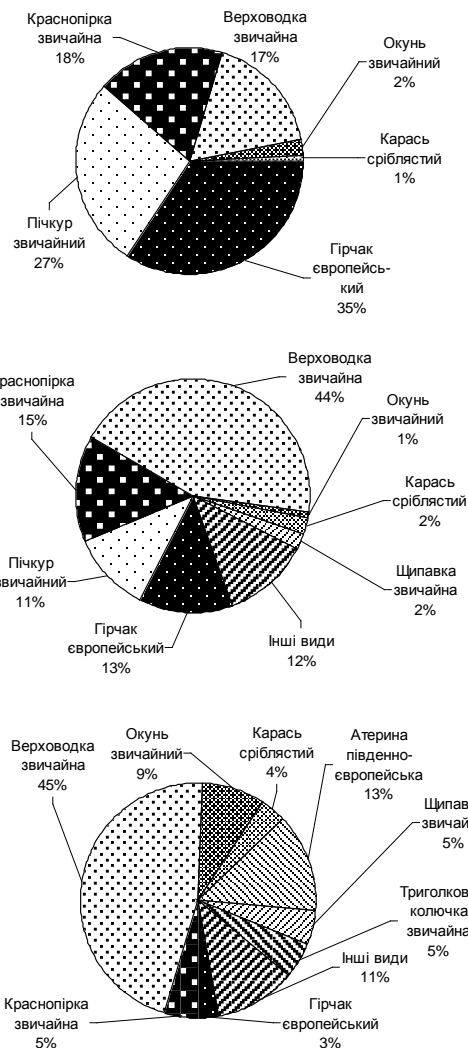


Рис. 3. Чисельність видів риб в уловах зябрових сіток (А) та малькового волоку (Б) з різних ділянок річки Молочної

Fig. 3. The number of species of fish catches in set gill nets (A) and fish fry bagless beach seines (B) from different river sections dairy

Таким чином, чисельність риб в різних ділянках річки в уловах зябрових сіток має певні закономірності. По перше, в зв'язку з великою кількістю ставків в верхів'ях річки Молочної, основну уловів складають види, які використовують в рибористві – карась сріблястий та короп звичайний. В середній частині значно збільшується кількість типових річкових видів риб, таких як лин звичайний, плітка звичайна, щука звичайна та ін. За екологічними умовами, середня течія даної річки є найбільш різноманітною за типами середовищ та найменш видозміненою антропогенною діяльністю. Для пониззя річки чисельність типово прісноводних видів зменшується, це, передусім, стосується краснопірки, і, водночас, в уловах з'являються типово морські види, такі як піленгас.

Аналіз чисельності дрібних представників та молоді великорозмірних видів риб для різних ділянок річки був проведений за уловами малькового волоку. Так, у верхів'ях зазначеної водойми відмічено 6 видів риб, в середній – 11, в пониззі – 15. За чисельністю, у верхній частині домінують гірчак європейський, пічкур звичайний, краснопірка звичайна (35, 27 та 18% відповідно). В середній течії основу уловів складають верховодка звичайна та краснопірка звичайна (44 та 15%). У пониззі майже половину, за чисельністю риб в улові, складає верховодка звичайна (45%). Слід відмітити, що в пониззі друге місце за чисельністю в уловах займає атерина південно-європейська з показником 13%. Збільшення в даній частині річки морських видів є типовим для більшості річок північно-західного Приазов'я.

Аналізуючи зростання чи падіння чисельності різних за екологією видів, слід звернути увагу на зменшення від витоків до гирла реофільних видів та типово прісноводних, які вибагливі до проточності та солоності води. Водночас, слід відмітити зростання чисельності морських видів, які збільшують свою чисельність в гирлових частинах річки. Таку закономірність можна прослідкувати на прикладі чисельності пічкура звичайного, гірчака європейського, краснопірки звичайної, як типово прісноводних, та атерини південно-європейської, як морського виду, в різних ділянках річок північно-західного Приазов'я (рис. 4).

Підсумовуючи, слід зазначити, що для збереження різноманіття риб, важливим є розуміння процесів формування видового складу іхтіофауни в конкретній водоймі. В кожній річці формується певний набір видів в залежності від комплексу абіотичних, біотичних та антропогенних

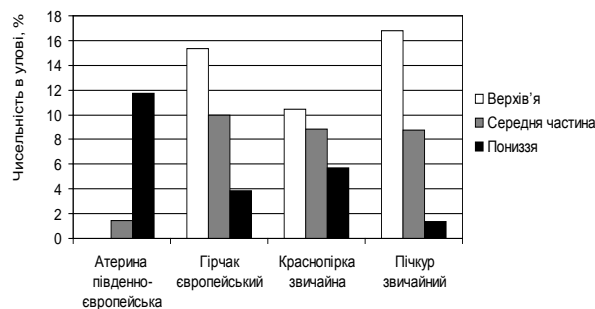


Рис. 4. Чисельність видів риб у мальковому волоку з різних ділянок річок

Fig. 4. The number of fish species in fish fry bagless beach seines from different parts of the river

факторів. Найбільш важливим з них є сукупність гідрологічних, гідрохімічних та гідробіологічних показників, які формують певний біотоп. В залежності від представленості у водоймі різноманітних місць мешкання, а саме перепадів зі швидкою течією, глибоких русел, мілководних акваторій, ставків, екотонних гирлових ділянок, залежить видовий склад та кількісна представленість у річці в цілому.

Висновки

- Порівняльний аналіз видового складу риб досліджуваних річок дозволив встановити, що за індексом Жаккара найбільша подібність фауни спостерігається у р. Обитічна та р. Берда. Найменше цей показник характерний для річок Корсак – Обитічна, Корсак – Берда, Малий Утлюк – Обитічна та Малий Утлюк – Берда.
- У досліджуваних водоймах, за частотою зустрічей, відмічається домінування карася сріблястого (33,3 до 100%) та краснопірки звичайної (9,1 до 60%). Вони в більшості річок зустрічаються у кожному другому улові.
- Чисельність окремих видів у річках регіону значно варіює, що залежить від різних гідроекологічних умов у водоймі. Так, домінування в річках північно-західного Приазов'я краснопірки забезпечується збільшенням показників витрат води, натомість його зменшення призводить до домінування карася сріблястого. Така залежність має високий показник кореляції і для карася сріблястого становить $-0,84$, а для краснопірки звичайної $0,96$.
- Важливими чинниками, які впливають на видовий склад та кількісну представленість у річках Приазов'я, є сукупність гідрологічних, гідрохімічних та гідробіологічних показників, які формують певний біотоп.

Список літератури:

1. Kottelat M., Freyhof J. Handbook of European freshwater fishes. – Delemont: Switzerland, 2007. – 646 p.

2. Воровка В.П. Обґрунтування кордонів Північно-Західного Приазов'я // Географія та екологія: наука і освіта: II Всеукр. наук.-практ. конф., 17–18 квітня 2008 р. – Умань, 2008. – С. 34–37.
3. Дирипаско О.А., Изергин Л.В., Демьяненко К.В. Рыбы Азовского моря. – Бердянск: Изд-во ООО „НПК Интер-М”, 2011. – 288 с.
4. Кочет В.М., Христов О.О. та ін. Ретроспективний огляд формування іхтіокомплексу р. Оріль // Вісник Дніпропетровського університету. Біологія. Екологія. – 2011. – Т. 2. – Вип. 19. – С. 76–85.
5. Мовчан Ю.В. До характеристики різноманіття іхтіофауни прісноводних водойм України (таксономічний склад, розподіл по річкових басейнах, сучасний стан) // Зб. пр. Зоологічного музею НАН України. – 2005. – №37. – С. 70–83.
6. Мовчан Ю.В. Зауваження до складу іхтіофауни України (нечисленні, рідкісні, зниклі і нові види) та сучасні зміни в номенклатурі її таксонів (у порядку обговорення) // Зб. пр. Зоологічного музею НАН України. – 2006. – №38. – С. 34–43.
7. Мовчан Ю.В. Риби України. – К.: Золоті ворота, 2011. – 444 с.

THE RIVERS ICHTHYOFAUNA OF NORTHEASTERN PART OF AZOV SEA BASIN UNDER DIFFERENT ECOLOGICAL CONDITIONS

N.A. Demchenko

The climate, relief and anthropogenic impact are determined the ecological conditions of fish surviving. These factors are caused to ichthyofauna's transformations of rivers of northeastern part of the Azov Sea basin. The disappearing of many reophilous fish species are the general tendency of this changes. At the current time the increasing of limnophilous group and improvement of fauna as consequence of saltwater fish expansions was observed.

According to Jakkar index the rather similarity between groups of freshwater fish species was noted. As a result we can unite these rivers into three groups. The analyzing of fish reoccurrence shows the prevailing of Prussian carp and Redeye. The hydroecological conditions influence on this index.

Keywords: ichthyofauna, the rivers of northeastern part of the Azov Sea basin, the Jakkar index, quantity.

Отримано редколегією 01.07.2012

ЖИВЛЕННЯ БИЧКА-КРУГЛЯКА *NEOGOBIOUS MELANOSTOMUS* (PALLAS) В ПРИДУНАЙСЬКОМУ ОЗЕРІ ЯЛПУГ

М.П. Заморова, В.В.Заморов

Одеський національний університет імені І.І. Мечникова,
Шампанський провулок, 2, Одеса, 65058, Україна, hydrobiologia@mail.ru

В придунайському озері Ялпуг проводили іхтіологічні дослідження, метою яких було вивчення якісного і кількісного складу харчового раціону бичка-кругляка *Neogobius melanostomus*, його інтенсивності живлення. Результати досліджень дозволяють зробити висновок, що головною їжею кругляка були молюски *Dreissena polymorpha*, *Fagotia esperi* і *F. acicularis*. В цілому, за рік харчова активність бичка виявилась достатньо високою.

Ключові слова: *Neogobius melanostomus*, озеро Ялпуг, живлення, кормові організми, вибірковість, *Dreissena polymorpha*.

Вступ. Стабільне функціонування водної екосистеми формується впродовж тривалого періоду часу. Більшість внутрішніх водойм України знаходяться під потужною дією господарської діяльності людини, внаслідок чого порушуються вже сталі процеси функціонування всієї системи.

Придунайські озера – найбільший озерний район України. Площа тільки п'яти найбільших з них – Кагулу, Ялпугу, Кугурлуя, Котлабуха та Китає – складає, приблизно, 450 км²; об'єм – близько 800 млн. м³ (Швебе, Ігошин, 2003).

У другій половині ХХ століття у Придунав'ї відбулися колосальні в екологічному відношенні зміни. Для захисту території від затоплення в період водопілля і паводків, а також для регульованих витрат води для сільського господарства, була споруджена система дамб, каналів та шлюзів. У зв'язку із частковою ізоляцією озер від Дунаю та зміною в них екологічних умов, відбулась значна перебудова їхніх екосистем, які формувалися сторіччями, і лиманно-каспійський комплекс населення придунайських водойм все більше набуває типово озерного характеру (Харченко, Воликов, 1977; Ляшенко, Воликов, 2006).

Придунайські озера здавна є місцем інтенсивного рибальства. Одним з домінуючих промислових видів був короп європейський *Suiprinius carpio* Linnaeus, також у великій кількості ловили щуку звичайну *Esox lucius* Linnaeus, ляща дунайського *Abramis brama danubii* Pawlow, линя звичайного *Tinca tinca* (Linnaeus) і плітку звичайну *Rutilus rutilus rutilus* (Linnaeus) (Рыбалко, де Граф, 2002). Однак, в останні десятиліття промислова і, в цілому, гідроекологічна ситуація в озерах помітно змінилася. Спорудження гідротехнічних споруд для регулювання їх зв'язку з Дунаєм, вселення нових промислових видів риб (товстолобика білого амурського *Hypophthalmichthys molitrix* (Valenciennes) і товстолобика строкатого південнокитайського *Aristichthys nobilis* (Richardson), карася сріблястого *Carassius*

Біологічні системи. Т. 4. Вип. 4. 2012

auratus gibelio (Bloch), білого амура східноазійського *Stenopharyngodon idella* (Valenciennes)) привело до значної зміни іхтіоценів озер. Хоча рибама озер присвячено немало робіт, в тому числі в останнє десятиріччя (Стойловский, Майков, 2000; Мовчан, 2001, 2005; Заморов, Олейник и др., 2005; Заморов, Джуртубаев и др., 2006; та ін.), вказані зміни роблять за необхідне проведення досліджень іхтіофауни, вивчення екологічних характеристик промислових і численних видів риб в сучасних умовах менеджменту озер.

У 2001 році при проведенні іхтіологічних досліджень в межах міжнародного проекту ТАСІС «Придунайські озера: стійке відновлення і збереження природного стану і екосистем» нами вперше знайдені одиничні особини бичка-кругляка *Neogobius melanostomus* (Pallas) в озері Ялпуг (Заморов, Джуртубаев и др., 2004).

Бичок-кругляк належить до прибережних евригаліних евримерних видів риб і є представником «понтичної реліктової фауни». Експансія кругляка за останні 20 років охопила багато водойм за межами його звичного ареалу (Північна Америка, Балтійське море) (Биологич. инвазии..., 2004). В басейні північно-західної частини Чорного моря його розповсюдження охоплює і основні русла рік Дністра, Дніпра, Дунаю. При цьому, до останнього часу було невідомо про його присутність у прилеглих до них водоймах.

У 2004 році було відмічено новий етап розширення ареалу бичка-кругляка в озерах північно-західного Причорномор'я, який пов'язаний з розповсюдженням цього виду в придунайських озерах. В Ялпузі на одну бочку ятера (розмір вічка 22 мм) за добу виловлювали 2 кг риби, або, в середньому, 30-40 екземплярів дорослих особин бичка-кругляка, які були різні за віком, що дозволяє припустити можливість реалізації його високого біологічного потенціалу (Заморов, Джуртубаев и др., 2004). Зміни фізико-хімічних

показників цих озер (обміління, евтрофікація), скорочення чисельності аборигенних риб-бентофагів створили умови для інтенсивного і успішного засвоєння екосистеми озер бичком-кругляком.

Беручи до уваги здібність бичка-кругляка до багаторазового нересту впродовж всього теплого періоду року, активний захист потомства з боку самця, агресивність в нерестовий період, використання широкого спектру кормів, присутність цього виду в придунайських озерах і лиманах може бути серйозною як екологічною, так і господарською проблемою (Биологич. инвазии..., 2004). У зв'язку з цим, вивчення біологічних особливостей бичка-кругляка, який колонізує придунайські озера, можливості його натуралізації з подальшою оцінкою наслідків його впливу на аборигенні водні екосистеми мають значний науковий і практичний інтерес. Тому, метою наших досліджень було вивчення живлення бичка-кругляка в найбільшій придунайській водоймі – озері Ялпуг.

Об'єкт і методи. Матеріал для дослідження зібрано мальковою волокушею і вудками в озері Ялпуг у 2011 році. Повний біологічний аналіз бичків здійснювали за іхтіологічними методиками (Правдин, 1966).

За час досліджень проаналізовано 130 харчових грудок бичка-кругляка. Таксономічну належність кормових об'єктів визначали за монографією (Определитель..., 1977).

Для аналізу матеріалу використовували такі індекси:

1). Загальний індекс наповнення кишечника (ЗІНК):

$$ЗІНК (\text{‰}) = (p_{xz} \div P) \times 10000, \text{ де:}$$

p_{xz} – маса харчової грудки (z); P – маса риби (z).

2). Спеціальний індекс наповнення кишечника (СІНК):

$$СІНК (\text{‰}) = p_i \div P \times 10000, \text{ де:}$$

p_i – маса i -корму (z); P – маса риби (z).

3). Індекс видової подібності (ІВП)

$$ІВП = C \div ((A+B) - C) \times 100\%, \text{ де}$$

A – кількість таксонів кормових об'єктів в раціоні однієї риби; B – кількість таксонів кормових об'єктів в раціоні іншої риби; C – кількість однакових таксонів харчових об'єктів в раціонах риб, що порівнювалися.

4). Індекс харчової подібності (ІХП), яким є сума мінімальних значень мас (%), однакових об'єктів харчування в раціонах риб, що порівнюються.

5). Індекс відносної значимості (ІВЗ).

$$ІВЗ = (M + N) \times F, \text{ де}$$

M – маса об'єкту живлення (% від загальної маси всіх харчових об'єктів в раціоні риби); N – кількість об'єкту живлення (% від загальної кількості

всіх кормових об'єктів в раціоні риби); F – частота зустрічальності харчових грудок з об'єктом живлення (% від загальної кількості досліджених харчових грудок).

б). Індекс вибірковості (ІВ):

$$ІВ = a \div b, \text{ де}$$

a – масова частка компоненту у харчовій грудці, %;

b – масова частка компоненту у навколишньому середовищі, %.

Величини біомаси основних груп макрозообентосу були розраховані доцентом М.М. Джуртубаєвим і молодшим науковим співробітником Ю.М. Джуртубаєвим при проведенні гідробіологічних досліджень на придунайських озерах у 2011 р.

Результати та їх обговорення. Розмірно-масова характеристика особин бичка-кругляка озера Ялпуг, у яких вивчали живлення, дещо відрізнялась за статтю риб і сезонами досліджень (табл. 1). Самці мали більші розміри, ніж самки. Найбільші середні величини стандартної довжини бичків були влітку, а маса риб – восени. Серед риб, у яких вивчали живлення, за чисельністю переважали самці – 74,6%.

Таблиця 1

Стандартна довжина і маса особин бичка-кругляка з оз. Ялпуг, у яких вивчали живлення

Table 1

Standard length and weight of round goby individuals from lake Yalpug, which investigated the nutrition

		Весна	Літо	Осінь	Зима
Самки	Довжина, см	7,4–11,5 8,8±0,3 (n=4)	-	9,5–10,6 10,5±0,5 (n=16)	-
	Маса, г	9,1–42,7 18,4±0,9 (n=4)	-	18,1–32,1 30±1,2 (n=16)	-
Самці	Довжина, см	7,8–12,0 9,9±0,4 (n=20)	5,8–13,4 11,7±0,5 (n=22)	9,4–14,3 11,3±0,4 (n=54)	5,9–12,4 7,8±0,4 (n=14)
	Маса, г	11,0–43,0 26,3±1,2 (n=20)	3,0–55,0 21,4±1,0 (n=22)	19,0–67,0 34,1±2,0 (n=54)	3,2–54,0 9,8±0,3 (n=14)

Примітка: над рискою – *min-max* величини; під рискою – середня величина; n – кількість особин, екз.

Протягом року в раціоні бичка-кругляка в озері Ялпуг знайдено організми макрозообентосу і донних риб, які належать до 4 типів, 6 класів, 6 рядів і 7 родин. Індеси видової і харчової подібності особин різної статі бичка дорівнювали 79,8% і 93,8% відповідно. Враховуючи значну подібність якісного та кількісного складу раціонів самців і самок кругляка, подальше вивчення динаміки харчової поведінки цього виду проводили без урахування статі риб.

За чисельністю в харчовій грудці кругляка,

незалежно від сезону, переважала дрейсена *Dreissena polymorpha* (табл. 2). У цілому, за рік вона була найбільш численною (72,1%), на дру-

гому місці молодь бичкових риб (Gobiidae) – 11,7%, далі личинки хірономід (*Chironomus sp.*) – 7,5%.

Таблиця 2
Таксономічний склад і кількісні показники
об'єктів живлення бичка-кругляка в озері Ялпуг

Table 2
Taxonomic composition and volume of round goby
objects nutrition in lake Yalpug

Таксони об'єктів живлення	Частка від загальної кількості об'єктів живлення, %					Масова частка об'єктів живлення, %					Частота зустрічей об'єктів живлення, %				
	Весна	Літо	Осінь	Зима	За весь рік	Весна	Літо	Осінь	Зима	За весь рік	Весна	Літо	Осінь	Зима	За весь рік
Oligochaeta gen. sp.	-	-	-	3,6	0,83	-	-	-	4,08	0,05	-	-	-	14,3	1,54
Gastropoda	1,3	-	-	-	0,42	0,5	-	-	-	0,08	8,3	-	-	-	1,54
<i>Limnaea palustris</i>	1,3	9,5	1,5	-	2,5	9,4	30,8	1,6	-	7,9	8,3	18,2	2,9	-	6,2
<i>Fagotia esperi</i>	2,6	-	-	-	0,83	14,3	-	-	-	2,27	8,3	-	-	-	1,54
<i>Fagotia acicularis</i>	76,6	50,0	77,0	76,8	72,1	73,8	68,6	97,6	82,3	88,6	66,7	72,7	94,3	57,1	81,5
Bivalvia	2,6	-	-	1,8	1,25	0,2	-	-	4,08	0,08	8,3	-	-	14,3	3,1
<i>Dreissena polymorpha</i>	2,6	-	-	-	0,83	0,4	-	-	-	0,07	8,3	-	-	-	1,54
Crustacea	-	4,8	-	-	0,83	-	0,08	-	-	0,00007	-	18,2	-	-	3,1
Amphipoda	6,5	4,8	1,5	17,9	7,5	0,3	0,13	0,01	8,8	0,17	25	18,2	2,9	42,9	13,8
<i>Corophium sp.</i>	1,3	-	1,5	-	0,83	0,3	-	0,1	-	0,09	8,3	-	2,9	-	3,1
Isopoda	3,9	31,0	18,5	-	11,7	0,7	0,45	0,7	-	0,65	8,3	45,5	20,0	-	20
<i>Asellus aquaticus</i>															
Crustacea gen. sp.															
Insecta															
Diptera															
<i>Chironomus sp.</i>															
Insecta gen. sp.															
Pisces															
Gobiidae gen. sp.															

Останній об'єкт живлення був важливим у харчових грудках риб навесні (6,5%) і взимку (17,9%). Велику кількість молоді риби в раціоні кругляка зустрічали влітку (31,0%) і восени (18,5%).

Протягом року в живленні кругляка найчастіше зустрічалась дрейсена. Величини цього показника у молюска коливалися від 57,1% взимку до 94,3% восени. Хірономід часто виявляли в кишечниках бичків навесні (25%) і взимку (42,9%). Молодь бичкових риб в раціоні кругляка частіше знаходили влітку (45,5%) і восени (20,0%). В цілому, за рік ці три кормові компонента домінували в травній системі кругляка: дрейсена (81,5%), молодь риби (20,0%) і хірономіди (13,8%).

Дрейсена також домінувала за масою в раціоні кругляка. Протягом року у неї цей показник коливався від 68,5% влітку до 97,6% восени. Друге місце займали червоногі молюски: влітку *Fagotia esperi* – 30,8%, весною *F. acicularis* – 14,3%. Взимку достатньо великою в харчових

грудках була маса хірономід (8,8%).

Інтегрованим показником важливості окремого об'єкту живлення в раціоні риб є індекс відносної значимості, який об'єднує в собі всі кількісні характеристики кормових організмів (табл. 3).

Згідно з його величинами, в раціоні кругляка впродовж всіх сезонів і, в цілому, за рік найбільш важливою була дрейсена (13097–16465%). Друге місце займала молодь риб: влітку – 1431%, в цілому за рік – 481%. Хірономіди були наступні: взимку – 1145%, за рік – 105,8%. Весною і влітку достатньо високі в раціоні кругляка були показники фаготії – 140% і 733% відповідно.

Важливим показником інтенсивності живлення риби є співвідношення маси кормових об'єктів з травного каналу до маси її тіла – спеціальний і загальний індекси наповнення. В цілому, за рік перші місця за спеціальним індексом посідали червоногі молюски: *F. acicularis* (140,8⁰/₁₀₀₀) і *F. esperi* (98⁰/₁₀₀₀). Дрейсена за цим показником була після них (8,5⁰/₁₀₀₀) (табл. 4).

Таблиця 3
Величини індексу відносної значимості об'єктів живлення бичка-кругляка в озері Ялпуг

Table 3
The values of relative importance of nutrition objects of round goby in lake Yalpug

Таксони об'єктів живлення	Весна	Літо	Осінь	Зима	За весь рік
Oligochaeta gen. sp.	-	-	-	120	1,4
<i>L. palustris</i>	15	-	-	-	0,8
<i>F. esperi</i>	89	733	9	-	64,5
<i>F. acicularis</i>	140	-	-	-	4,8
<i>D. polymorpha</i>	13200	8622	16465	9084	13097
<i>Corophium sp.</i>	23	-	4,4	84	4,1
<i>A. aquaticus</i>	25	-	-	-	1,39
Crustacea gen. sp.	-	89	-	-	2,57
<i>Chironomus sp.</i>	170	90	-	1145	105,8
Insecta gen. sp.	13	-	5	-	2,8
Gobiidae gen. sp.	38	1431	384	-	481

Таблиця 4
Величини спеціальних і загального індексів наповнення кишечника бичка-кругляка (‰) в озері Ялпуг

Table 4
The values of specific and general indexes content intestine of round goby (‰) in the lake Yalpug

Показники	Таксони об'єктів живлення	Весна	Літо	Осінь	Зима	За весь рік
Спеціальні індекси	Oligochaeta gen. sp.	-	-	-	7,6	7,6
	<i>L. palustris</i>	4,9	-	-	-	4,9
	<i>F. esperi</i>	92,8	186,4	46,9	-	98
	<i>F. acicularis</i>	140,8	-	-	-	140,8
	<i>D. polymorpha</i>	90,8	103,8	84,0	32,9	85,0
	<i>Corophium sp.</i>	2,2	-	-	6,5	3,5
	<i>A. aquaticus</i>	4,04	-	-	-	4,0
	Crustacea gen. sp.	-	0,5	-	-	0,5
	<i>Chironomus sp.</i>	0,9	0,76	0,3	4,7	1,1
	Insecta gen. sp.	2,7	-	2,2	-	2,4
Gobiidae gen. sp.	6,7	1,1	2,8	-	3,6	
Загальний індекс	Всі об'єкти живлення	355,5	282,4	126,4	50,3	347,4

Таблиця 5
Величини відновленої маси об'єктів живлення в раціоні бичка-кругляка, маси організмів в пробах бентосу озера Ялпуг і індексу вибірковості

Table 5
The values of the restored nutrition supply facilities in the round goby diet, weight of organisms in benthic samples of lake Yalpug and selectivity index

Таксони об'єктів живлення	Показники		
	Відновлена маса об'єктів живлення, %	Маса організмів в пробах бентосу, %	Індекс вибірковості
Олігохети	0,02	3,1	0,01
Амфіподи	0,05	1,3	0,04
Хірономіди	0,2	2,4	0,08
Червоногі моллюски	6,4	1,7	3,8
Двостулкові моллюски	93,3	90,6	1,0

В цілому, за рік величина загального індексу наповнення кишечника бичка-кругляка в озері Ялпуг була високою (347,4%), у порівнянні з таким показником цього виду біля чорноморських берегів Румунії (Rogomb, 1961), і співпадала з інтенсивністю живлення риб в Азовському морі (Карпевич, 1960; Ковтун и др., 1974). Величини цього індексу у кругляка в досліджуваному озері коливались майже в сім разів – від 50,3 ‰ взимку до 355,5 ‰ навесні.

Треба також враховувати, якому корму риба віддає перевагу при живленні. Для цього викори-

стовують індекс вибірковості (Шорыгин, 1952), який вказує на здатність риби споживати кормові компоненти в іншій пропорції, ніж вони є в навколишньому середовищі.

Згідно з цим індексом, бичок-кругляк в озері Ялпуг найбільш активно розшукував, а потім інтенсивно вживав червоногих моллюсків (в основному, фаготій) – 3,8 (табл. 5).

Друге місце серед кормових організмів, які є улюбленими для кругляка, посідає дрейсена. Величина її індексу не така велика як у фаготій, тому що маса дрейсени в пробах бентосу озера була

значно вищою, ніж у червоногих моллюсків.

Висновки.

1. До складу раціону бичка-кругляка озера Ялпуг входять організми макрзообентосу і донних риб, які належать до 4 типів, 6 класів, 6 рядів і 7 родин.

2. Якісний і кількісний склад живлення особин протилежної статі майже не відрізнявся. Індекс видової і харчової подібності самців і самок кругляка дорівнював 79,8% і 93,8% відповідно.

3. Згідно величин індексу відносної значимості, в живленні кругляка важливими були: дрейсена (13097%), потім молодь бичкових риб (481%) і хірономіди (105,8%).

4. В цілому, за рік у харчових грудках досліджуваного виду за масою домінувала дрейсена (88,6%) і червоногий моллюск фаготія (7,9%).

5. В озері Ялпуг бичок-кругляк найбільш інтенсивно виїдав навесні і влітку – фаготію (140,8⁰/₀₀₀ і 186,4⁰/₀₀₀ відповідно); восени і взимку – дрейсену (84⁰/₀₀₀ і 32,9⁰/₀₀₀ відповідно). Загальний індекс живлення кругляка, в цілому, за рік був достатньо високим (347,4⁰/₀₀₀).

6. Улюбленою їжею кругляка в озері можна вважати фаготію і дрейсену.

Список літератури:

1. Биологические инвазии в водных и наземных экосистемах. – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2004. – 436 с.
2. Заморов В.В., Джуртубаев М.М., Олейник Ю.Н., Радионова Н.П., Мединец В.И. Вспышка численности бычка-кругляка *Neogobius melanostomus* (Pallas, 1811) в придунайских озерах // Матер. VIII Международ. научн.-экологич. конф. «Актуальные проблемы сохранения устойчивости живых систем». – Белгород, 2004. – С. 66–67.
3. Заморов В.В., Олейник Ю.Н., Джуртубаев М.М. Естественное вселение бычка-кругляка *Neogobius melanostomus* (Pallas) в Придунайские озера // Вісник Одеськ. нац. ун-ту. – 2005. – Т. 10, Вип. 5.: Біологія. – С. 93–100.
4. Заморов В.В., Джуртубаев М.М., Снигирёв С.М., Олейник Ю.Н., Радионова Н.П. Ихтиофауна и эколого-биологическая характеристика пяти промысловых видов рыб придунайских озёр // Причорноморський екологічний бюлетень. – 2006. – №3–4, Ч. 2. – С. 517–524.
5. Карпевич А.В. Влияние изменяющегося стока рек

и режима Азовского моря на его промысловую и кормовую фауну // Тр. АЗНИИРХ. – 1960. – 1, Вып. 1. – С. 3–115.

6. Ковтун И.Ф., Некрасова М.Я., Ревина Н.И. О пищевых рационах и использовании кормовой базы бычком-кругляком *Neogobius melanostomus* (Pallas) в Азовском море // Зоол. журн. – 1974. – 53, Вып. 5. – С. 728–736.
7. Ляшенко А.В., Воликов Ю.Н. Сапробиологическая характеристика экологического состояния озера-лимана Ялпуг по организмам макрзообентоса // Гидробиол. журн. – 2006. – Т. 37, №3. – С. 74–81.
8. Мовчан Ю.В. До іхтіофауни басейну нижньої течії Дунаю в межах України // Вісн. нац. наук.-природн. музею. – 2001. – №1. – С. 138–141.
9. Мовчан Ю.В. До характеристики різноманіття іхтіофауни прісноводних водойм України (таксономічний склад, розподіл по річковим басейнам, сучасний стан) // Збірник праць Зоологічного музею. – 2005. – №37. – С. 70–82.
10. Определитель пресноводных беспозвоночных Европейской части СССР / Под ред. Л. А. Кутиковой, Я.И. Старобогатова. – Л.: Гидрометеиздат, 1977. – 511 с.
11. Правдин И.Ф. Руководство по изучению рыб (преимущественно пресноводных). – М.: Пищ. пром-сть, 1966. – 375 с.
12. Рыбалко В.Я., де Грааф Г. Будущее рыбного хозяйства. – ТАСИС, 2002. – 5 с.
13. Стойловський В.П., Майков Є.В. Сучасний стан іхтіофауни придунайських озер Каргал, Кугурлуй, перспективи охорони і використання // Вісник Одеськ. держ. ун-ту. – 2000. – Т. 5, Вип. 1: Біологія. – С. 177–183.
14. Харченко Т.А., Воликов Ю.Н. Макрзообентос левобережных водоемов нижнего Дуная в условиях их комплексного хозяйственного использования // Гидробиол. журн. – 1977. – Т. 33, №5. – С. 37–45.
15. Швец Г.І., Ігошин М.І. Каталог річок і водойм України. – Одеса: Астропринт, 2003. – 389 с.
16. Шорыгин А.А. Питание и пищевые взаимоотношения рыб Каспийского моря – М.: Пищепромиздат, 1952. – 268 с.
17. Porumb I.I. Contributii ia cunosterea biologiei guvizilor (Gobius batrachocephalus, Gobius cephalarges si Gobius melanostomus) din dreptul litoralului Rominesc al Marii Neagre (date preliminare) // Hidrobiologia – 1961. – 3, №3. – P. 276–282.

DIET OF ROUND GOBY *NEOGOBIOUS MELANOSTOMUS* (PALLAS) IN THE DANUBIAN LAKE YALPUG M.P. Zamorova, V.V. Zamorov

The ichthyological researches which were performed in the Danubian Lake Yalpug aimed at studying the qualitative and quantitative composition of the diet of round goby *Neogobius melanostomus*, its intensity of feeding. The research results allow to conclude that the main food of round goby were molluscs *Dreissena polymorpha*, *Fagotia esperi* and *F. acicularis*. Overall, feeding activity of round goby for the year proved high enough.

Keywords: *Neogobius melanostomus*, lake Yalpug, nutrition, food organisms, selectivity, *Dreissena polymorpha*.

Отримано редколегією 01.07.2012

ЗМІНИ ВИДОВОГО СКЛАДУ ІХТІОФАУНИ ІРПЕНЯ (БАСЕЙН ДНІПРА) ПРОТЯГОМ ОСТАННЬОГО СТОЛІТТЯ

Ю.К. Куцоконь, А.О. Циба, А.О. Скворчинський*

Інститут зоології ім. І.І. Шмальгаузена НАН України

вул. Б. Хмельницького, 15, м. Київ, 01601, Україна, e-mail: carassius1@ukr.net, rugolov@mail.ru

*Закарпатська природоохоронна організація «Головатича», e-mail: scvorec@gmail.com

В роботі проаналізовано зміни видового складу іхтіофауни Ірпеня, правої притоки середньої течії Дніпра, протягом останніх ста років. За літературними даними, визначено видовий склад для початку і середини ХХ ст., сучасний – за власними даними і музейними колекціями. Всього на початок ХХІ ст. в басейні Ірпеня знайдено 33 види риб. Вказано, що число зареєстрованих видів риб Ірпеня зросло майже на третину за рахунок адвентивних видів. Успішній натуралізації видів-вселенців сприяло створення природних екосистем, а саме спорудження ставків, спрямлення русла і осушення берегів.

Ключові слова: річка Ірпінь, басейн Дніпра, іхтіофауна, аборигенні види, адвентивні види.

Вступ. Ірпінь – права притока Дніпра, що впадає в нього за 948 км від гирла. Довжина річки 162 км, площа водозбірного басейну 3335 км², похил 0,73 м/км (Каталог..., 1957). Найбільші притоки Ірпеня – Унава, Буча, Калинівка, Свиначка, Лупа, Бобриця, Нивка, Рокач і Кізка. Всього в басейні 21 річка, довжиною понад 10 км. Адміністративно басейн Ірпеня розташований в Житомирській і Київській областях.

Від початку до гирла долина Ірпеня лежить в межах Придніпровського плато, у перехідній зоні від Полісся до Лісостепу. У верхів'ї вона прокладена в піщано-глинистих і лесових відкладах, в середній течії місцями поглиблюється до корінних кристалічних порід. Пониззя проходить в алювіальних відкладах Дніпра. Річка дуже зарегульована, а заплава освоєна (Гідробіологія..., 1978). Долина річки в багатьох місцях осушена, русло спрямлене. Заплава використовується під городні культури, природний рослинний покрив знищено. В гирлі Ірпеня побудовано дамбу, весь стік здійснюється за допомогою насосної станції, тому заходи риб з Київського водосховища неможливі.

Об'єкт і методи. Власні польові дослідження було проведено у 2007 – 2011 рр., переважно в межах Київської області, в середній та нижній течії Ірпеня, а також, подекуди, у водоймах його басейну. Лови здійснювалися сітковими знаряддями (малькові волокуші, підсаки) та різноманітними вудками (нахлистові, поплавкові, спінінги тощо). Також проводили огляд уловів інших рибалок, снулої риби на берегах тощо. Всього досліджено близько 2000 особин. Крім того, для Ірпеня станом на кінець ХХ ст. – початок ХХІ ст. є чимала кількість зборів у Зоологічному музеї ННПМ НАН України, зібраних, в основному, співробітниками Музею, які були нами опрацьовані також. Видову належність визначали за до-

помогою визначників (Мовчан, 2011; Kottelat, Freyhof, 2007 тощо). Систематичне положення, латинські й українські назви риб подані за роботою Ю.К. Куцоконь і Ю.В. Квача (2012).

Результати та їх обговорення. Достовірні відомості про рибне населення Ірпеня і його басейну є в літературних даних, починаючи з 20-х років минулого століття, а саме у працях Ф.Д. Великохатька (1929), М.А. Полтавчука (1976). Збори з Ірпеня є в колекції Зоологічного музею ННПМ НАН України (Каталог..., 2003). Деякі відомості про риб Ірпеня наведені в праці В.М. Сабодаша та ін. (2003). Зокрема, для річки зазначено 15 видів риб, з яких найпоширенішими є плітка звичайна *Rutilus rutilus* (L.) і гірчак європейський *Rhodeus amarus* (Bloch). Таким чином, умовно дані про іхтіофауну Ірпеня можна поділити на періоди: перша половина ХХ ст. і друга половина ХХ ст. (літературні джерела і музейні колекції), початок ХХІ ст. (власні збори, музейні колекції). Видовий склад рибного населення басейну Ірпеня дещо змінився за останнє століття (табл.). В основному, збільшення кількості видів відбулося за рахунок інтродукованих видів, а також видів, що поширилися саморозселенням з суміжних акваторій.

До успішних інтродуцентів належить карась сріблястий, або китайський *Carassius auratus* (L.) / *C. gibelio* (Bloch), який був завезений в басейн Ірпеня, як і багатьох українських річок, в другій половині ХХ ст. Його акліматизація відзначалась особливою масовістю і масштабністю по всій території України (Кокодій, 2010). Внаслідок цього, даний вид (або ж гібридний комплекс) на сьогодні має найбільше промислове значення в басейні Ірпеня, його вирощують у ставках, присутній він також і на руслових ділянках.

Крім цінних для рибного господарства і проми-

слу, внаслідок інтродукції в басейні Ірпеня з'явилися нові небажані види. Особливо поглибились процеси їх розповсюдження після виникнення великої кількості підприємств-орендаторів на малих водоймах, які проводять безсистемні заходи зариблення, в тому числі й засміченими культурами. Небажаними інтродуцентами в басейні Ірпеня, які стали досить чисельними і розповсюдженими, є чебачок амурський *Pseudoras-bora parva* (Temm. et Schl.) і ротань-головешка *Perccottus glenii* Dyb. Чебачок амурський вперше для басейну Ірпеня знайдений в рибогосподарських ставках на р. Нивка, є зафіксований матеріал 1982 р. у зборах Зоомузею ННПМ (Каталог..., 2003). З того часу цей вид розповсюдився по всьому басейну, нами відмічений на всіх досліджених ділянках, особливо масовий в районі впадіння р. Нивка (нижче с. Стоянка). Ротань-головешка з'явився в басейні Ірпеня на початку ХХІ ст., виявлений нашими дослідженнями як в нижній, так і середній течії Ірпеня поблизу сіл Демидів, Гостомель, Стоянка, Гнатівка, м. Ірпінь, а також в притоці другого порядку Ірпеня – річці Снітка.

Ще один вид, нещодавно знайдений в басейні Ірпеня, сонячний окунь звичайний *Lepomis gibbosus* (L.), виявлений в ставку смт. Ворзель у серпні 2011 р. (Циба, 2011), а також в кар'єрі склозаводу м. Буча. Оскільки знайдено молодь і дорослих особин, можна стверджувати, що вид успішно відтворюється. Це перші знахідки сонячного окуня звичайного за кілька останніх десятиліть. Раніше вважалося, що цей вид може зустрічатися в середній течії Дніпра і його приток, куди міг потрапити з дослідної бази «Пуща Волиця», яка розташована в басейні Ірпеня і де його певний час розводили (Фауна України, 1982). Проте довгий час ніяких відомостей про знаходження сонячного окуня звичайного в зоні Полісся не було, він більш відомий для півдня України, а також Закарпаття (Мовчан, 2011).

В руслових ділянках можливі знахідки представників двох видів товстолобиків *Hypophthalmichthys molitrix* (Val.) та *H. nobilis* (Rich.), а також їх гібридів, оскільки у ставкових господарствах басейну Ірпеня їх розводять (усне повідомлення С.В. Межжеріна).

В другій половині ХХ ст. – на початку ХХІ ст. в Ірпені з'явилися також інші, раніше не характерні для нього види, що поширилися з Дніпра шляхом самостійного розселення. Це колючка південна *Pungitius platygaster* (Kessl.) і триголкова *Gasterosteus aculeatus* L., бички гонець *Babka gymnotrachelus* (Kessl.) і цуцик західний *Proterorhinus semilunaris* (Heck.), види, які значно збільшили ареали шляхом проникнення до

багатьох приток середнього Дніпра після спорудження каскаду водосховищ як на самому Дніпрі, так і на його притоках. З іншого боку, в басейні Ірпеня виявлено ряд видів, які є аборигенними для Дніпра і багатьох його приток, але саме в Ірпені не були знайдені на початку ХХ ст., а деякі й в другій половині ХХ ст. До таких належать ялець звичайний *Leuciscus leuciscus* (L.), бистрянкя російська *Alburnoides rossicus* Berg, рибець звичайний *Vimba vimba* (L.), щипавка золотиста *Sabanejewia aurata* (De Fil.) (s.l.) (усне повідомлення С.В. Межжеріна), судак звичайний *Sander lucioperca* (L.). Можливо, ці види не були виявлені раніше, оскільки завжди були не чисельними або їх плутали з іншими, морфологічно подібними, однак стосовно бистрянки, наприклад, Д.Є. Белінг (1937) зазначав, що в басейні Ірпеня вона відсутня, а вже М.А. Полтавчук (1976) відмічає цей вид як один з наймасовіших. Розширення ареалу бистрянки відоме також на схід від басейну Дніпра, зокрема в басейні Волги і Ками (Кожара, Жулидов, 2005). На сьогодні бистрянкя російська занесена до останнього видання «Червоної книги України» (2009), але в Ірпені вид все ще присутній, зокрема в наших дослідженнях на ділянці між с. Стоянка і с. Лука.

З іншого боку, бобирець дніпровський *Petro-leuciscus borysthenticus* (Kessl.) і карась звичайний (золотий) *Carassius carassius* (L.), не зафіксовані в музейних зборах на початок ХХІ ст. і не виявлені нашими дослідженнями, що може пояснюватися певною епізодичністю та недосконалістю їх проведення, однак якщо ці види в басейні Ірпеня все ще наявні, то є надзвичайно рідкісними.

Загалом, до «Червоної книги України» (2009) занесені 3 види з сучасної іхтіофауни басейну Ірпеня, а саме ялець звичайний, минь річковий *Lota lota* (L.) (категорія «вразливий»), бистрянкя російська («зникаючий»). До Додатку 3 Бернської конвенції (Годлевська та ін., 2010) включені 10 видів, що виявлені в басейні Ірпеня на початок ХХІ ст. – вівсянка *Leucaspius delineatus* (Heck.), рибець звичайний, гірчак європейський, в'юн звичайний *Misgurnus fossilis* (L.), щипавка звичайна *Cobitis taenia* L. (s.l.) і щипавка золотиста, сом звичайний *Silurus glanis* L., колючка південна, бичок-бабка *Neogobius fluviatilis* (Pall.), бичок-цуцик західний.

Висновки. На початку ХХ ст. для Ірпеня був характерним комплекс аборигенних видів, як реофілів, так і лімнофілів. Після тотальних перетворень річки внаслідок спорудження ставків, спрямлення русла і осушення берегів, а також характерних для всього басейну середнього Дніпра процесів розширення ареалів деяких

Таблиця

Table

Видовий склад риб басейну Ірпеня

Fishes of Irpin River

Вид	Перша пол. XX ст. (Великохатко, 1929; Каталог..., 2003)			Друга пол. XX ст. (Полтавчук, 1976; Ката- лог..., 2003)	Початок XXI ст. (Збори Зоомузею, наші дані)
	Ірпінь	Унава	Крив'янка		
<i>Leuciscus leuciscus</i> (L.) – ялець звичайний					+
<i>Leuciscus idus</i> (L.) – в'язь	+*			*	
<i>Squalius cephalus</i> (L.) – головень європейський	+			+*	+*
<i>Petroleuciscus borysthenicus</i> (Kessl.) – бобирець дніпровський	+*	+			
<i>Rutilus rutilus</i> (L.) – плітка звичайна	+*	+	+	+*	+*
<i>Scardinius erythrophthalmus</i> (L.) – краснопірка звичайна	+	+	+	+	+*
<i>Alburnoides rossicus</i> Berg – бистрянка російська				+*	+
<i>Alburnus alburnus</i> (L.) – верховодка звичайна	+	+	+	+*	+*
<i>Leucaspius delineatus</i> (Heck.) – вівсянка	+	+	+	+*	+*
<i>Vimba vimba</i> (L.) – рибець звичайний					+
<i>Blicca bjoerkna</i> (L.) – плоскирка	?	?		+	+*
<i>Abramis brama</i> (L.) – лящ звичайний	+	+		+*	+
<i>Ballerus ballerus</i> (L.) – синець	?				
<i>Rhodeus amarus</i> (Bloch) – гірчак європейський	+	+	+	+*	+*
<i>Pseudorasbora parva</i> (Temm. et Schl.) – чебачок амурський				*	+*
<i>Gobio gobio</i> (L.) – пічкур звичайний	+	+	+	+*	+*
<i>Cyprinus carpio</i> L. – короп звичайний	+	+	+	+	+
<i>Carassius auratus</i> (L.) / <i>C. gibelio</i> (Bloch) – карась китайський / сріблястий				*	+*
<i>Carassius carassius</i> (L.) – карась звичайний	+	+	+	+	
<i>Tinca tinca</i> (L.) – лин	+	+	+	?	+
<i>Misgurnus fossilis</i> (L.) – в'юн звичайний	+	+	+		+
<i>Cobitis taenia</i> L. (s.l.) – щипавка звичайна	+	+		+*	+*
<i>Sabanejewia aurata</i> (De Fil.) (s.l.) – щипавка золотиста					**
<i>Barbatula barbatula</i> (L.) – слиж європейський	+	+		*	**
<i>Silurus glanis</i> L. – сом звичайний	?				+
<i>Lota lota</i> (L.) – минь річковий	+	?			+
<i>Esox lucius</i> L. – щука звичайна	+	+	+	+	+
<i>Pungitius platygaster</i> (Kessl.) – колючка південна				*	+
<i>Gasterosteus aculeatus</i> L. – колючка триголова				*	*
<i>Lepomis gibbosus</i> (L.) – сонячний окунь звичайний					+
<i>Sander lucioperca</i> (L.) – судак звичайний					+
<i>Perca fluviatilis</i> L. – окунь звичайний	+	+	+	+*	+
<i>Gymnocephalus cernuus</i> (L.) – йорж звичайний	+	+		*	+
<i>Perccottus glenii</i> Dyb. – ротань-головешка					+
<i>Neogobius fluviatilis</i> (Pall.) – бичок-бабка	+	+	+	+*	+*
<i>Babka gymnotrachelus</i> (Kessl.) – бичок-гонець					+
<i>Proterorhinus semilunaris</i> (Heck.) – бичок-цуцик західний					+*
Всього	21	18	13	23	33

Примітки: * – колекційні матеріали ННПМ НАН України; ** – усне повідомлення С.В. Межжеріна

видів, видове різноманіття риб в басейні Ірпеня збільшилось за останнє століття майже на третину. Це сталося за рахунок інтродуцентів, здебільшого небажаних, і саморозселенців. Дані види є переважно дрібними і короткоцикловими, що не мають промислової цінності. З іншого боку, поки для Ірпеня не характерні значні іхтіофауністичні «втрати», окрім карася звичайного і бобирця дніпровського, не знайдених на початок ХХІ ст.

Однак, більш детальні дослідження в басейні Ірпеня засвідчили б однозначні зміни стосовно домінування і поширення видів, оскільки деякі чужорідні види досягли значної чисельності й розповсюдились тотально по всьому басейну. Тому, можна очікувати подальшої деградації аборигенних іхтіофауністичних угруповань, а також появи нових адвентивних видів внаслідок безсистемних рибогосподарських заходів і заносів з Дніпра.

Список літератури:

- Белінг Д.Є. Нотатки про іхтіофауну УРСР. 3. Деякі дані про іхтіофауну рр. Тетерів і Рось // Тр. гідробіол. станції. – 1937. – №15. – С. 145–184.
- Великохатко Ф.Д. Риби Білоцерківщини. Біла Церква: Вид-во Білоцерківського краєзнавчого тов., 1929. – Т. 2, вип.3. – 34 с.
- Гідробіологія і гідрохімія Правобережного Придніпров'я / В.В.Поліщук, В.С. Травянка, Г.Д. Коненко, І.Г. Гарасевич. – К.: Наукова думка, 1978. – 271 с.
- Годлевська О., Парнікоза І., Різун В., Фесенко Г., Куцоконь Ю., Загороднюк І., Шевченко М., Іноземцева Д. Фауна України: охоронні категорії. Довідник. Ред. Годлевська О., Фесенко Г. – К., 2010. – 80 с.
- Каталог колекцій Зоологического музея ННПМ НАН Украины. Круглоротые и рыбы / Ю.В. Мовчан, Л.Г. Манило, А.И. Смирнов, А.Я. Щербуха. – К.: Зоомузей ННПМ НАН Украины, 2003. – 241 с.
- Каталог річок України / Г.І. Швець, Н.І. Дрозд, С.П. Левченко; Відп. ред. В.І. Мокляк. – К.: Вид-во АН УРСР, 1957. – 192 с.
- Кожара А.В., Жулидов А.В. Изменения в распространении и численности некоторых аборигенных и интродуцированных видов пресноводных рыб России в XX веке // Чужеродные виды в Голарктике. – Рыбинск – Борок, 2005. – С. 155.
- Кокодій С.В. Природна гібридизація золотого карася *Carassius carassius* (L., 1758) зі сріблястим *C. auratus* (L., 1758) s. lato в басейні Дніпра: Автореф. дис. ... канд. біол. наук: 03.00.08 / Ін-т зоології ім. І.І. Шмальгаузена НАН України. – К., 2010. – 23 с.
- Куцоконь Ю.К., Квач Ю.В. Українські назви міног і риб фауни України для наукового вжитку // Біологічні студії, 2012. – Т. 6, №2. – С. 199–220.
- Мовчан Ю.В. Риби України. – К.: Золоті ворота, 2011. – 444 с.
- Полтавчук М.А. Рыбы (Pisces) малых рек Правобережного Полесья УССР. Сообщение III. Видовой состав рыбного населения правобережных притоков нижнего течения Припяти и среднего Днепра // Вестник зоологии. – 1976. – №4. – С. 72–77.
- Сабодаш В.М., Процан Ю.Г., Смирнов А.І. Риби водойм Київського доквілля. – Київ, 2003. – 160 с.
- Фауна України: В 40 т. Риби: Окунеподібні, губаньовидні, драконовидні, собачковидні, піщанковидні, ліровидні, скумбрієвидні / А.Я. Щербуха // АН УРСР Ін-т зоології ім. І.І.Шмальгаузена. – К.: Наукова думка, 1982. – Т.8. – Вип. 4. – 381 с.
- Цыба А.А. Популяция солнечного окуна *Lepomis gibbosus* (Pisces, Centrarchidae), обнаружена в водоеме Киевской области // Вестник зоологии. – 2011. – №5. – С. 462.
- Червона книга України. Тваринний світ / за ред. І.А. Акімова. – К.: Глобалконсалтинг, 2009. – 600с.
- Kottelat M., Freyhof J. Handbook of European freshwater fishes. – Delemont: Switzerland, 2007. – 646 p.

THE CHANGES IN THE SPECIES COMPOSITION OF IRPIN RIVER ICHTHYOFAUNA (DNIEPER BASIN) DURING THE LAST CENTURY

Y. Kutsokon, A. Tsyba, A. Scvorchyns'kyj

This paper analyzes the changes in the species composition of Irpin River ichthyofauna, the right tributary of the middle reaches of the Dnieper River, in the last hundred years. According to the literature data the species composition for early and mid-twentieth century are analyzed. Modern data obtained by own investigation and from museum collections. There are 33 species of fish total at the beginning of the XXI century in the Irpin River basin. We indicated that number of fish species of Irpin River are increased nearly one-third by alien species. Naturalization of alien species is successful because degradation of natural ecosystems, such as the construction of ponds, channel straightening and drying shores.

Keywords: Irpin River, Dnieper basin, ichthyofauna, native species, alien species.

Отримано редколегією 01.07.2012

ПРОБЛЕМИ ДІАГНОСТИКИ ВІРУСНИХ ХВОРОБ РИБ

Н.М. Матвієнко, Н.Є. Харкавлюк

Інститут рибного господарства НААН
вул. Обухівська, 135, м. Київ, 03164, Україна, tmarine73@mail.ru

Вагомою перешкодою на шляху активного розвитку аквакультури є вірусні інфекції риб, що призводять до значних економічних втрат в спеціалізованих господарствах і загибелі до 80% риби. За клінічними проявами досить складно визначити природу захворювання риб, оскільки часто симптоми є спільними для багатьох хвороб. Діагностика вірусних хвороб є набагато складнішою у порівнянні з мікозними, бактеріальними чи паразитарними хворобами. У статті наведені дані щодо вдосконалення існуючих та розробки нових методів експрес-діагностики основних вірусів риб прісноводної аквакультури, таких як SVCV та IPNV.

Ключові слова: вірус, аквакультура, іхтіопатологія, геном, ПЛР, діагностика, праймери.

Вступ. На сьогодні аквакультура є однією з перспективних галузей тваринництва. Стрімкий розвиток цієї галузі, насамперед, пов'язаний зі значним зменшенням відтворення природних запасів гідробіонтів та освоєнням внутрішніх водних ресурсів. Одночасно з інтенсифікацією процесів вирощування різних видів риб, з'являються нові вірусні хвороби, які завдають відчутних збитків світовій аквакультури (Щелкунов, 2002). Зважаючи на надзвичайно малі розміри вірусів, діагностика вірусних хвороб є набагато складнішою у порівнянні з мікозними, бактеріальними чи паразитарними хворобами.

У діагностиці вірусних хвороб риб існує дві групи методів: прямі (безпосередні) і непрямі (опосередковані). Прямі методи базуються на ізоляції та ідентифікації вірусу чи його складових (нуклеїнової кислоти, білка) з досліджуваних матеріалів. Серед них можна назвати електронну мікроскопію, імуноферментний аналіз, молекулярні методи. Іншу групу методів становлять непрямі методи, які дають змогу фіксувати зміни в організмі, характерні для даного вірусу (певна імунна відповідь організму або ЦПД вірусу на культурі клітин).

Одним з перспективних напрямків сучасної діагностики хвороб риб є застосування методу ПЛР разом із сіквенуванням ПЛР-продуктів і рестрикційним аналізом. Даний підхід дозволяє здійснювати тонку генетичну диференціацію штамів та ізолятів вірусів (Siwicki, 2005). Перевагою цих методів є висока чутливість, специфічність, швидкість та унікальний дискримінативний потенціал. Окрім того, ПЛР дозволяє працювати з незначною кількістю досліджуваного матеріалу.

Виходячи з вище вказаного, оцінка біологічних особливостей вірусних ізолятів риб прісноводної аквакультури та вивчення геному вірусу риб із метою вдосконалення наявних і розробки

нових ефективних засобів діагностики хвороби є актуальною науковою проблемою.

Матеріали та методи. Матеріал для вірусологічних досліджень був відібраний в рибницьких господарствах та природних водоймах різних областей України. Найчастіше вірусні ізоляти виділяли від коропа (SVC), малька та цьоголітки райдужної форелі (IPN) з клінічними ознаками вірусного ураження. Для роботи використовували гомогенати внутрішніх органів риб (нирок, печінки, селезінки). Для порівняльного аналізу були використані наступні референтні штами вірусів:

- ЗЛ 4 (1991) - референс штаму вірусу SVC, наданий І.С. Щелкуновим (Росія);
- IPN 1 – штаму вірусу IPN, наданий польським референс центром (м. Пулави);
- «B090 m.f» – референтний штаму вірусу IPN, наданий лабораторією іхтіопатології ВІСВ.

Для ПЛР-аналізу використовували класичний метод постановки, що включає виділення РНК, синтез кДНК, ампліфікацію і детекцію результатів. В роботі використовувались набори «Рибозоль-А» та «Реввертаза-L» (АмпліСенс ТМ, Росія). Постановку реакції проводили згідно протоколів виробника, а детекцію – за допомогою електрофорезу в 2% поліакриламідному гелі з використанням барвника бромистого етидію. Підбір ефективніших праймерів здійснювали за допомогою програми Vector.

Результати та їх обговорення. Були підібрані пари праймерів, які дозволяють специфічно ідентифікувати SVCV у клінічному матеріалі від риб (Diagnostic Manual, 2000). Оцінювали можливість застосування для ідентифікації вірусу SVC «зовнішніх» праймерів Fv5 і Rv3, комплементарних гену нуклеопротеїну згідно методу, запропонованого І.С. Щелкуновим (Щелкунов, 2006). Ці праймери направляють синтез ПЛР-продукту розміром 418 п.н.

З метою підвищення чутливості методу застосовували методику напівгніздової ПЛР, що полягала у використанні в першому циклі реакції «зовнішніх» праймерів Fv5 і Rv3, а в другому -

«внутрішнього» праймера Rv4 у парі із праймером Fv5 (ПЛР-продукт розміром 376 п.н.). Дані відображені у таблиці 1.

Таблиця 1

Table 1

Послідовності праймерів, комплементарні гену нуклеопротеїну вірусу SVC, використані в роботі

Sequences of primers complementary to the gene of the virus nucleoprotein SVC, used in this research

Праймер	Орієнтація	Послідовність	Довжина продукту (п.н.)	Положення на гені
Fv1	Прямий	5'- CAGCTTGTTGCTGCATTATG	370	98-450
Fv2	Прямий	5'- AATGCAAGCTTGCTGATGGCT	368	81-448
Rv2	Зворотний	5'- AACTGCAGCATACGCTTTGAGGCTT		
Fv5	Прямий	5'-TCTTGGAGCCAAATAGTCAAGTC	418	573-593
Rv4	Зворотний	5' ATAGATCTCGTCAGGCTGTCTTGC	376	767-1182
Rv3	Зворотний	5'- AGATGGTATGGACCCCAATACATTACGCAT	418	969-990
Fv4	Прямий	5'- CAGCCSTGATATTGAGCAG	376	765-1182
Rv5	Зворотний	5'- CTTCTATTATCACTTAAATTTGTC	376	81-456

У ході оптимізації умов постановки зворотної транскрипції й ПЛР випробовували різні об'єми реакційної суміші, буферні системи, кількість внесеної РНК і кДНК, праймерів, ферментів, концентрації іонів Mg⁺² і дНТФ, а також різні режими ампліфікації.

Встановлено, що чутливість методу була аналогічною для матеріалів від досліджуваних риб і залежала від виду тестуючого клінічного матеріалу. Діагностично найціннішими для ПЛР-діагностики SVC-інфекції є зразки мозку й ексудату хворих риб, тоді як у пробах з нирок вірус виявляли не завжди.

При перевірці специфічності ПЛР з вищевказаними праймерами в якості матриці були використані проби РНК референтних штамів та РНК ізолятів вірусу SVC, виділених з патматеріалів від хворої риби (рис. 1).

Проаналізувавши літературні дані, було встановлено, що найефективнішими ділянками РНК вірусу IPN для підбору олігонуклеотидних праймерів і специфічної ампліфікації є ділянки, що кодують структурний білок VP2 та неструктурний білок NS (Blake et al., 1995). Але, оскільки у світі поширеними є одразу декілька штамів цього вірусу (Ab, Sp, N1 та Ja), які розрізняються за антигенними детермінантами структурних білків, і, відповідно, за нуклеотидними послідовностями РНК, які їх кодують, обрали за основу нуклеотидну послідовність неструктурного білка NS, яка є найменш варіабельною (Joh et al., 2000).

В роботі використали праймери, рекомендовані Suzuki et al., 1997.

Для розробки праймерів, специфічних до ділянки гену неструктурного білка NS, визначення їхньої специфічності та фізичних властивостей використовували програмне забезпечення Vector NTI 11 та Primer Premier 5. Крім того, специфічність праймерів перевіряли за допомогою онлайн-сервісу BLAST (www.ncbi.nlm.nih.gov/blast).

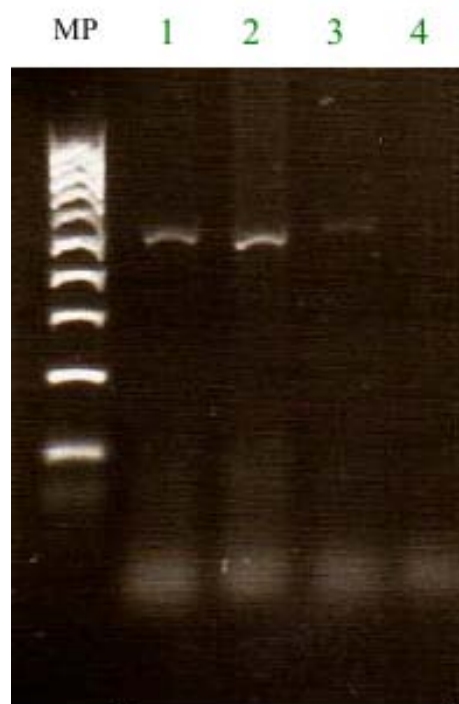


Рис. 1. Результати електрофоретичного дослідження щодо визначення вірусу SVC методом ПЛР (MP - молекулярний маркер; 1 - зразок об'єднаного патматеріалу з ексудату; 2 - позитивний контроль (референс штам); 4 - негативний контроль)

Fig. 1. The results of electrophoretic research on SVC virus definition by PCR method

(MP - molecular marker, 1 - sample of united pathogenic material from exudate, 2 - positive control (reference strain), 4 - negative control)

Олігонуклеотидні праймери було синтезовано комерційно (Metabion, Німеччина). Підтвердження специфічності праймерів було доведено також експериментально. Для цього в якості матриці були використані референтні штами вірусу та польові ізоляти вірусу.

ПЛР проводили на 35°C за наступною схемою:

- 1 хв при 95°C;
- 2 хв при 50°C;
- 3 хв при 72°C.

Результати представлені на рис. 2.

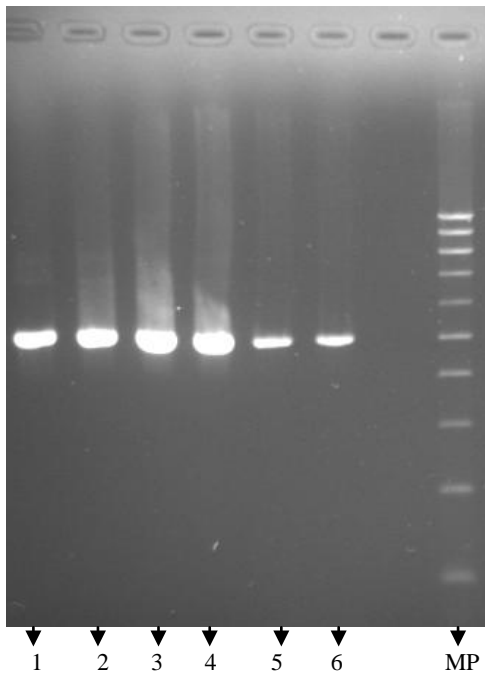


Рис. 2. Результати ПЛР з вірусом IPN
(1-4 – дослідні ізоляти вірусу; 5 - позитивний контроль (референс штам IPN-1); 6 – позитивний контроль (референс штам B090 m.f.)

Fig. 2. The results of PCR of IPN virus
(1-4 - research virus isolates, 5 - positive control (reference strain of IPN-1), 6 - positive control (reference strain B090 m.f.)

Таблиця 2
Послідовності праймерів IPN, використані в дослідженні

Праймер	Орієнтація	Послідовність	Довжина продукту (п.н)	Положення на гені
PF	Прямий	5'-AGAGATCACTGACTTCAC AAGTGAC-3'	359	1403-1761 сегмент А
PR	Зворотний	5'-TGTGCACCACAGGAAAGA TGACTC-3'		

Table 2
Sequences of IPN primers, used in this research

Висновки.

1. Підібрані пари праймерів, які дозволяють специфічно ідентифікувати SVCV у клінічному матеріалі від риби. Проведена оптимізація умов постановки зворотної транскрипції й ПЛР. Встановлено, що чутливість методу аналогічна для матеріалів від досліджуваних риби і залежить від виду дослідного клінічного матеріалу.

2. Проведений порівняльний аналіз послідовностей нуклеотидів, що кодує структурний білок VP2 і неструктурний білок NS ряду бірнавірусів та експериментально підтверджено специфічність праймерів.

Список літератури:

1. Пичугина Т.Д., Завялова Е.А. Влияние вирусных инфекций на развитие аквакультуры в России // Ветеринарная медицина. – 2005. – №85. – С. 906–911.
2. Щелкунов И.С. Эпизоотическая ситуация по вирусным болезням рыб культивируемых рыб // Ветеринария. – 2006. – №4. – С. 22–25.

Складність діагностики вірусних хвороб риби полягає в особливості їх перебігу, клінічних та патоморфологічних проявах. Виникнення та розвиток хвороби у риби залежить від температури води та пори року (Пичугина, 2005).

Отже, аналіз ефективності методів діагностики вірусних хвороб риби вказує, що найперспективнішим методом для швидкої і диференційної діагностики вірусних хвороб риби є ПЛР. Застосування даного методу гарантує отримання адекватних результатів за найкоротший проміжок часу, що є важливим при широкому практичному використанні. Крім того, лише за допомогою даного методу можливою є детекція вірусоносійства, що необхідно для контролю за розповсюдженням захворювання. Враховуючи вище наведене, в даний час нами проводяться дослідження, спрямовані на розробку тест-систем стосовно основних вірусів риби, а саме SCV та IPN. Дані тест-системи будуть використані для моніторингу вірусних інфекцій у спеціалізованих господарствах України, що дасть змогу ефективно контролювати благополуччя цих господарств і попереджувати занесення до них збудника.

3. Щелкунов И.С., Щелкунова Т.И., Купинская О.А., Орешкова С.Ф., Тикунова Н.В., Ильичев А.А. Гибридизационная тест-система для экспресс-диагностики весенней виремии карпа // Избранные труды ВНИИПРХ. – М., 2002. – Кн.1. – Т. 2. – С. 471–473.
4. Andrzej K. Siwicki, Agnieszka Lepa, E. Terech-Majjewska. Diagnostyka molekularna chorob wirusowych ryb hodowlanych // Ochrona zdrowia ryb – aktualne problemy. – Wyd. IRS Olsztyn, 2005. – P. 361–365.
5. Blake S.L., Schill W.B., McAllister P.E., Lee M.K., Singerand J.T., Nicholson B.L. Detection and identification of aquatic birnaviruses by PCR assay // J. Clin. Microbiol. – 1995. – №33. – P. 835–839.
6. Diagnostic Manual for Aquatic Animal Diseases Edition // Section 2.1. Diseases notifiable to the oie Chapter 2.1.4. Spring viraemia of carp. – 2000. – P. 46.
7. Joh S.J., Kim J.H., Heo G.J. Genetic analysis of the VP2 / NS junction region on segment A of marine Birnavirus isolated from cultured Flounder Paralichthys olivaceous // The J. Microbiol. – 2000. – №38. – P. 44–47.
8. Suzuki S., Hosono N., Kusuda R. Detection of aquatic birnavirus gene from marine fish using a combination of reverse transcription and nested PCR // J. Mar. Biotechnol. – 1997. – №5. – P. 205–209.

DIAGNOSTIC PROBLEMS OF FISH VIRAL DISEASES

N. Matvienko, N. Kharkavliuk

The main problem on way of active development of aquaculture is viral infection of fish, causing significant economic losses in specialized farms and destroyed while 80% of fish. These diseases often occur with similar clinical symptoms. Methods of diagnosis of these diseases should be based on a complex diagnostic. In the laboratory of ichthyopathology conducted research aimed at developing test-systems for the main fish viruses, such as SCV, IPN.

Keywords: virus, aquaculture, ichthyopathology, genom, PCR, diagnostic, primers.

Отримано редколегією 20.08.2012

АСПЕКТИ ПОВЕДІНКИ СОНЯЧНОГО ОКУНЯ *LEPOMIS GIBBOSUS* (*PERCIFORMES, CENTRARCHIDAE*) В ПРИРОДНИХ ВОДОЙМАХ ТА В ЕКСПЕРИМЕНТІ

Р.О. Новіцький

Дніпропетровський національний університет ім. Олеся Гончара
49050, Дніпропетровськ, пр-т Гагаріна, 72, e-mail: zoolog@ukr.net

Сонячний окунь *Lepomis gibbosus* (*Perciformes, Centrarchidae*) є випадковим вселенцем у водойми України, який швидко розповсюджується у природних та штучних водоймах басейну Дніпра. За результатами польових спостережень та за експериментальними даними 2010-2012 рр., відзначено широкий спектр живлення виду, високу пластичність сонячного окуня до різних умов існування. *Lepomis gibbosus* проявляє агресивний характер при співмешканні з іншими видами (*Carassius auratus gibelio*, *Pseudorasbora parva*, *Perca fluviatilis*). Агресія сонячного окуня часто призводить до загибелі риб-сусідів. У водоймах Придніпров'я *Lepomis gibbosus* може утворювати змішані зграї з окунем звичайним *Perca fluviatilis* (*Perciformes, Percidae*), з яким спільно живиться. Доведено, що внаслідок стрімкої адаптації в нових умовах виникає трофічна та біотопічна конкуренція з аборигенними видами риб.

Ключові слова: *Lepomis gibbosus*, поведінка, природні водойми, експеримент, агресія.

Вступ. Сонячний окунь *Lepomis gibbosus* (Linnaeus, 1758) (*Perciformes, Centrarchidae*) є представником північноамериканської фауни, який з'явився у водоймах Європи внаслідок навмисної інтродукції.

Сонячний окунь в європейських водоймах був інтродукований як декоративний вид для ставкового рибництва в 1885–1887 рр., спочатку у Німеччині, а потім – в Угорщині. Із рибницьких ставів, де його розводили, *Lepomis gibbosus* потрапив у природні водойми басейнів Рейну, Одера, Дунаю. Доведено, що по Дунаю сонячний окунь розселився до дельти і з'явився в озерах та лиманах, пов'язаних з прибережжям Чорного моря.

На сьогодні, сонячний окунь відзначається як представник інвазійної фауни у водоймах близько 30 європейських країн (Benigno, 2001; Болтачев и др., 2003; Дерипаско и др., 2008; Мейтленд и др., 2009).

За сучасними зведеними іхтіофауністичними списками (Мовчан, 2005; Мовчан, 2011), сучасний ареал *Lepomis gibbosus* в Україні охоплює всі річкові басейни, за виключенням Сіверського Донця.

У водоймах Дніпропетровської області *Lepomis gibbosus* з'явився внаслідок навмисної інтродукції – випуску акваріумального матеріалу в ставки в с. Пашена Балка в 1983 р. Звідти він потрапив до р. Суха Сура, яка є притокою р. Мокра Сура. Орієнтовно на початку 2000-х рр. сонячний окунь потрапляє до Дніпровського (Запорізького) водосховища (перші знахідки датуються 2002 р.) (Булахов та ін., 2008).

На сьогоднішній момент, цей вид освоїв біотопи прибережжя водосховища і деяких його рік-

приток (р. Мокра Сура, Самара Дніпровська, Базавлук), є у штучних водоймах області (Солонянський, Новомосковський, Нікопольський, Покровський райони). Окремі екземпляри виловлюються рибалками-аматорами і спортсменами у гідротехнічному каналі «Дніпро-Донбас» поблизу селища Перещепине.

Дослідники неодноразово відзначали можливість використання *Lepomis gibbosus* в якості піддослідної лабораторної тварини (Robinson et al., 1993). Кропітких робіт з дослідження етології, соціальної поведінки, особливостей живлення, розмноження, натуралізації в природних та штучних водоймах України не проводилося, що обумовлює актуальність та новизну нашої роботи стосовно нового виду фауни риб України.

Мета роботи: проаналізувати поведінку вида вселенця *Lepomis gibbosus* в природних водоймах та в експериментальних умовах, оцінити екологічну пластичність виду в різних умовах мешкання.

Об'єкт і методи досліджень. Об'єктом досліджень є сонячні окуні *Lepomis gibbosus* в природних та штучних водоймах Придніпров'я. Предмет досліджень – аспекти поведінки *Lepomis gibbosus* в природних водоймах та в експерименті.

Іхтіологічний матеріал отримано з аматорських уловів (зимові поплавок вудка) зі ставка у с. Миколаївка Дніпропетровського району. Пробі відбирали в березні 2012 року: 30 особин риб трьох видів (*Lepomis gibbosus*, *Pseudorasbora parva*, *Perca fluviatilis*), серед яких чисельність сонячного окуня склала 13 екз.

Спостереження за природними популяціями проводили на р. Самара Дніпровська, Базавлук,

Мокра Сура у весняно-літній період 2010–2012 рр.

Виловлені особини витримувалися в 3 акваріумах ємністю 100–170 літрів трьома групами впродовж 90 діб (березень–червень 2012 р.).

1-й акваріум (експериментальний, 100 л): 5 екз. *Lepomis gibbosus*, 3 екз. *Pseudorasbora parva* та 2 особини *Perca fluviatilis*;

2-й акваріум (експериментальний, 100 л): 4 екз. *Lepomis gibbosus*, 6 екз. *Pseudorasbora parva* та 2 особини *Perca fluviatilis*;

3-й акваріум (контроль, 170 л): 4 екз. *Lepomis gibbosus*, 2 екз. *Pseudorasbora parva* та 2 особини *Perca fluviatilis*.

Всього в експерименті використано 30 екземплярів риб (рис. 1).



Рис. 1. Сонячні окуні *Lepomis gibbosus* перед посадкою в експериментальні акваріуми

Fig. 1. *Lepomis gibbosus* before boarding to the experimental aquaria

В усі акваріуми поміщені ґрунт та водорості (роголистник темно-зелений *Ceratophyllum demersum*, гідрокотіла білоголова *Hydrocotyle leucosephala*, гігрофіла *Hygrophila difformis*, валіснерія американська *Vallisneria americana*, шинерзія річкова *Shinnersia rivularis*, ряска мала *Lemna minor*).

Годували риб, які мешкали в акваріумі, здебільшого личинками Chironomidae, рідше сухим кормом 1 раз на день. Заміна води відбувалася два рази на тиждень по 10 л води. Залишки органічної речовини з дна збирались за допомогою сифона. При загибелі риби замінювали 30 л води та для дезінфекції додавали метиловий зелений. За день після цього з акваріуму сифоном збирались органічні рештки.

Під час спостереження відмічалися поведінкові реакції риб, характер живлення, орієнтування в акваріумі, міжвидові та внутрішньовидові взаємини риб. Щоденно вимірювалася температура повітря та води в акваріумах. Результати заноси-

лися до спеціального журналу спостережень.

Протягом морфологічного обстеження (рис. 2) вимірювалася довжина тіла (SL). Риба була зважена (загальна вага, вага «порки» – маса тіла без нутрощів). Визначалися стать та вік риби (за річними кільцями на лусці, яка відбиралася під першим спинним плавцем вище бічної лінії). Для нівелювання похибки підрахунок вікових кілець проводився на двох-трьох лусочках.



Рис. 2. Зовнішній вигляд сонячного окуня *Lepomis gibbosus*

Fig. 2. Exterior *Lepomis gibbosus*

Аналіз та узагальнення результатів проводили на кафедрі зоології та екології Дніпропетровського національного університету ім. Олеся Гончара.

Результати та їх обговорення. Аспекти поведінки *Lepomis gibbosus* в природних та штучних водоймах. Під час зимового сезону в окремих природних водоймах Придніпров'я *Lepomis gibbosus* є популярним об'єктом любительського рибальства. Виллов його триває впродовж всієї зими, незалежно від погодних умов та температури повітря. Перед скресанням криги у великих кількостях (до 15–20 особин/100 м²) тримається в мілководних зонах ставків та каналів (ставки с. Миколаївка (Дніпропетровський район), с. Покровське (Покровський район), канал «Дніпро-Донбас» в Петриківському та Царичанському районах Дніпропетровської області). У цей період спостерігається значне переважання самців над самками (8:1).

Доведено, що в природних водоймах Придніпров'я (ставки, водосховища, малі річки, гідротехнічні споруди тощо) *Lepomis gibbosus* завжди тримається в змішаних зграях з окунем звичайним *Perca fluviatilis* (*Perciformes*, *Percidae*), причому в загальній зграї спостерігаються як молоді особини (віком від двох років), так і особини віком 5–7 років. Це стосується і сонячного, і річкового окуня. Варіювання розмірів *Lepomis gibbosus* у змішаній зграї у ставку с. Миколаївка складало 6–13 см, а *Perca fluviatilis* – 10–17 см (рис. 3).

В природних та штучних водоймах сонячний окунь тримається поблизу водної рослинності

на глибині 0,2–1,7 метра при помірній течії або за її відсутності. Є факти його піймання на глибині 5 метрів (на ставку) та на значній течії (Дніпровське водосховище, р. Самара). Субстрат стацій його мешкання може бути мулистопіщаним, мулистим, піщаним, кам'янистим.



Рис. 3. Сонячний окунь *Lepomis gibbosus* та річковий окунь *Perca fluviatilis* в зимовому улові (ставка с. Миколаївка)

Fig. 3. *Lepomis gibbosus* and river perch *Perca fluviatilis* in the winter catch (pond Mykolayivka)

До спектру живлення сонячного окуня входять безхребетні та вища водна рослинність, в першу чергу, валіснерія та уруть. Крім свіжої зеленої маси вищих рослин, в природних водоймах *Lepomis gibbosus* активно поїдає і торішню, відмерлу рослинність. Аналіз вмісту кишково-шлункового тракту (КШТ) показав, що в квітні-травні основною їжею *Lepomis gibbosus* є саме водяна рослинність (до 80% вмісту КШТ).

Аспекти поведінки *Lepomis gibbosus* в експерименті. Відзначається миттєва адаптація молодих особин сонячного окуня (2–4 роки) до перебування в акваріумальних умовах. Вже за 10–15 хвилин після переміщення сонячного окуня з транспортувальної тари до акваріуму спостерігається активний пошук кормових об'єктів. Після 1 доби утримування в акваріумі починає агресивно відстоювати власну територію перебування, не зважаючи на розмір риб-сусідів. Так, сонячний окунь довжиною 4 см активно переслідував і хав за грудні плавці окуня річкового (12 см), чебачка амурського (7–8 см).

Відзначено, що активність риб та успішність аклімації залежить від віку *Lepomis gibbosus* та температури води. Особини, які за віком старші 4 років, при температурі води нижче +22°C адаптувалися до утримання в акваріумах лише на 2-3 доби перебування.

Під час годування риб, які мешкали в акваріумі, *Lepomis gibbosus* активно заважає годуватися окуню звичайному та чебачку амурському,

відбирає корм, відганяє від місця годування. Заєєстроване намагання окремих особин сонячного окуня годуватися навіть при утриманні їх в долонях!... Внаслідок голоду на 15–63 добу експерименту загинули всі представники *Perca fluviatilis*. Анатомічний розтин показав відсутність будь-яких решток їжі в кишково-шлунковому тракту річкових окунів та наявність дистрофічних змін органів.

В акваріальних умовах сонячний окунь активно споживає будь-яку водяну рослинність (крім роголистника). Під час експерименту *Lepomis gibbosus* споживав гідрокотілу білоголову *Hydrocotyle leucocephala*, гігрофілу *Hygrophila difformis*, валіснерію американську *Vallisneria americana*, шинерзію річкову *Shinnersia rivularis*, ряску малу *Lemna minor*. Наприклад, дорослі сонячні окуні (віком 5 років) в 170-літровому акваріумі за 4 доби спожили 210 г свіжої рослинності (переважно *Vallisneria americana* та *Shinnersia rivularis*).

Відзначена можливість *Lepomis gibbosus* швидко змінювати забарвлення в залежності від середовища. Так, витримані 5 годин в транспортувальній тарі (білого кольору) молоді особини сонячного окуня довжиною 5–7 см мали блідо-коричневе забарвлення з майже непомітними темними плямами на задній частині зябрової кришки. Після переміщення їх до акваріуму з рослинністю зміна забарвлення відбулася за 50 хв.

Описаний в науковій літературі (Robinson et al., 1993; Болтачев и др., 2003) статевий диморфізм сонячного окуня за забарвленням та розміром чорно-помаранчевої плями на задній частині зябрової кришки (у самців більш яскрава облямівка) не підтвердився.

Висновки.

1. В природних водоймах Придніпров'я (ставка, водосховища, малі річки, гідротехнічні споруди тощо) *Lepomis gibbosus* завжди тримається в змішаних зграях з окунем звичайним *Perca fluviatilis*, причому в загальній зграї спостерігаються як молоді особини (від двох років віком), так і особини віком 5–7 років. Це стосується і сонячного, і річкового окуня.

2. Весною (квітень-травень) в природних водоймах основною їжею *Lepomis gibbosus* є водяна рослинність (до 80% вмісту КШТ). В акваріумальних умовах в експерименті сонячний окунь активно споживав гідрокотілу білоголову *Hydrocotyle leucocephala*, гігрофілу *Hygrophila difformis*, валіснерію американську *Vallisneria americana*, ряску малу *Lemna minor*.

3. Відзначено, що активність риб та успішність аклімації залежить від віку *Lepomis gibbosus* та температури води. Молоді особини швидше адаптуються до нових умов утримання, ніж старші.

4. При утриманні в акваріумальних умовах *Lepomis gibbosus* демонструє постійну агресивність і намагання захистити місце свого мешкання. Спостерігається значна трофічна та біотопічна конкуренція з аборигенними видами риб (окунь річковий).

Отримані дані свідчать про значну екологічну пластичність *Lepomis gibbosus* під час його натуралізації в різних типах водойм, агресивний характер «завоювання» нових стацій, значну трофічну та біотопічну конкуренцію з аборигенними видами риб.

Список літератури:

1. Болтачев А.Р., Данилюк О.Н., Пахоруков Н.П. Оселение солнечной рыбы *Lepomis macrochirus* (Perciformes, Centrarchidae) во внутренние водоемы Крыма // Вопросы ихтиологии, 2003. – Т. 43. – № 6. – С. 853–856.
2. Булахов В.Л., Новіцький Р.О., Пахомов О.С., Христов О.О. Біологічне різноманіття України. Дніпропетровська область. Круглороті (Cyclostomata). Риби (Pisces). – Д.: ДНУ, 2008. – 304 с.
3. Мовчан Ю.В. До характеристики різноманіття іхтіофауни прісноводних водойм України (таксономічний склад, розподіл по річковим басейнам, сучасний стан) // Збірник праць Зоол. музею. – 2005. – №37. – С. 70–82.
4. Мовчан Ю.В. Риби України (визначник-довідник). – К.: Золоті ворота, 2011. – 444 с.
5. Дирипаско О.А., Демченко Н.А., Кулик П.В., Заброта Т.А. Расширение ареала солнечного окуня *Lepomis gibbosus* (Centrarchidae, Perciformes) на восток Украины // Вісн. зоології. – 2008. – 42 (3). – С. 269–273.
6. Мейтленд П.С., Линсел К., Сиделева В. Атлас рыб: определитель пресноводных видов Европы. – СПб.: Амфора, 2009. – 287 с.
7. Andraso G.M. Summer food habits of pumpkinseeds (*Lepomis gibbosus*) and bluegills (*Lepomis macrochirus*) in Presque Isle Bay, Lake Erie // J. Great Lake Res. – 2005. – Vol. 31. – №4. – P. 397–404.
8. Robinson B.W., Wilson D.S., Margosian A.S., Lotito P.T. Ecological and morphological differentiation of pumpkinseed sunfish in lakes without bluegill sunfish // Evolutionary Ecology. – 1993. – 7. – P. 451–464.

THE ASPECTS OF PUMPKINSEED SUNFISH *LEPOMIS GIBBOSUS* (PERCIFORMES, CENTRARCHIDAE) BEHAVIOUR IN NATURAL PONDS AND IN EXPERIMENTAL CONDITIONS

R.O. Novitsky

A pumpkinseed sunfish Lepomis gibbosus (Perciformes, Centrarchidae) is an accidental alien in waters of Ukraine. It spreads in natural and artificial ponds of Dnieper basin very quickly. According to the field testing in 2010-2012 and experimental data, the wide range of the species' nutrition and adaptive flexibility of pumpkinseed sunfish was noted. Lepomis gibbosus shows aggression in cohabitation with another species (Carassius auratus gibelio, Pseudorasbora parva, Perca fluviatilis). The aggression of pumpkinseed sunfish results the death of neighbor fishes. In ponds of Pridneprov'e Lepomis gibbosus may form mixed schools of fish with perch (Perca fluviatilis) for common feeding. It was proved that in result of fast adaptation under new conditions trophic and biotopic competition with native fish species appears.

Key words: Lepomis gibbosus, ethology, natural ponds, experiment, aggression.

Одержано редколлегією 20.07.2012 р.

ХАРАКТЕРИСТИКА ЩІЛЬНОСТІ, БІОТОПІЧНОГО РОЗПОДІЛУ І СТРУКТУРИ ПОСЕЛЕНЬ ЗЕЛЕНОЇ ЯЩІРКИ (*Lacerta viridis* Laurenti, 1768) ПРИДНІПРОВСЬКОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

О.І. Ситнік

Національний технічний університет України «КПІ», м. Київ

*Порівняльна характеристика деяких поселень зеленої ящірки (*Lacerta viridis*) в умовах придніпровського лісостепу України, з різним ступенем антропогенного тиску на біотопи. Наведено результати тривалого моніторингу екологічних характеристик популяцій ящірок, що проводиться на базі Канівського природного заповідника та його околиць вже 15 років. Під час польових екологічних досліджень використано стандартні методики збору і аналізу матеріалу. Запропоновано типологію екоотопів та стацій виду в районі придніпровської смуги центрального лісостепу України (лісостепова область Київського плато). Встановлено наявність певних типів структури та щільності поселень, що, можливо, має зв'язок з антропогенною трансформацією територій, де мешкає вид. Інший, не менш суттєвий фактор, що вплинув на популяційні характеристики, - зміни погодних умов в регіоні за період моніторингу.*

Структура популяцій найбільш чітко відображає як стан окремих груп тварин так і стан навколишнього природного середовища. Популяційні зміни є першою реакцією на зміни в середовищі існування і можуть служити першим сигналом про порушення зв'язків в системі. Порівняння показників багаторічної динаміки популяцій в умовах середовища, стан якого дедалі погіршується, необхідно для прогнозування їх подальшого стану, та екосистем в цілому, невід'ємною частиною яких є дані популяції. Знання про стан і зміни багатьох популяційних параметрів за умов дії конкретних антропогенних чинників, можуть нести велику користь для подальшого прогнозування і регуляції стану, а також для розуміння необхідності бережливого ставлення до навколишнього природного середовища. Результати досліджень можуть бути використані при розробці практичних заходів з охорони цих та інших, що опинились під загрозою, видів рептилій, а також у подальших системних екологічних дослідженнях так потрібних зараз. Актуальність екологічного напрямку в сучасній популяційній біології особливо помітна під час вивчення структури популяцій, визначення їх меж, розробки підходів для вирішення проблем мікро- та макроеволюції, еколого-генетичного аналізу значної кількості видів. Комплексний різнобічний підхід до вирішення проблеми відкриває широкі можливості для розуміння ролі екологічних та етологічних особливостей видів і популяцій у механізмах еволюційного процесу та ймовірній його спрямованості в умовах посилення тиску антропогенних впливів.

Ключові слова: зелена ящірка, популяція, структура, щільність, розподіл.

Вступ. Вивчення змін таких екологічних показників, як щільність і структура поселень наземних хребетних є важливим завданням сучасної популяційної екології. Зелена ящірка – один із вразливих видів рептилій вітчизняної герпетофауни, включений до третього видання Червоної Книги України [3]. Даний вид є об'єктом багатьох екологічних досліджень, зокрема спрямованих на вивчення структури поселень, біотопічного розподілу, у тому числі в межах охоронюваних природних територій, та територій, що зазнають помітної антропогенної трансформації (Muller, 2001; Schneeweis, 2001). Питання змін щільності поселень зеленої ящірки у багатьох регіонах її ареалу є ще недостатньо вивченим. На особливу увагу заслуговують чинники, що об'єктивно впливають на такі зміни (Кармишев, 2002; Assman, 2001; Elbig, 2001; Schedl, Klepsch, 2001). З 1995 року, на базі Канівського природного заповідника проводиться

моніторинг популяційно-екологічних показників цього виду. Дані порівнювались з результатами популяційних досліджень в районі деяких інших пунктів придніпровської смуги центрального лісостепу України (так зв. Київське плато). Відомо, що в інших ділянках ареалу, зокрема у Європі, просторова структура поселень зеленої ящірки характеризується певною строкатістю (Кармишев, 2002; Mikatova, 2001). Тому головним завданням було виявити особливості структури поселень ящірок та специфіку біотопічного та стаціонального розподілу виду в регіоні.

Матеріал та методи досліджень. В основу досліджень покладено переважно польові спостереження. Під час популяційно-екологічних досліджень нами було використано стандартні методики польового збору матеріалу та аналізу одержаних результатів, які застосовуються у аут- та демекології (Лаврик, 1998; Руководство ..., 1989).

Дані базуються на матеріалах 7-ми річного моніторингу популяцій ящірок у Канівському природному заповіднику (1995-2001), та дво-трирічного спостереження за іншими популяціями виду у регіоні (1999-2001).

Досліджено 4 популяції зеленої (Конча-Заспа у південних околицях м. Києва, правобережжя Дніпра в районі Кагарлика та Переяслава, Канівський природний заповідник та район м. Сміли, навпроти м. Черкаси).

Головні спостереження проводились у весняно-літній період, переважно у травні-червні (період найбільшої агрегації в популяціях досліджуваних видів). Після попереднього визначення розподілу угруповань ящірок на даній території, у кожному пункті досліджень закладались не менше двох стаціонарних, та кілька пробних ділянок, де проводились спостереження, відлови та кількісні обліки.

Нами використовувались маршрутні лінії довжиною 1 км для обліків зеленої ящірки. Порівняльні маршрутні обліки рептилій проводились у межах біотопів одного типу. Відносна ширина стрічок для обліків активності та трансект для вивчення чисельності, відповідно – 2 і 3 м. Враховуючи неоднакову щільність поселень ящірок, проводились багаторазові прокладки пробних облікових стрічок. Відстань між такими маршрутами була від 5 до 10 м.

Для визначення динаміки добової активності, сезонної та багаторічної динаміки популяцій досліджуваних видів, динамічної щільності поселень ящірок, з якої ми виводили середню сумарну щільність угруповань, ми проводили регулярні кількісні обліки 3-4 рази на день (відповідно до характеру добової активності даного виду – 8-10 годин ранку, 12, 15, 17 годин протягом світлої частини доби), 3 рази на місяць (перша, друга, третя декади), 6 разів за сезон на кожній стаціонарній ділянці. Окрім того, проводились допоміжні кількісні обліки та відлови на пробних ділянках у кожному пункті досліджень. По можливості (залежно від типу території та розподілу груп на площі) нами використовувалась також оригінальна методика "Квадрат", що є вдосконаленням маршрутної методики кількісних обліків рептилій. Для цього спостерігач проходить 6 маршрутних ліній по 100 м. кожна, чотири з яких утворюють на місцевості сторони "Квадрату", а дві є його діагоналями. Це дозволяє, на наш погляд, більш чітко та повно охопити характер розподілу ящірок на дослідній території. В принципі, метод "Квадрат" є максимально можливим наближенням маршрутної методики реєстрації чисельності деяких рептилій до ділянкового методу (площі спостереження), що використовується орнітологами для слідування за птахами, і

який для стеження за рептиліями не придатний (Ситнік, 2008).

Для з'ясування сезонних змін чисельності, регулярні обліки проводились в обов'язковому режимі у травні-червні та серпні-вересні на всіх стаціонарних ділянках. За час екологічного моніторингу, угруповань зеленої ящірки у Канівському природному заповіднику, було пройдено, у цілому, 380 км на всіх маршрутах. Частота коливань (лінійне відхилення від середнього значення сумми відношень найближчих двох піків) оцінювалась за допомогою індексу стабільності (Ситнік, 2008).

Для визначення характеру добових пересувань різних статевікових груп використано методики міток. Перші два роки, у Канівському заповіднику, використовувався метод обрізання пальців, але потім, як жорстокий та й недостатньо інформативний, був замінений методикою відловів і кільцювання на стаціонарних ділянках. Яскраве (червоне чи голубе) кільце закріплювалось на стегні ящірки. На кільці ставився порядковий номер. Подальший відлов помічених особин дозволяв визначати ступінь їх осілості та межі пересувань у біотопі. Після завершення досліджень, кільця знімались у переважній більшості піддослідних екземплярів.

Під час аналізу одержаних даних ми користувались стандартними методами обрахунків (Лаврик, 1998; Руководство ..., 1989) за допомогою програми Microsoft Excel for Windows. Нами також було використано індекси відносної схожості (1), та відносної відмінності (2) для порівняння ряду екологічних параметрів досліджуваних популяцій:

$$1. E = \sum \min a_i, b_i, 2. 100 - \sum \min a_i, b_i$$

де a_i, b_i – параметри, що порівнюються (Ситнік, 2008).

Результати та їх обговорення.

Характеристика біотопів (екотопів). Згідно дослідження стацій виду у місцях помешкання досліджених популяцій, зелена ящірка зустрічається на ділянках так, чи інакше, пов'язаних з лісом. Біотопи виду також можна поділити на типові та такі, на яких зелені ящірки зустрічаються епізодично або випадково.

Типові біотопи

Узлісся. Зелена ящірка, як правило, зустрічається на ділянках з нерівним рельєфом, або там де є схили, горбки, тощо. Всі ділянки на узліссі, де спостерігалась зелена ящірка, завжди характеризувались нерівностями (с. Конча-Заспа, р-н Кагарлика навпроти Переяслава, Канівський заповідник, м. Сміла). Це були або схили з горбками (с. Конча-Заспа, Кагарлик, Сміла) або високі бугри, схили, вкриті лісом і чагарниками (Канівський заповідник, Сміла). Як показали спо-

стереження в природі, ґрунти принципового значення не мають. В основному, це або дернові сіроземи (Конча-Заспа), або степові сіроземи та чорноземи (р-н Кагарлика, Канева), підзоли (Канівський заповідник), міцні чорноземи (Сміла) (Ситнік, 2008).

Не така була картина із сприятливими рослинними комплексами. Зелена ящірка зустрічається на таких ділянках узлісся, де наявні злаково-чагарникові, злаково-різнотравні або злаково-осокові асоціації з високим, помірно щільним травостоєм, але з великою кількістю сховищ. Може бути невелика підстилка, однак ящірки живуть на ділянках, де вона не занадто товста та міцна. Помічено, що зелені ящірки уникають ділянок, де у складі рослинності багато представників *Lamiaceae* та деяких інших рослин, зокрема амброзії. Зелена ящірка при цьому спокійно освоює місця, порослі елатерою, айстровими (*Astraceae*), однак там, де вони не домінують. Найбільшу перевагу цей вид, згідно серійних спостережень, все ж таки надає асоціаціям з домінуванням злаків та осокових.

Отже, базова стація виду це ділянка на узліссі із перевагою злаків у поєднанні з чагарниками або осоково-чагарниковою асоціацією. Трав'яний покрив досить високий, може бути щільний. При цьому ця ділянка має добре освітлюватись й прогріватись. Мають бути ділянки світлотіні серед трави чи чагарників, де люблять триматись ящірки у спекотні години. Місцевість, як правило, або нерівна – пагорби, схили й т. п., або мають бути горбки на даній ділянці. Ящірки люблять, щоб на місцях їхнього помешкання чергувались ділянки з чагарниками, деревами та іншими елементами, які слугують сховищами, з відкритими ділянками, де можна приймати сонячні ванни. Стаціями розселення можуть бути інші ділянки, як правило, в околицях базової стації, на яких відсутня настільки оптимальна комбінація сприятливих умов – наприклад менша кількість сховищ, відсутність виражених ділянок світлотіні (Ситнік, 2008).

Галєвини. Можуть бути як відносно рівними, так й виражено бугристими місцевостями. Ґрунти – сіроземи (с. Конча-Заспа) з підстилкою та дерном, чорноземи (Канів, Сміла), підзоли (Канівський заповідник). Рослинні асоціації – злакові, злаково-різнотравні з переважанням злаків, злаково-чагарникові. Найбільш типова асоціація це злаково-різнотравна з невеликим домішкою айстрових і переважанням злаків (*Poa*, *Agrostis*, *Festuca*, *Calamagrostis*, *Bromopsis*, *Bromus*).

Базова стація виду – нерівна ділянка, гарно освітлена, відносно суха, з домінуванням злакової рослинності, присутністю чагарників, куп гілля, повалених стовбурів, пнів. Мають бути ділянки

світлотіні. Ящірки можуть селитись і утворювати мікропопуляції на великих, але повністю ізольованих зі всіх боків лісом місцях (урочище "Грушки" у Канівському природному заповіднику). Стації розселення, якщо вони є, це околиці базових стацій (наприклад "Малі Грушки" у Канівському заповіднику, куди ящірки могли потрапляти з "Великих Грушок").

Супутні біотопи. Якщо типові біотопи виду знаходяться переважно на рівні надлучних терас, то супутні місця помешкання відмічались нами нижче рівня першої надлучної тераси.

Підніжжя пагорбів. У таких місцях ящірки зустрічались у районі Канівського заповідника, зокрема у основи гір Пластунка та Княжа. Такі зустрічі траплялись, в основному, на смугах різнотравного степу та лучних асоціацій біля основи "гір", а також повздож стежок, які спускались вниз. Ящірки, особливо молодших вікових груп, інколи мешкають серед трав'янисто-чагарникових спільнот з боків від таких стежок. Ділянки мають бути досить сухими. Важливо, щоб вони, як і інші вподобані цим видом місця, добре прогрівались. Характер рослинності відповідає умовам типових біотопів. Частіше, саме на стежках ми спостерігали молодь, особливо цьогогорічок, що вказує на те, що такі ділянки є тільки стаціями розселення ювенільних груп.

Ділянки заплави (Канів). Лучні біотопи не є типовими для *L. viridis*, однак, відомо, що зелена ящірка може освоювати такі ділянки, що ми знаємо з результатів досліджень герпетофауни Хортиці. Невеличке поселення ящірок нами було вперше знайдено на "пекарській калюжі" біля схилів гори Пластунка у Канівському заповіднику. Зрозуміло, що ящірки потрапили туди з Пластунки, поступово спускаючись через стежку, яка веде вниз, використовуючи її як тракт. Це угруповання ймовірно є нащадками юного розселення через стежку, що ми вже сказали. В інших ділянках гори, через екологічну ізоляцію у вигляді щільного лісового покриву, ящірки проникнути не могли. Біля калюжі є відносно невелика площа вологих луків, які прилягають до очеретяно-рогозових заростей, просякнутих івняком. Місцевість нерівна, з великою кількістю горбків, схилом на узбіччі дороги, що проходить поряд. Ґрунт – виснажений чорнозем. Рослинність – злаково-осокові та злаково-полинові лучні спільноти у поєднанні з івняком. Трохи далі є осоково-злакові асоціації поряд з поясом типових чагарників (*Amorpha*, *Robinia*, *Salix*) де теж мешкають зелені ящірки, однак у меншій кількості. Цікаво, що приблизно через 150-200 м. після ділянки вологих луків починається зона різнотравних сухих луків, заселена прудкою ящіркою, де зеленої вже немає. В даному випадку, вже

можна виділяти базову стацію, якою є описана ділянка вологих луків біля калюжі. Ящірки постійно зустрічались серед високої трави з відкритими ділянками поблизу суцільних івнякових заростей, де у них були нори та інші схованки. Постійні територіальні ділянки дорослих самців (ревіри) відмічались біля чагарників серед горбків, порослих злаками, однак висота трави тут виявилась невеликою. Стаціями розселення ящірок у цій зоні є ділянки з осоково-злаковою рослинністю біля череди чагарників Аморфи, де спостерігалась молодь і дорослі самки.

Просторова структура популяції. Встановлено, що структура популяції зеленої ящірки значно пов'язана з біотопами, але при цьому утворює два основні типи: плямиста та стрічкоподібна (Ситнік, 2008). На території Канівського природного заповідника відмічались певні варіації цих типів: щільно-плямисте розміщення груп з інтервалами від 10-15, до 50-100 м., плямисте з великими інтервалами до 2-х кілометрів, а також стрічкасте з відстанями між групами до 1 км., агрегаційно-мозаїчне при найбільшій щільності населення ящірок (до 5-7 екз. / га) – в урочищі Грушки та на Вовчих скотах (нагірна частина Канівського природного заповідника, борова тераса). На ділянці вологих луків відмічалось нерівномірно-плямисте розподілення з інтервалом від 7 м. Ці варіанти просторового розподілу були притаманні й іншим популяціям регіону. В районі Сміли відмічалось переважно плямисте, стрічкоподібне та мозаїчно-плямисте, а трохи північніше Канева – стрічкоподібне та крапчасто-плямисте розподілення (Ситнік, 2008). Популяція навпроти Переяслава, в районі Кагарлика на межі суцільної бугристо-урвищної зони, мала локалізовану агрегаційну структуру. Популяція зеленої ящірки в с. Кончі-Заспі представляла собою витягнуту пляму.

Сам характер просторового розподілу, як з'ясувалось, був пов'язаний з двома основними чинниками: форма та розміри ділянок, де знаходились стації виду, та об'єми кормової бази (щільність дрібних безхребетних на м²). Третій важливий чинник – присутність людини та ступінь її втручання у місця помешкання ящірок. Зокрема, у Канівському природному заповіднику найбільш щільне й велике поселення ящірок на порівняно невеликій площі було саме в урочищі "Грушки", яке найменш відвідувалось людиною. Так само, під Смілою великі мозаїчні поселення знаходились у місцях, де не проводилась господарська діяльність, будівництво та поряд з якими безпосередньо не було населених пунктів. У районі Кончі-Заспи значна частина популяції зникла через вирубки та будівництво на місцях меш-

кання рептилій котеджного містечка (Ситнік, 2008).

Добові пересування. Встановлено, що незважаючи на хибні думки, про які вже згадувалось, зеленої ящірки притаманна значна територіальність. У першу чергу, різко територіальними виявились дорослі самці, які мають яскраво виражені ревіри із характерними чіткими межами, загальна площа яких варіюється, у середньому, від 3-х до 5-7 м. Окремі територіальні ділянки мали діаметр до 10 м. (на Мар'їній горі, Канівський заповідник). Виключаючи шлюбний період, дуже мало пересуваються протягом доби й дорослі статевозрілі самки, яким притаманна факультативна територіальність. Однак, цього не можна сказати про молодь, яка, навпаки, весь час пересувається всередині біотопів, забезпечуючи ювенільне розселення. Середня сумарна частка, яка припадає у добових пересуваннях на молодь, перевищує 80%, й, у окремих випадках, сягає 90% (табл. 1; наведено осереднення багатьох спостережень). Під час періоду розмноження, самки беруть значно більш активну участь у добових пересуваннях, та їх частка в цей час підвищується на 30-40% (табл. 2). При цьому на пересуваннях самців це суттєво не позначається, що буде обговорене нижче.

Таблиця 1.

*Участь статевовікових груп *L. viridis* у добових пересуваннях*

*Participation of sexual and age-old groups of *L. viridis* in daily allowance movements*

	Ступінь участі у добових пересуваннях (%)			
	Конча-Заспа	Кагарлик	Канів	Сміла
Самці	0	5±0,03	9±0,21	4±0,2
Самки	18±0,6	10±0,4	10±0,51	6±0,8
молодь	82±0,24	85±0,49	81±0,65	90±0,57

Таблиця 2.

*Участь статевовікових груп *L. viridis* у добових пересуваннях під час періоду розмноження*

*Participation of sexual and age-old groups of *L. viridis* in daily allowance movements during the period of reproduction*

	Ступінь участі у добових пересуваннях (%)			
	Конча-Заспа	Кагарлик	Канів	Сміла
Самці	2±0,06	31±0,15	1±0,04	2±0,09
Самки	34±0,17	32±0,11	38±0,77	41±0,55
Молодь	64±0,35	65±0,49	61±0,18	57±0,74

Залежність характеру добової активності зеленої ящірки від таких чинників, як субстрат, приземний шар повітря й т.п. не була достовірно виявлена. Значно більш важливим, окрім температурного, виявився фактор вологості. Ящірки дуже не люблять виходити зі своїх схованок після дощу, коли трава та ґрунт мокрий.

Часто спостерігались окремі особини, переважно дорослі, що визирали із входів у нори після дощу, коли з'являлось сонце, але виходити вони не наважувались. Тільки коли земля та трава просихали, ящірки активно залишали свої помешкання.

Статеві-вікова структура популяцій. Під час досліджень було виявлено помітні розбіжності

статеві-вікового складу угруповань, навіть на рівні окремих невеликих поселень. Особливої уваги заслуговують найбільш докладні дані, одержані на базі Канівського заповідника. Статевий і віковий склад кількох конкретних поселень значно відрізнявся за окремими показниками. На ділянках Пластунки переважали старші вікові групи, серед яких самки (табл. 3.).

Таблиця 3.
Зміни статеві-вікового складу окремих угруповань L. viridis у Канівському заповіднику за період моніторингу (%)

	Ділянки									
	Мар'їна гора		Скіфське городище		Грушки		Пластунка		Пекарі	
	1995	2010	1995	2010	1995	2010	1995	2010	1995	2010
Самці	22±0,36	37±0,63	27±0,13	0	7±0,03	29±0,21	28±0,6	33±0,15	15±0,7	32±0,56
Самки	52±0,23	43±0,29	55±0,89	0	35±0,19	47±0,85	39±0,75	45±0,81	63±0,22	58±0,32
Молодь	26±0,18	20±0,48	18±0,57	0	58±0,74	24±0,8	33±0,87	22±0,46	22±0,61	10±0,4

Tabl 3.
Changes of sexual and age-old composition of separate groupments L. viridis in Kaniv reserve for period of monitoring

У межах надлучних терас Мар'їної гори та Скіфського городища спостерігалось схоже співвідношення, але ювенільних екземплярів відмічалось ще менше (в сер., 1 юв.:3♀♀:2♂♂ на 1 км. маршруту), що видно з даних таблиці. Найбільша частка ювенільних особин приходилась на "Грушки", де вони складали, в середньому, 4 юв.:3♀♀:2♂♂, протягом моніторингу чисельності у заповіднику (1995-2010). При цьому, можна побачити, що частка дорослих самців є стабільно нижчою за сумарну частку самок. Це цікаво розглядати при порівнянні з демографічними даними популяцій степової зони, де при інших схожих параметрах, частка самців переважає чисельність самок у 1,5-2 рази (Кармишев, 2002).

У 1998 році, у районі заповідника було відмічено різку зміну стаціонального розподілу угруповань зелених ящірок. На Великому Скіфському городищі ящірки повністю зникли. На Пластунці, Мар'їній горі, Вовчих скотах і Грушках значно знизилась щільність поселень із змінами їх конфігурації на площі. При цьому, на території урочища "Грушки" почали переважати групи старшого віку та adultus (≈ 70:30 %), із порівняно невеликою часткою цьогогорічок та інших juvenilus, а на ділянці заплави в районі Пекарів, де угруповання, навпаки, значно збільшилось й протягнулось у вигляді стрічки від Пластунки до підніжжя Княжої гори, було виявлено ще більший пріоритет дорослих особин (більше 75%). Порівняльний характер змін стаціонального розподілу угруповань зеленої ящірки на території Канівського природного заповідника показаний на рисунку 1. Вказані співвідношення питомої (екологічної) щільності, поняття якої було запропо-

новано ще Одумом (Одум, 1975), субпопуляцій ящірок, з незначними варіаціями зберігаються до 2010 року включно.

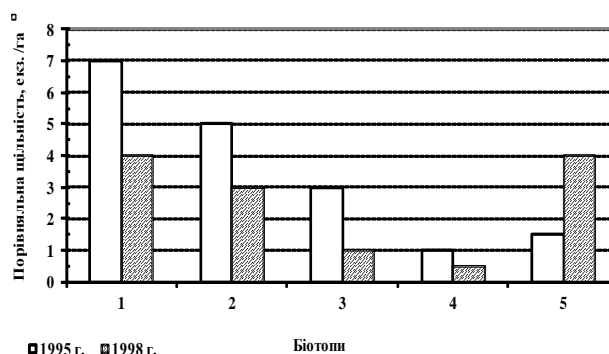


Рис. 1. Порівняльна питома щільність поселень *L. viridis* на різних ділянках заповідника до змін стаціонального розподілу (1995) і після нього (1998).

Comparative specific density of group of L. viridis on the different areas of reserve to the changes of statial distribution(1995) and after him(1998).

1 – Грушки; 2 – Мар'їна гора; 3 – Пластунка; 4 – Велике скіфське городище; 5 – Вологі луки.

Досить широкі межі варіабельності показника статеві-вікової структури виявились і у решті пунктів досліджень. У Кончі-Заспі переважали ювенільні вікові групи, а у статевих – самки (≈ 75%). У популяції району Кагарлика також переважала молодь (60% від загальної кількості) та самки, яких було на 10-15% більше від самців (відповідно, у 2000 та 2001 р. р.). Під Смілою частка ювенільних і дорослих особин була відносно рівною з невеликою перевагою останніх. Частка самок теж була більшою відносно самців (рис. 2.).

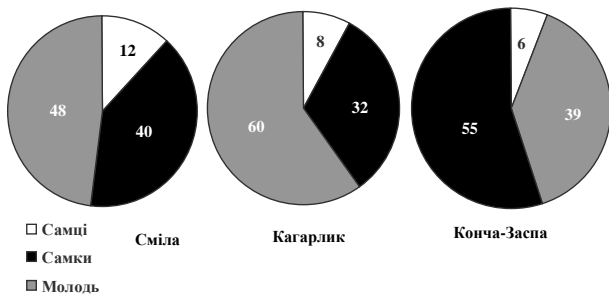


Рис. 2. Порівняльні дані співвідношень статевовікових груп зеленої ящірки, % від загальної кількості (середнє значення за період спостережень). Comparative data of correlations of sexual and age-old groups green lizard, % from a general amount

Отже, бачимо, що всім дослідженим угрупованням зеленої ящірки лісостепової зони властива однозначна перевага самок у віковій структурі, що є повністю протилежним демографічній ситуації наявній у популяціях степової зони (Кармишев, 2002). Якщо порівнювати ці дані з демографічними відомостями про прудку ящірку, де встановлено, що угруповання з перевагою самок у віковій структурі притаманні антропогенно трансформованим біогеоценозам (Гасо, 1998), то цілком можливим здається, що таке схоже становище з віковою структурою поселень *L. viridis* у досліджуваній ділянці лісостепу, на відміну від степових популяцій, є проявом такої ж адаптивної стратегії, що працює в умовах антропогенного тиску на регіон. За даними Кармишева (Кармишев, 2002) у поселеннях зелених ящірок, які існують у малотрансформованих біотопах, чисельність самців переважає чисельність самок у 1,5-2 рази.

Зазначимо, що наші дані одержані в кінці липня-початку серпня відповідних років, коли хвили фенологічних змін чисельності проходили, й можна було визначити відносно остаточний статевовіковий склад популяцій перед зимівлею.

Характер фенологічних змін середньої щільності й статевовікового складу досліджуваних угруповань носив, вже навпаки, виражені спільні риси. Спочатку, масова агрегація на рівні статевозрілих категорій, приурочена до періоду розмноження, потім – загибель від ворогів, далі крива середньої щільності дорослих вікових груп залишалась на старих позиціях, однак показник середньої щільності вирівнювався за рахунок виходу приплоду (рис. 3.), після чого знов відбувався деякий спад, що мав незначні розбіжності у різних популяціях, вже, переважно, за рахунок загибелі цьогорічок, що до середини серпня вже завершувалось стабілізацією показника середньої щільності (Ситнік, 2003; Ситнік, 2008).

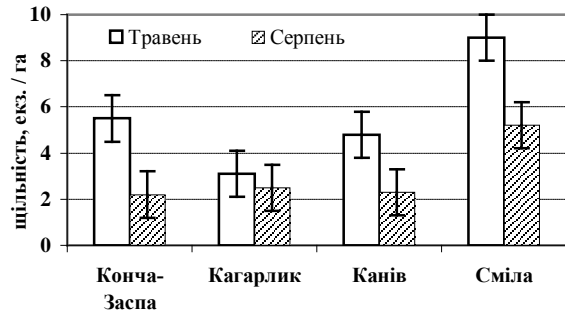


Рис. 3. Фенологічні зміни середньої щільності дорослих особин зеленої ящірки протягом весняно-літнього періоду в різних популяціях (2001 р) Changes of index of middle density of adult individuals of green lizard are during a spring-summer period in different populations (2001)

Висновки.

1. Зелена ящірка поширена починаючи з півночі Кагарлицько-гребінківського фізико-географічного району, де існує у вигляді поодиноких і стрічкоподібних поселень, приурочених до надлучних терас. Острівне поселення виду існує також у Кончі-Заспі;

2. Зелена ящірка в регіоні досліджень приурочена до певних подібних типів біотопів, де наявні видоспецифічні стації.

3. Просторова структура досліджених угруповань *Lacertidae* в регіоні переважно агрегаційна, та існує в кількох різних формах, що пов'язано з конфігурацією сприятливих ділянок, кормовою базою та міжвидовими стосунками; статева та вікова структури цих поселень відрізняється в окремих поселеннях, що зв'язано з різним ступенем гетерогенності середовища та факторами антропогенного перетворення (випасом, розорюванням і відловом).

Список літератури:

- Гасо В.Я. Еколого-біохімічні особливості взаємодії прудкої ящірки (*Lacerta agilis* L.) з техногенним середовищем в умовах степового Придніпров'я. – Авто-реф. дис. канд. біол. наук. – Дніпропетровськ, 1998. – 17 с.
- Кармишев Ю. В. Плазуни півдня степової зони України (поширення, мінливість, систематика та особливості біології) / Автореф. дис. на зд. ступ. канд. біол. наук. – К., 2002. – 20 с.
- Котенко Т.І. Ящірка зелена *Lacerta viridis* (Laurenti, 1768) / Котенко Т.І., Ситнік О.І. Червона книга України. Тваринний світ. – К.: Глобалконсалтинг, 2009. – С. 389
- Лаврик В. І. Методи математичного моделювання в екології. – К.: Фітосоціоцентр, 1998. – 131 с.
- Одум Ю. Основы экологии. – М.: Мир, 1975. – 744 с.
- Ситнік О. І. Попередні результати вивчення багаторічних змін чисельності поселень трьох видів *Lacertidae* (Reptilia, Squamata) в умовах центрального лісостепу України // Вісник Дніпропетровського

- університету, біологія, екологія. – 2003. – Т. 1 – Вип. 11. – С. 213-217.
7. Ситнік О.І. Структура популяцій справжніх ящірок (*Lacertidae*) в умовах придніпровського лісостепу України: Монографія / К.: ВПЦ «Київський університет», 2008. – 208 с.
 8. Руководство по изучению земноводных и пресмыкающихся / Под ред. Н. Н. Щербака. – К., 1989. – 172 с.
 9. Assmann O. Protection measures for the Green Lizard – *Lacerta viridis* (Laurenti, 1768) near Passau (Germany, Lower Bavaria) / Mertensiella, Nummer 13, Rheinbach, 31. Dezember 2001. – P. 251-268.
 10. Elbing K. Species protection program "Smaragdeidechse" *Lacerta viridis* (Laurenti, 1768) in Brandenburg / Mertensiella, Nummer 13, Rheinbach, 31. Dezember 2001. – P. 269-278.
 11. Mikatova B. The Lizard, *Lacerta viridis* (Laurenti, 1768), in the Czech Republic: Distribution, Ecology and Conservation aspects / Mertensiella, Nummer 13, Rheinbach, 31. Dezember 2001. – P. 138-149.
 12. Muller M. Naturnahe Kleinkahlschlagswirtschaft als Beitrag der Forstwirtschaft zum Schutz der Smaragdeidechse (*Lacerta viridis* Laurenti) in Brandenburg / Mertensiella, Nummer 13, Rheinbach, 31. Dezember 2001. – P. 279-285.
 13. Schedl H., Klepsch R. Population structure of the Green Lizard *Lacerta viridis* (Laurenti, 1768) – A comparison of two study areas in Vienna (Austria) / Mertensiella, Nummer 13, Rheinbach, 31. Dezember 2001. – P. 215-228.
 14. Schneeweiss N. Aspekte der Entwicklung und des Ausbreitungsverhaltens von Smaragdeidechsen (*Lacerta viridis viridis*) in einem Ansiedlungsversuch in Brandenburg / Mertensiella, Nummer 13, Rheinbach, 31. Dezember 2001. – P. 229-240.

THE CHARACTERISTIC OF DENSITY, BIOTOPIC DISTRIBUTION AND STRUCTURE OF EMERALD LIZARD POPULATIONS (*Lacerta viridis* Laurenti, 1768) OF A PRIDNEPROVYE FOREST-STEPPE OF UKRAINE

A.I. Sytnik

*A comparative research of several populations of emerald (green) lizard *Lacerta viridis* (Reptilia: Sauria) within limits of a Pridneprovye forest-steppe, under conditions of a different degree of anthropogenous factor action, it can give an opportunity of further diagnosing and forecasting of probable population reactions to action of the certain ecological factors.*

*As a whole, we used standard techniques of field researches, which are applied in auto and demecology. New data on character of long-term changes in populations of the lizards received on the base of Kaniv natural reserve under action of anthropic influence (in particular of economic activity and injurious, nonauthorised catching) and weather conditions, which in last 15 years are not typical for our climatic zone. The revealed basic directions of attempts of adaptation process in populations of the lizards under conditions of an unfavourable ecological situation. It is established that biotopic and statial distribution depends not only on abiotic factors, but also on competitive relations between populations of researched species and status of the groupings, degree of anthropic pressure. The presence of territoriality was confirmed for *Lacertidae* species – *Lacerta viridis*, that was under doubt by some authors before this time. The comparison of parameters of long-term dynamics of populations in conditions of environment, which status is more and more worsened, is necessary for forecasting their further status and ecosystems as a whole, which integral part is the given populations.*

*A green lizard is widespread, beginning from the north of Kagarlyk-Grebinki of physical-geographic area, where it exists as the single and prolate settlements timed to the river terraces above meadows. A green lizard in the region of researches is timed to the certain similar types of biotops, where the specific are for the type of statial. The spatial structure of investigational groupments of *Lacertidae* mainly aggregating in a region, and it exists in a few different forms, that it is related to configuration of favourable areas, feed base and relationships with other species. Sexual and age-old structures of these settlements differs in separate settlements, that it is related to the different degree of heterogeneity of environment and factors of anthropogenic transformation (by a pasture, throwing open and hunting).*

Keywords: Green (emerald) lizard, population, structure, density, distribution.

Отримано редколегією 10.12.2010

**МОРФОЛОГІЧНА МІНЛИВІСТЬ БИЧКА-КРУГЛЯКА
NEOGOBIOUS MELANOSTOMUS (PALLAS, 1814)
МОРСЬКИХ ТА ПРІСНОВОДНИХ ВОДОЙМ**

М.Ю. Ткаченко

Таврійський державний агротехнологічний університет;

Пр-т Б. Хмельницького, 18, м. Мелітополь, Запорізька обл., 72312, Україна, tkachenkomaria@mail.ru

*У роботі було проведений аналіз морфологічної мінливості угруповань бичка-кругляка (*Neogobius melanostomus*) з Таганрозької та Обитічної заток, Утлюцького лиману та Каховського водосховища. Основні відмінності були встановлені за показниками, що пов'язані з органами руху між «прісноводними» та «морськими» формами. Важливим елементом роботи є проведений морфологічний аналіз виду за різних гідроекологічних умов існування.*

Ключові слова: морфологічна мінливість, пластичні ознаки, Азовське море, Каховське водосховище.

Вступ. В зв'язку з активним розширенням ареалів існування бичка-кругляка *Neogobius melanostomus* (Pallas, 1814), та освоєння ним нових водойм дослідження потенціальних морфологічних змін в межах цього промислового виду має важливе значення. Бичок-кругляк є евригаліним видом (діапазон солоності від 0,1 до більш ніж 20‰), не здійснює протяжні міграції та характеризується чіткою прив'язаністю до певних ділянок водойми. Важливим є виявлення змін екстер'єру бичка-кругляка, що можуть бути відповіддю на пристосування до нових умов існування.

Метою роботи було проаналізувати морфологічну мінливість угруповань бичка-кругляка з урахуванням екологічної специфіки водойм.

Задачами даної роботи було дослідити морфологічних змін особин бичка-кругляка з різних ділянок Азовського моря, Утлюцького лиману та Каховського водосховища, та подальша їх характеристика з точки зору пристосувального характеру процесу розвитку угруповань за різних екологічних умов.

В наукових роботах відображено теми щодо вивчення статевого диморфізму (Заброда, 2009), а також вікової морфологічної мінливості (Билько, 1966), краніологічні дослідження, а також питання пов'язані з географічним поширенням виду (Смирнов, 2001). Нажаль наявні дослідження особливостей морфологічної будови бичка-кругляка з різних водойм висвітлено недостатньо.

Матеріали та методи. В роботі для морфологічного аналізу залучено 255 особин бичка-кругляка (61 екз. з Обитічної затоки, 50 – Таганрозької затоки, 106 – Утлюцького лиману, 38 –

Каховського водосховища). Матеріал зібраний впродовж травня - липня 2010 – 2012 років. Вивчено 37 пластичних ознак за стандартними схемами І.Ф. Правдіна (Правдин, 1969) з доповненнями Т.А. Заброди (Заброда, 2009): **TL** – загальна (зоологічна довжина), **SL** – стандартна (промислова) довжина, **H** – найбільша висота тіла, **h** – висота хвостового стебла, **iH** – найбільша товщина (ширина) тіла, **ih** – товщина (ширина) хвостового стебла, **aD** – антедорсальна відстань, **pD** – постдорсальна відстань, **aP** – антепекторальна відстань, **aV** – антевентральна відстань, **aA** – антеанальна відстань, **V-A** – вентроанальна відстань, **pl** – довжина хвостового стебла, **ID1** – довжина основи першого спинного плавця, **hD1** – висота першого спинного плавця, **ID2** – довжина основи другого спинного плавця, **hD2** – висота другого спинного плавця, **IA** – довжини основи анального плавця, **hA** – висота анального плавця, **IP** – довжини грудного плавця, **iP** – ширина основи грудного плавця, **IV** – довжини черевного плавця, **iV** – ширина основи черевного плавця, **IC** – довжина хвостового плавця, **HL** – довжина голови, **hcz** – висота голови у потилиці, **ic** – найбільша ширина голови, **ao** – довжина рила, **o** – горизонтальний діаметр ока, **op** – позаочна відстань, **io** – ширина лоба, **lm** – довжина верхньої щелепи, **lmd** – довжина нижньої щелепи, **or** – відстань між оком та кутом щелепи, **hop** – висота щоки, **ir** – ширина рота, **hco** – висота голови через середину ока.

Для аналізу були обрані екземпляри риб одного розмірного класу (SL= 11-12 см), однакового вікового діапазону (2 - 2+), та стадії зрілості гонад. У самиць з Каховського водосховища до аналізу залучалися особини 8,5-10,5 см. В проце-

сі математичної обробки пластичні ознаки були нормовані до довжини тіла (**SL**), а довжини виміряні на голові – до довжини голови (**HL**). Оцінка достовірності відмінностей за індексами пластичних ознак проводився з визначенням *t*-критерію Стьюдента (Лакин, 1990).

Кластерний аналіз вибірок бичка-кругляка проводився за сукупної дії навантажень пластичних ознак з визначенням дивергенції Кульбака (Решетников, 1980), та подальшої сумачії для кожного випадку. Статистична обробка проводилася за допомогою пакета програм Statistica 7.0 (StatSoft, Inc.), пакета аналізу Microsoft Excel та Access 2010.

Результати та їх обговорення. Кластерний аналіз у самиць показав при розриванні дендриту на рівні 37 ум. од. формування першого кластеру, в який увійшли вибірки з Обитічної та Таганрозької заток (рис. 1). До другого кластеру (51 ум. од.) приєднується Утлюцький лиман. Третій кластер об'єднує попередні «солонowodні» форми з Каховським водосховищем (71 ум. од.). Така ж сама картина спостерігається і при кластеризації у самців. Так, до першого кластеру

входять Обитічна та Таганрозька затоки (160 ум. од.), до другого – Утлюцький лиман (51 ум. од.), до третього – Каховське водосховище (260 ум. од.).

Значення достовірних відмінностей за групою пластичних ознак (табл. 1) підтвердили найбільшу їх кількість у вибірках з Каховського водосховища порівняно з ділянками моря з урахуванням статі.

Таблиця 1
Оцінка достовірних відмінностей, *t*-критерій
Table 1

<i>Evaluation differences, t-test</i>			
Водойма	Обитічна затока	Таганрозька затока	Утлюцький лиман
Таганрозька затока	$\frac{14^*}{8^{**}}$	-	-
Утлюцький лиман	$\frac{16}{12}$	$\frac{18}{10}$	-
Каховське водосховище	$\frac{23}{17}$	$\frac{27}{15}$	$\frac{25}{20}$

* - самці, ** - самиці

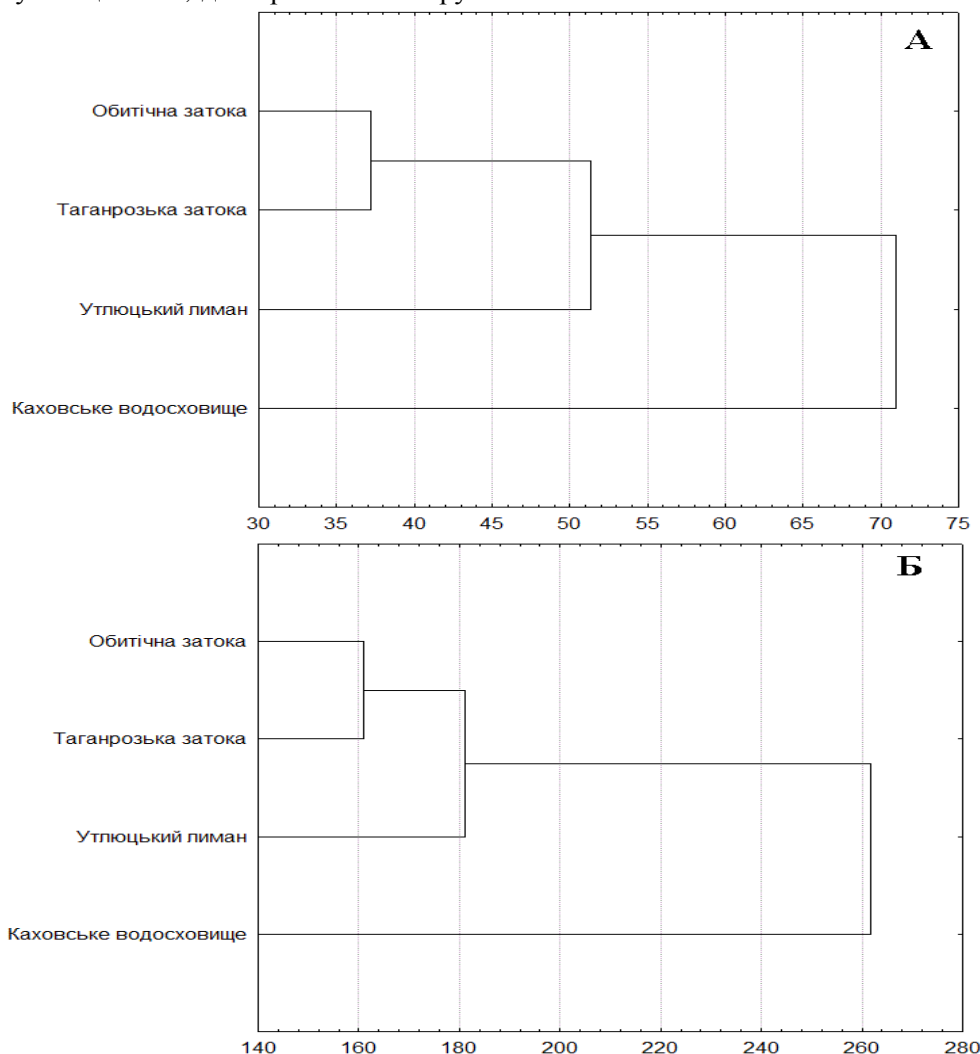


Рис.1. Дендрограми відмінностей вибірок бичка-кругляка (А – самиці, Б – самці)

Fig.1. The dendrograms of differences between the round goby's samples (A – females, B – males)

Проведений факторний аналіз вибірок самиць з Обитічної затоки та Каховського водосховища показав найбільше навантаження на показники найбільшої висоти тіла (**H**), висоти хвостового стебла (**h**), ширини основи грудного плавця (**iP**), ширина основи червонного плавця (**iV**), довжини голови (**HL**), відстані між оком та кутом щелепи (**or**).

Дискримінантний аналіз за трьома канонічними варіантами був проведений за всіма ознаками. З таблиці 2 видно що для подальших розрахунків можна використати дві перші головні компоненти, які в сукупності враховують 94 % та 84 % у самиць та самців відповідно.

Таблиця 2

Table 2

Результати аналізу головних компонент

The results of principal components analysis

Головні компоненти	Власні значення	Доля врахованої дисперсії, %	Накопичене власне значення	Накопичена доля врахованої дисперсії, %
Самиці				
1	2,380	59,5	2,380	59,5
2	1,397	34,9	3,777	94,4
3	0,223	5,6	4,000	100,0
Самці				
1	2,252	56,3	2,252	56,3
2	1,146	28,7	3,398	84,9
3	0,602	15,1	4,000	100,0

Аналіз показав розділення вибірок за групами «морські» та «прісноводні» форми (рис. 2). З графіків видно, що як у самиць так і у самців більш близькими є вибірки з Таганрозької та Обитічної заток. Особини з Утлюцького лиману

хоч і досить близькі до них, але все ж мають більше відмінностей. Вибірki самців ближчі між собою, що на нашу думку може бути пов'язано з сезонними нерестовими змінами, але вони теж мають чіткий поділ.

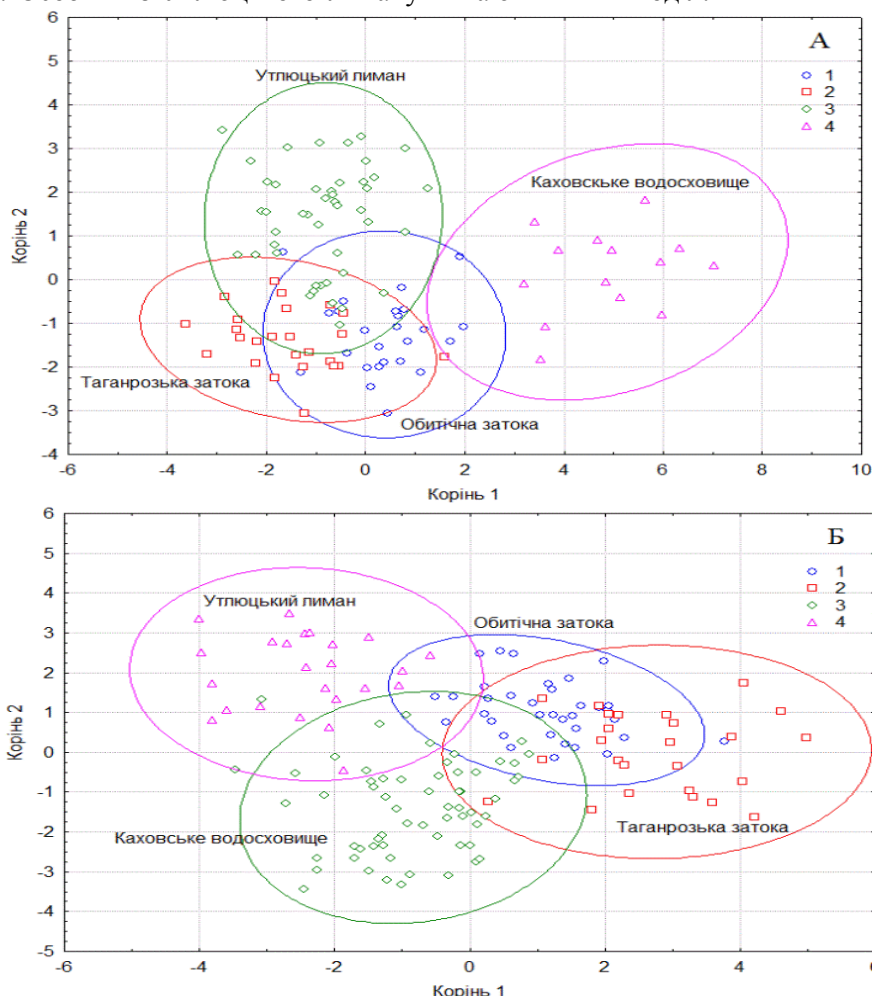


Рис. 2. Дискримінантний аналіз відмінностей вибірок бичка-кругляка (А – самиці, Б – самці)
 Fig. 2. The discriminant analysis of the differences between the round goby's samples (A – females, B- males)

Як відомо, більшість змін морфологічних ознак, що досліджуються, пов'язані з системами руху, харчування та розмноження. Однак більшість з них можуть мати відображення у кількох процесах (Митрофанов, 1977). Порівняльний аналіз самок з чотирьох ділянок водойм показав збільшення показників **hD1**, **hD2**, **hA** в Утлюць-

кому лимані, що вказує на поліпшення гідростатичних властивостей тіла риби (табл. 3).

Цікаво, що у особин з Утлюцького лиману менший показник антедорсальної відстані (**aD**) порівняно з Обитічною затокою, що може свідчити про зменшення плавальної потужності у особин з лиману, при наявності достовірності.

Таблиця 3

Порівняльна характеристика пластичних ознак бичка-кругляка

Table 3

The ductile signs comparative characteristic of the round goby

Ознака	Таганрозька затока		Обитічна затока		Утлюцький лиман		Каховське в-ще	
	Самиці	Самці	Самиці	Самці	Самиці	Самці	Самиці	Самці
SL, мм	11,41±0,12	11,91±0,15	11,14±0,11	11,72±0,08	11,65±0,08	12,10±0,09	8,76±0,33	11,90±0,11
% SL								
H	21,91±0,46	21,68±0,48	21,96±0,46	21,43±0,25	21,69±0,39	21,77±0,27	23,52±0,78	21,67±0,48
h	10,75±0,15	11,35±0,11	10,94±0,13	11,42±0,08	10,43±0,11	11,64±0,12	9,72±0,15	10,50±0,17
iH	19,26±0,31	18,99±0,32	18,86±0,33	18,67±0,22	18,78±0,29	18,32±0,28	19,70±0,42	17,84±0,33
ih	3,26±0,15	3,59±0,14	3,59±0,13	4,97±1,18	3,42±0,09	4,35±0,13	4,01±0,12	3,80±0,11
aD	34,04±0,26	33,10±0,22	34,32±0,23	33,02±0,26	33,60±0,24	37,70±0,42	33,49±0,33	32,20±0,26
pD	18,52±0,21	19,51±0,20	18,8±0,28	20,1±1,32	18,63±0,18	19,10±0,35	17,97±0,28	17,33±0,36
aP	31,37±0,42	30,64±0,36	31,53±0,57	32,21±0,15	31,38±0,23	31,28±0,27	30,75±0,35	31,53±0,22
aV	31,05±0,28	30,05±0,32	31,59±0,28	32,61±0,32	32,29±0,34	32,37±0,28	29,89±0,33	30,81±0,26
aA	56,83±1,31	55,72±0,31	58,17±0,43	58,15±0,33	58,36±0,70	57,15±0,48	57,59±0,94	57,65±0,44
V-A	28,19±0,52	26,5±0,37	28,11±0,52	27,49±0,36	28,71±0,35	27,25±0,36	29,81±0,57	28,55±0,57
pl	19,91±0,23	20,91±0,29	20,14±0,11	20,37±0,25	20,50±0,30	20,00±0,32	20,46±0,38	19,88±0,27
PV	18,40±0,32	18,03±0,26	18,07±0,27	18,19±0,24	17,46±0,33	16,53±0,32	17,35±0,50	16,51±0,30
ID1	16,64±0,47	15,44±0,39	17,52±0,28	17,41±0,29	15,90±0,29	15,83±0,33	18,31±0,30	18,82±0,24
hD1	11,13±0,22	11,76±0,30	10,51±0,27	12,12±0,23	12,57±0,22	13,49±0,26	11,02±0,36	12,70±0,32
ID2	31,86±0,32	31,94±0,23	32,02±0,32	32,07±0,27	31,04±0,21	31,40±0,27	32,28±0,37	32,21±0,27
hD2	9,76±0,37	9,71±0,40	9,84±0,25	10,95±0,22	11,88±0,29	12,94±0,31	10,44±0,31	11,94±0,26
ID1-ID2	1,98±0,17	1,79±0,25	1,21±0,10	1,24±0,28	2,16±0,19	2,15±0,17	1,19±0,19	0,96±0,13
IA	23,84±0,25	25,47±0,36	24,11±0,44	25,54±0,23	23,00±0,23	24,24±0,23	24,07±0,4	24,88±0,39
hA	8,24±0,32	8,57±0,43	8,95±0,23	9,29±0,15	10,00±0,24	11,70±0,26	9,10±0,21	9,63±0,19
IP	29,14±0,33	28,58±0,24	28,91±0,33	29,35±0,26	27,88±0,32	26,84±0,27	25,48±0,56	25,98±0,46
iP	12,16±0,09	12,16±0,09	11,93±0,11	12,29±0,12	11,66±0,12	12,10±0,10	11,03±0,21	11,73±0,13
iv	7,14±0,12	7,39±0,15	6,81±0,08	6,99±0,06	6,71±0,08	6,84±0,11	6,23±0,11	6,47±0,08
LV	21,21±0,24	21,51±0,31	21,19±0,24	21,30±0,21	20,84±0,17	20,53±0,18	20,29±0,36	19,32±0,22
IC	21,06±0,22	21,29±0,36	21,97±0,23	22,24±0,24	22,03±0,21	22,36±0,32	20,85±0,38	21,78±0,37
HL	28,16±0,19	28,01±0,24	28,13±0,17	28,35±0,18	27,36±0,35	27,66±0,27	27,27±0,27	24,53±0,84
% HL								
hcz	79,45±1,20	80,81±1,20	78,37±0,79	78,59±0,67	75,73±1,47	76,61±0,98	76,83±1,55	79,17±1,45
hco	56,86±0,61	57,89±0,64	56,98±1,12	61,11±0,96	58,52±0,95	61,64±1,12	56,44±1,20	65,81±0,72
hop	43,82±0,63	43,88±0,45	42,55±0,50	45,63±0,58	45,04±0,82	45,33±0,85	42,52±0,57	56,15±2,08
ao	35,27±0,76	35,96±0,54	36,00±0,46	35,92±0,44	36,34±0,62	35,24±0,56	30,79±0,63	35,08±1,38
op	54,07±0,72	56,47±2,0	50,43±0,85	50,15±0,72	52,31±1,45	52,60±1,14	53,47±1,12	60,50±1,15
o	19,88±0,28	18,04±0,22	21,01±0,25	18,21±0,25	20,99±0,36	19,72±0,32	23,77±0,53	22,83±0,94
io	29,97±0,54	29,67±0,61	31,94±0,33	33,26±0,26	29,37±0,47	29,09±0,47	30,20±0,78	35,98±1,34
or	24,08±0,73	24,91±0,83	23,21±0,32	25,18±0,50	23,48±0,33	25,25±0,54	20,58±0,72	30,22±1,35
lm	31,72±0,52	32,73±0,40	30,24±0,33	32,64±0,55	30,06±0,95	38,30±0,85	28,34±0,48	40,09±1,73
lmd	37,21±0,53	38,48±0,48	36,31±0,33	37,95±0,48	37,18±0,56	43,05±0,68	35,70±0,47	48,16±1,87
ir	42,53±0,59	44,59±0,58	45,63±0,68	50,22±0,91	43,63±0,78	51,26±1,21	46,80±0,93	64,02±1,81

У самиць з водосховища збільшується довжина основи першого та другого спинного плавців (**ID1**, **ID2**), та їх зменшення в лимані. Також в умовах водосховища відбувається зменшення (**iv**, **IA**) ширини черевного плавця (присоски), дов-

жини анального плавця, що свідчить про зменшення навантаження на них. У самців збільшується показник **ID1**, та зменшується **LV**, **iv** але при цьому не відбувається зменшення присоски назад – показник **PV** зменшується, а **V-A** – збі-

льшується. Порівняно з Таганрозькою затокою у у самців з водосховища достовірно зменшується довжина хвостового стебла з одночасним зменшенням його висоти (**pl, h**), що свідчить про зменшення навантаження на нього. Також зменшується ширина його основи грудного плавця (**IP та iP**), що на нашу думку, може свідчити про відсутність у риб необхідності проникати на великі глибини в умовах водосховища порівняно Обитічною затокою та Утлюцьким лиманом. У самців та самиць з водосховища спостерігається значне збільшення діаметра ока (**o**), що може бути пов'язано з умовами освітлення у водоймі.

У обох статей з водосховища більший показник **Im** та **ir**, що може бути пов'язані з умовами харчування, але є вірогідність, що це є наслідком сезонної мінливості.

Висновки

У підсумку слід зазначити, що у бичка-кругляка (*N. melanostomus*) з водойм з різними гідроекологічними умовами спостерігається морфометрична диференціація. Основними відмінностями між прісними та морськими формами є збільшення висоти спинних плавців, зменшенні показників довжини та ширини присоски, довжини грудного та анального плавців, довжини та висоти хвостового плавця.

Одним із пояснень таких змін може бути особливості гідрологічних умов в водоймах. На нашу думку, у водосховищі та лимані, в умовах меншої течії, глибини, та обмеженої території

зменшуються значення ознак, що відповідають за рух. Відповідно збільшення цих показників у бичків з Обитічної та Таганрозької заток можуть бути наслідком більших прибережних течій та характерних для даних частин акваторії штормів.

Список літератури:

1. Билько В.П. Промысловые бычки Днепровско-Бугского лимана / В.П. Билько // автореф. диссерт. к.б.н. – Киев, 1966. – 21 с.
2. Заброда Т. А Оценка половых различий в морфометрических признаках бычка-кругляка *Neogobius melanostomus* (Pallas, 1814) Азовского моря / Т. А. Заброда, О. А. Дирипаско // Вестник Запорожского национального университета. – 2009. – № 2. – С. 41-47.
3. Лакин Г.В. Биометрия. / Г.В. Лакин // М.: Высш. шк., 1990. – 352 с.
4. Митрофанов В.П. Экологические основы морфологического анализа рыб / В.П. Митрофанов // уч. пособие для студентов-ихтиологов. – Алма-Ата : КазГУ, 1977. – 32 с.
5. Правдин И.Ф. Руководство по изучению рыб / И.Ф. Правдин. //М.: Пищевая промышленность, 1966. - 375 с.
6. Решетников Ю.С. Экология и систематика сиговых рыб. / Ю.С. Решетников // М.: Наука, 1980. – 300 с.
7. Смирнов А.И. Бычок-кругляк *Neogobius melanostomus* (Pisces, Gobiidae) за пределами ареала: причины, степень распространения, возможные последствия / А.И. Смирнов // Вестник зоологии. – 2001. – № 35 (3). – С. 71-77.

THE MORPHOLOGICAL VARIABILITY OF THE ROUND GOBY *NEOGOBIOUS MELANOSTOMUS* (PALLAS, 1814) OF THE SALTWATER AND FRESHWATER RESERVOIRS

M. Y. Tkachenko

*The article covers the variability analysis of the round goby (*Neogobius melanostomus*) of the Taganrog and Obytichnoyi bays, the Utlukskyu estuar and Kahovskyy reservoir. The main differences of morphological parameters related with the locomotion organs between the samples in groups of "saltwater" and "freshwater" forms are described.*

The basic element of the paper is the morphological analysis of this species under different hydroecological conditions.

Keywords: the morphological variability, ductile signs, The Sea of Azov, the Kahovskyy reservoir.

Отримано редколегією 01.07.2012

РИБОГОСПОДАРСЬКЕ ЗНАЧЕННЯ ПРІСНОВОДНИХ СПЕЦІАЛЬНИХ ТОВАРНИХ РИБНИХ ГОСПОДАРСТВ УКРАЇНИ

Д.С. Христенко, Г.О. Котовська

*Інститут рибного господарства НААН України,
вул. Обухівська, 135, Київ, 03164, Україна, khristenko@ukr.net*

Наведено результати досліджень загальної кількості, розповсюдження по території України, площі, промислового вилову і рибопродуктивності прісноводних спеціальних товарних рибних господарств. Показано їх значення для рибної галузі України. Встановлено, що більше половини площі СТРГ сконцентровано у трьох найбільш густонаселених областях України. Запропоновано у якості показника ефективності використання зазначених господарств використовувати показник рибопродуктивності.

Ключові слова: спеціальне товарне рибне господарство (СТРГ), загальна кількість, розповсюдження і значення СТРГ.

Вступ. У процесі переходу економіки України на ринкові умови господарювання різко зменшилося виробництво риби і рибної продукції. Брак обігових коштів, високі ціни на засоби технічного забезпечення, комбікорми, сітко- та паливно-мастильні матеріали на фоні низької купівельної спроможності населення та недофінансування запланованих державою заходів зі стимулювання розвитку рибного господарства не дає змоги раціонально реалізувати потенційні можливості водойм різних категорій (Гринжевський М.В., 1998; Пилипенко Ю.В., 1999).

Україна має значну кількість малих прісноводних водойм не рибогосподарського призначення штучного і природного походження. Вони були побудовані за часів колишнього СРСР для забезпечення народного господарства у іригації, водопостачанні, водопої великої рогатої худоби тощо. Перебудова сільськогосподарської галузі спричинила той факт, що на даний момент більша їх частина майже не використовується за своїм прямим первинним призначенням. Останнім часом їх використання здебільшого пов'язано зі здійсненням неорганізованого рибальства і стихійної рекреації, що економічно неефективно для державного бюджету і небезпечно для екосистеми і іхтіофауни водойм (Пилипенко Ю.В., 2007).

В останні 10 років спостерігається значне підвищення інтересу до рибогосподарського використання малих водойм загальнодержавного значення.

Їх ефективному освоєнню підприємствами різних форм власності і приватними підприємцями, на нашу думку, сприяють наступні чинники: 1) невеликі акваторії, які дають змогу достатньо ефективно здійснювати рибоохоронні заходи, 2) придатність для товарного вирощування риби, 3) можливість організації промислового, люби-

тельського і спортивного рибальства, 4) відносна доступність посадкового матеріалу.

Загальновідомим і безперечним фактом є той, що розвиток господарської діяльності в країні має відбуватися виключно у правовому полі. Існуюче сучасне законодавство України накладає фактично непрямую заборону щодо ведення інтенсивного, напівінтенсивного і випасного рибництва у непристосованих водоймах (Інструкція..., 2008). Актуальність проведеної роботи полягає у тому, що у зв'язку з вище наведеним, у нашій державі на внутрішніх водоймах багатопільового використання, які спеціально непристосовані до ведення рибного господарства, фактично єдиною формою господарювання виступають спеціальні товарні рибні господарства (далі – СТРГ), встановленню значення яких і присвячена дана робота.

Об'єкт і методи досліджень. Об'єктом дослідження були малі прісноводні водойми не рибогосподарського призначення штучного і природного походження загальнодержавного значення, які придатні для організації на їхній основі спеціальних товарних рибних господарств. Для дослідження було використано статистичні матеріали Держрибагентства та Головних державних управлінь рибоохорони щодо кількості СТРГ, їхнього розповсюдження, загального вилову тощо, і результати виконання госпрозрахункових тематик відділу вивчення біоресурсів водосховищ ІРГ НААН за 2000-2011 рр., виконаних за загальноновизнаними гідрологічними, гідрохімічними, гідробіологічними, іхтіологічними та біостатистичними методиками, адаптованими до умов малих та середніх водосховищ (Методи..., 2006; Методика збору..., 1998; Методика прогнозування..., 1982). Отримані первинні матеріали також було оброблено з використанням зага-

льнонаукових теоретичних методів – аналіз, синтез, системний аналіз і прогнозування.

Результати та їх обговорення. Ведення СТРГ передбачає здійснення вирощування найпоширеніших об'єктів прісноводної аквакультури за екстенсивною технологією та невиснажливу промислову експлуатацію наявного запасу аборигенних видів. Отже, даний вид діяльності має ознаки як рибальства, так і рибництва.

Безпосередній порядок створення та функціонування господарств в режимі СТРГ регламентується інструкцією “Про порядок здійснення штучного розведення, вирощування риби, інших водних живих ресурсів та їх використання в спеціальних товарних рибних господарствах”, затвердженій Держкомрибгоспом України від 15.01.2008 р. № 4, зареєстрованій Міністром України 28.01.2008 № 64/14755. Згідно зазначеного документу, базовими положеннями при створенні СТРГ є здійснення вирощування риби виключно на природній кормовій базі та заборона скиду води для облову. Вилучення товарної риби здійснюється в звичайному промисловому режимі, тобто *de jure* цей вид діяльності є рибальством з проведенням рибогосподарських заходів щодо відтворення водних біоресурсів. Приблизно за такою ж схемою (зариблення та вилов) експлуатуються сьогодні і великі внутрішні рибогосподарські водойми, зокрема дніпровські водосховища. Відмінність СТРГ полягає в тому, що в цих господарствах на частку вселенців, за нашими даними, припадає у середньому не менше 80 % загального улову (на дніпровських водосховищах цей показник не перевищує 10-15 %). Цей факт, на нашу думку, сприяє зменшенню антропогенного тиску на аборигенну іктофауну шляхом перенесення основної господарської діяльності користувача (промислового, любительського і спортивного рибальства) на інтродуцентів. До того ж, до позитивних рис СТРГ також відноситься той факт, що зариблення та вилов здійснюється одним користувачем, а сам режим цього господарства діє впродовж 10 років, що дає можливість довгострокового планування господарської діяльності і наявності конкретної фізичної або юридичної особи, відповідальної за стан окремої водойми.

Станом на початок 2012 р., в Україні створено 566 СТРГ (або 4 % від кількості ставів, зданих в оренду). Більше половини з них розташовано у Донецькій, Харківській та Луганській областях (рис. 1А).

Для об'єктивнішого аналізу масштабності цієї господарської діяльності, на нашу думку, доцільніше використати не саму кількість господарств, а загальну площу їхньої водної поверхні. За звітними даними, вона становить 72 698 га,

що зіставимо з загальною площею Київського водосховища. Більше половини площі СТРГ (67,2 %) розташовано також у трьох областях: Харківській, Донецькій і Дніпропетровській (рис. 1В).

Зазначене вказує на нерівномірне розташування водойм, придатних для організації СТРГ і їх концентрацію у найбільш густонаселених регіонах України, що на нашу думку, можна пояснити наявністю споживчого попиту на рибну продукцію і відносно невеликою відстанню від виробника до споживача готової продукції, що вкрай актуально, враховуючи сучасні ціни на транспортування риби.

Загальний вилов СТРГ за останні 5 років має стійку тенденцію до збільшення (рис. 2). Це ілюструється наведеним лінійним трендом $y = 643,18x + 3895,6$ з величиною достовірності апроксимації (R^2) 0,7735, що свідчить про високу статистичну достовірність наведеної лінії тренду і можливості її використання для описання тенденцій загального вилову в СТРГ.

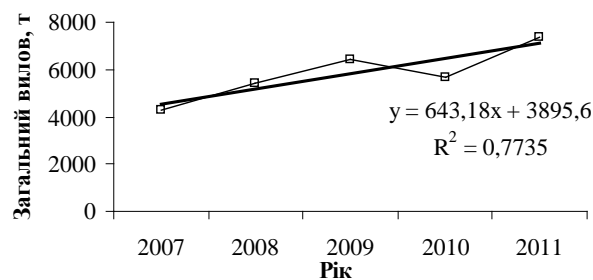
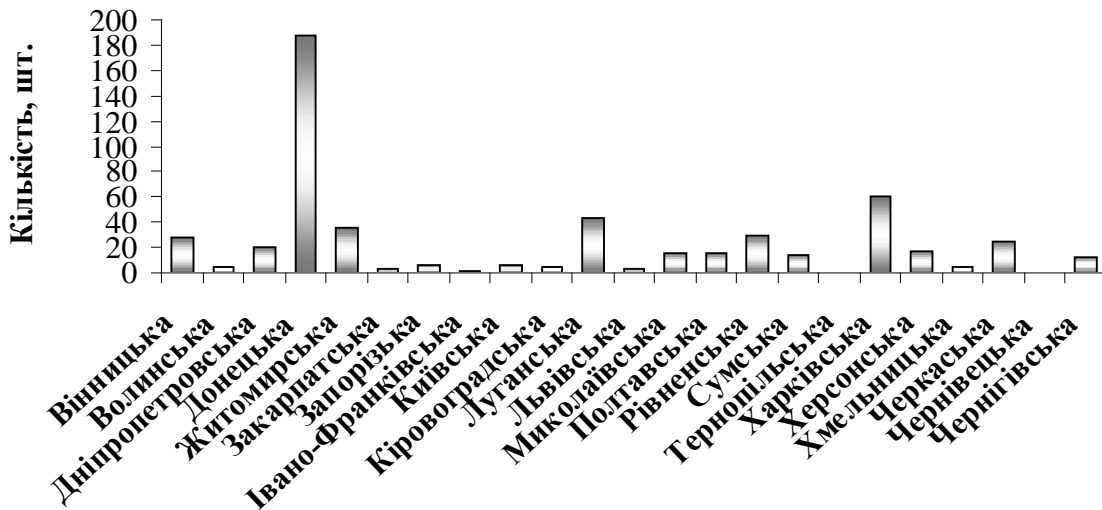


Рис. 2. Динаміка загального вилову риби та інших водних живих ресурсів у СТРГ впродовж 2007-2011 рр.

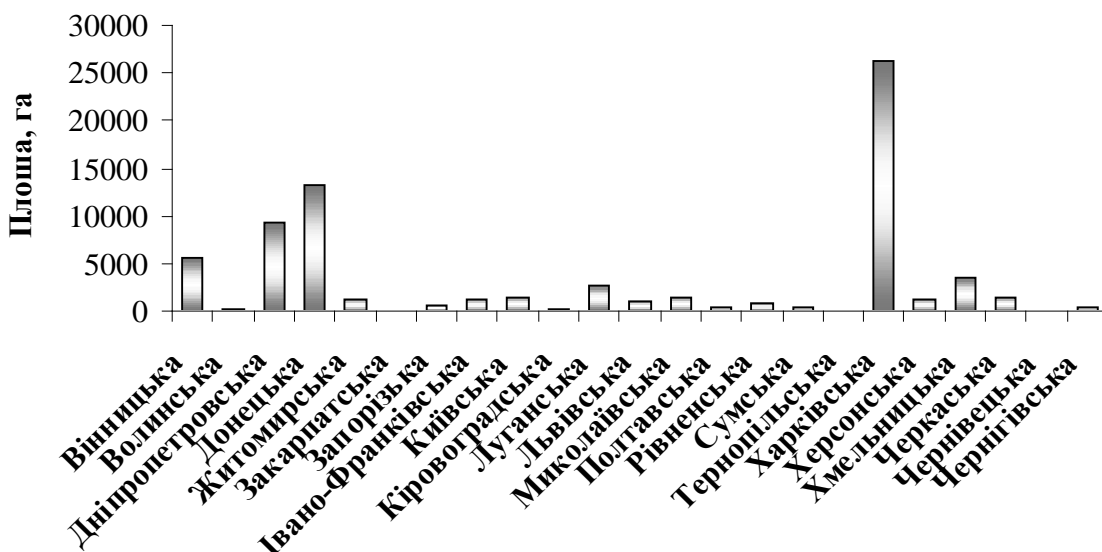
Fig. 2. Dynamics of the total catch of fish and other aquatic resources in SCFF for 2007-2011 years

Близько 60 % від загального вилову добувають у господарствах Донецької, Харківської і Херсонської областей (рис. 1С). Однак, крім загального вилову, головним показником ефективності використання природних ресурсів водойм є показник середньої промислової рибопродуктивності. За наявними даними, ми можемо стверджувати, що рибопродуктивність СТРГ коливається у значному проміжку (майже у двадцять разів) – від 20,37 до 410,15 кг/га ($M \pm m = 111,7 \pm 53,4$). Середній показник менший, ніж для ставових господарств (150 кг/га), але у 5 разів більший, ніж для водосховищ дніпровського каскаду ($20,9 \pm 7,9$ кг/га).

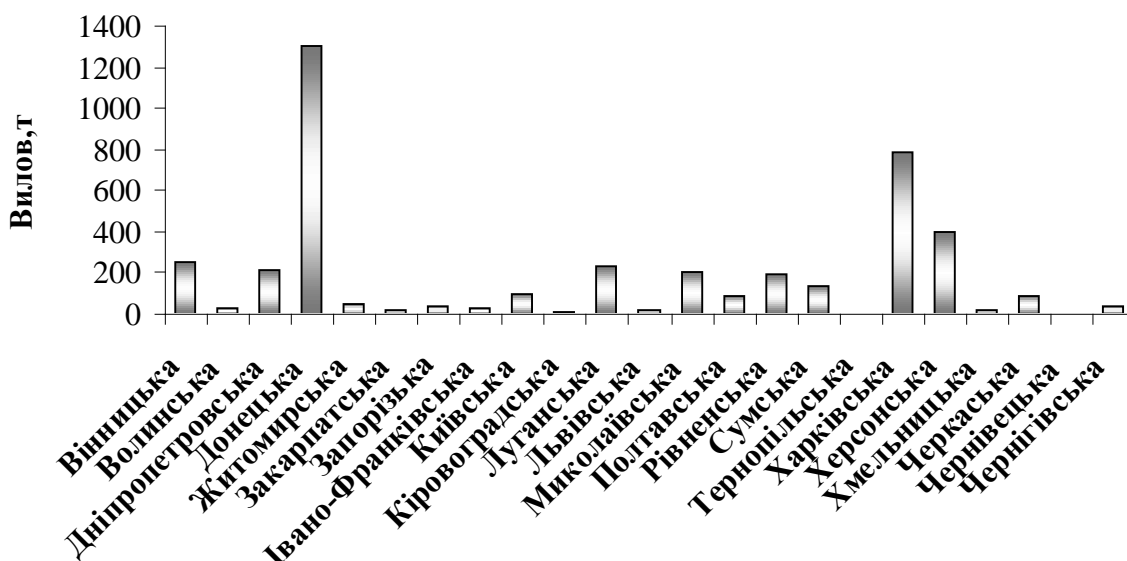
Незважаючи на високі показники загального вилову Донецької, Харківської і Херсонської областей, їх рибопродуктивність знаходиться на рівні нижче середнього – 30-100 кг/га.



A



B



C

Рис. 1. Кількість (А), площа (В) та загальний промисловий вилов (С) СТРГ у різних областях України

Fig. 1. Number (A), area (B) and overall commercial fishing (C) of SCFF in different regions of Ukraine

При цьому, звертає на себе увагу дуже висока промислова рибопродуктивність СТРГ північних і західних областей: Сумської, Рівненської, Закарпатської і Волинської – від 200 до 400 кг/га, що є дуже високим показником і може бути свідченням вдалої і злагодженої організації виробничих процесів, сталого водозабезпечення і кращої роботи контролюючих органів (рис. 3).



Рис. 3. Рибопродуктивність СТРГ у різних областях України

Fig. 3. SCFF fish productivity in different regions of Ukraine

Для встановлення сегменту спеціальних товарних рибних господарств у рибогосподарській галузі України, було проаналізовано їхню долю у загальному промисловому вилові нашої держави. Офіційні статистичні дані щодо вилову риби користувачами усіх форм власності у різних рибогосподарських водоймах України засвідчують, що СТРГ займають 5% від загального промислового вилову нашої країни і їхня частка наближається до водосховищ дніпровського каскаду та пониззя Дніпра.

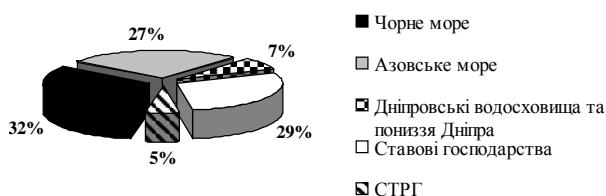


Рис. 4. Складові частини загального промислового вилову риби у різних рибогосподарських об'єктах України

Fig. 4. Components of the total commercial fish catch in different fisheries facilities in Ukraine

Враховуючи той факт, що близько 40% СТРГ молодше трьох років і вони ще не вийшли на максимальну планову рибопродуктивність, то ми можемо спрогнозувати високу ймовірність збільшення їхніх уловів у найближчі два-три роки,

що може компенсувати ймовірне падіння уловів на дніпровському каскаді.

Висновки.

1. Частка вилову спеціальних товарних рибних господарств становить 5% від загального промислового вилову України. Враховуючи той факт, що за останні 5 років це єдиний вид лову зі стійкою тенденцією до збільшення, можна констатувати його високу перспективність і значну ймовірність збільшення частки уловів досліджуваних господарств у майбутньому.

2. Реалії сучасної економіки України спричинили той факт, що найбільша кількість і площа СТРГ сконцентровано у найбільш густонаселених регіонах України, що, на нашу думку, пояснюється наявністю споживчого попиту на рибну продукцію і невеликою відстанню від виробника до споживача готової продукції.

3. Рибопродуктивність СТРГ коливається у значному проміжку – від 20,37 до 410,15 кг/га ($M \pm m = 111,7 \pm 53,4$ кг/га), що менше, ніж для ставових господарств (близько 150 кг/га), але у 5 разів більше, ніж для водосховищ дніпровського каскаду ($20,9 \pm 7,9$ кг/га), що дає змогу товарні рибні господарства розглядати як окрему галузь господарської діяльності.

4. СТРГ експлуатуються так само, як і дніпровські водосховища, з тією відмінністю, що, за нашими усередненими даними, частка вселенців у складі їх загального вилову становить не менше 80% проти 10–15% на дніпровських водосховищах, що сприяє зменшенню антропогенного тиску на аборигенну іхтіофауну.

5. У зв'язку з тим, що режим СТРГ діє протягом 10 років, то зариблення і вилов здійснюються певним користувачем або користувачами, що дає можливість довгострокового планування господарської діяльності, яка неможлива на інших внутрішніх водоймах України.

Список літератури:

1. Гринжевський М.В. Аквакультура України / М.В. Гринжевський. – Львів: Вільна Україна, 1998. – 365 с.
2. Інструкція “Про порядок здійснення штучного розведення, вирощування риби, інших водних живих ресурсів та їх використання в спеціальних товарних рибних господарствах”, затвердженої наказом Держкомрибгоспу України від 15.01.2008 р. № 4, зареєстрованої Мінюстом України 28.01.2008, № 64/14755. – Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/z0064-08>, вільний. – Загол. з екрану. – Мова укр.
3. Методи гідроекологічних досліджень поверхневих вод / [О.М. Арсан, О.А. Давидов, Т.А. Дяченко та ін.]. за ред. В.Д. Романенка. – К.: Логос, 2006. – 408 с.
4. Методика збору і обробки іхтіологічних і гідробіологічних матеріалів з метою визначення лімітів

- промислового вилучення риб з великих водосховищ і лиманів України: № 166: Затв. наказом Держкомрибгоспу України 15.12.98. – К., 1998. – 47 с.
5. Методика прогнозування вилову риби в озерах, річках та водосховищах. – М.: ВНИИПРХ, 1982. – 46 с.
6. Пилипенко Ю.В. Екологія малих водосховищ Степу України / Ю.В. Пилипенко – Херсон: ОлдиПлюс, 2007. – 265 с.
7. Пилипенко Ю.В. Малі водосховища – як компонент рибогосподарського фонду України / Ю.В. Пилипенко // Рибне господарство. – Вип. 51. – К., 1999. – С. 67–69.

COMMERCIAL FISHERY VALUE OF FRESHWATER SPECIAL COMMODITY FISH FARMS OF UKRAINE

D.S. Khrystenko, G.O. Kotovs'ka

There are presented the results of a study the total number, distribution on the territory of Ukraine and the area of commercial fishing and fish capacity of freshwater special commodity fish farms. There has been shown their importance for the fisheries of Ukraine. It was found that more than half of the total area of SCFF concentrated in the three most populous regions of Ukraine. There has been offered to use index of the fish capacity of SCFF as the indicator of efficiency of these farms.

Key words: special commodity fish farm (SCFF), total number, distribution and value of SCFF.

Отримано редколегією 10.07.2012

ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ЗЕМЕЛЬ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ПРИЗНАЧЕННЯ ТА ОСНОВНІ НАПРЯМИ ЇЇ ПІДВИЩЕННЯ

Р.І. Беспалько, В.В. Димитращук

Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича
вул. Коцюбинського, 2, Чернівці, 58012, Україна, bespalko.r@gmail.com

У роботі розглянуто результати комплексних досліджень ефективності використання земель сільськогосподарського призначення. Досліджено формування принципів раціонального землекористування. Узагальнено основні напрямки підвищення родючості ґрунтів, збереження їх властивостей та покращення якісного стану земель. Обґрунтовано основні умови забезпечення економічно-ефективного використання сільськогосподарських угідь. Наведено систему показників економічної ефективності використання земель у сільському господарстві. Проаналізовано заходи щодо вдосконалення еколого-безпечного використання земельних ресурсів. Запропоновано основні напрями економічного стимулювання раціонального використання земель сільськогосподарського призначення.

Ключові слова: земельні ресурси, сільськогосподарські угіддя, землі сільськогосподарського призначення, раціональне використання земель сільськогосподарського призначення, економічна ефективність, економічне стимулювання.

Вступ. Україна має потужний потенціал земельних ресурсів, який повністю освоєний і використовується для різних потреб суспільства. Станом на 1 січня 2011 року Україна має загальну земельну площу 60 354,8 тис. га. Зокрема, сільськогосподарські угіддя становлять 42791,8 тис. га, тобто 70,9% загальної площі. У тому числі, якщо взяти площу сільськогосподарських угідь за 100%, рілля становить 32476,5 тис. га, що відповідає - 53,8%, багаторічні насадження займають 896,5 тис. га - 1,5%, сіножаті становлять 2410,9 тис. га - 4,0%, пасовища займають площу 5481,9 тис. га - 9,1%, ліси та інші лісовкриті площі 10601,1 тис. га - 17,6%, забудовано 2512,5 тис. га - 4,2%: на них розміщені міста та інші населені пункти, об'єкти промисловості, транспорту, енергетики тощо (Земельний фонд..., 2006).

Різноманітність природних умов різних регіонів країни зумовлює необхідність впровадження науково обґрунтованої системи ведення сільського господарства, яка передбачає підвищення родючості ґрунтів, поліпшення якісного стану земель сільськогосподарського призначення.

Земля в сільському господарстві виступає як предмет праці, коли верхній шар ґрунту піддають обробці, створюючи цим необхідні умови для росту й розвитку сільськогосподарських рослин, і як знаряддя праці, коли людина використовує механічні, хімічні, фізичні та біологічні властивості ґрунту. Правильне використання землі, збереження її від руйнівних сил природи, поліпшення якості й стану, збереження від недбайливого використання та запобігання збільшення земельних площ, які випадають із сільськогосподарського обігу є обов'язковими умовами піднесення сільського господарства України, забезпечення внутрішніх потреб у продуктах харчування і розширення експортних можливостей.

Раціональне землекористування означає максимальне залучення до господарського обігу всіх земель

та їх ефективне використання за основним цільовим призначенням, створення найсприятливіших умов для високої продуктивності сільськогосподарських угідь і одержання на одиницю площі максимальної кількості продукції при найменших витратах праці та коштів.

В ринкових умовах господарювання важливим є повне задоволення потреб населення в продуктах харчування, галузей легкої промисловості в сільськогосподарській сировині вимагає збільшення виробництва продукції сільського господарства, що залежить від результативності діяльності сільськогосподарських підприємств на основі раціонального, еколого-безпечного та економічно-ефективного використання землі.

Об'єкт дослідження - землі сільськогосподарського призначення, як об'єкт економічної ефективності управління земельними ресурсами.

Предмет дослідження - проблеми ефективного і раціонального використання земель сільськогосподарського призначення, а також заходи щодо підвищення ефективності сільськогосподарського виробництва та збереження їх властивостей.

Метою дослідження є аналіз ефективного та раціонального використання земель сільськогосподарського призначення з врахуванням різноманітності їх природних особливостей.

Земельні ресурси сільського господарства України порівняно великі, але не безмежні, тому важливою державною проблемою є охорона сільськогосподарських угідь, і особливо найбільш продуктивної їхньої частини - ріллі, які випадають із сільськогосподарського обігу.

З розвитком промисловості, транспорту і будівництвом міст відбувається постійне вилучення земель із сільськогосподарського виробництва. Трапляється і необґрунтоване відведення земель сільськогосподарського призначення для інших потреб. У раціональному землекористуванні важливе

значення має збереження гумусу, який стимулює розвиток рослин і мікроорганізмів, що беруть участь у перетворенні мінеральних і органічних речовин у ґрунтах. Особливо важливим є використання органічних добрив у регіонах, де широко застосовують ґрунтозахисну систему землеробства і де неможливо забезпечити глибоке загортання органічних добрив у ґрунт.

Тому потрібно розробити заходи щодо вдосконалення користування земельними ресурсами, відновлення та збереження властивостей земель різного цільового призначення, охорона земель від деградації, збереження від забруднень, а також застосовувати економічні заходи захисту земельних ресурсів сільськогосподарства. Відповідно до земельного кадастру слід встановити таку грошову оцінку гектара сільськогосподарських угідь, щоб промисловим підприємствам і організаціям не завжди було вигідно використовувати їх для несільськогосподарських потреб (Закон..., 2011).

Велике значення для раціонального використання землі має вдосконалення економічного механізму господарювання, спрямованого на охорону природних ресурсів. Промислові і будівельні підприємства після розробки корисних копалин або виконання інших робіт зобов'язані провести рекультивацию земель і передати їх для використання сільському або лісовому господарству.

Ці та багато інших заходів щодо підвищення ефективності використання землі можуть бути впроваджені за умови врахування регіональних особливостей сільськогосподарського виробництва, економічних і правових умов господарювання. Реалізація зазначених заходів є основою успішного розвитку сільськогосподарських підприємств, підвищення добробуту народу і зміцнення економіки країни.

Рівень виробництва сільськогосподарської продукції значною мірою зумовлюється якісним складом земель. Проте на ефективність використання землі впливає багато чинників, зокрема рівень розвитку продуктивних сил, ступінь розораності землі, структура посівних площ, частка меліорованих земель у загальній площі сільськогосподарських угідь.

Економічна ефективність використання земельних угідь у сільському господарстві характеризується системою натуральних і вартісних показників.

До натуральних показників (характеризують рівень використання певної частини сільськогосподарських угідь при виробництві окремих видів продукції рослинництва і тваринництва) належать: урожайність сільськогосподарських культур та виробництво окремих видів сільськогосподарської продукції з розрахунку на 100 га відповідних земельних угідь (молока, м'яса всіх видів, вовни — на 100 га сільськогосподарських угідь; зерна, цукрових буряків та інших продуктів рослинництва, а також свинини - на 100 га ріллі; продукції птахівництва - на 100 га площі посіву зернових культур).

До вартісних показників (характеризують економічну ефективність використання землі і дають змогу порівнювати та об'єктивно оцінювати рівень використання земельних ресурсів у господарствах, які спеціалізуються на виробництві різних видів продукції) належать вартість валової і товарної продукції, валовий і чистий дохід та прибуток з розрахунку на 1 га сільськогосподарських угідь.

Раціонального і ефективного використання землі можна досягти за умови здійснення заходів з підвищення родючості ґрунту і охорони його від ерозії та інших руйнівних процесів. На підвищення економічної родючості ґрунту та вирощування сталих урожаїв сільськогосподарських культур спрямована меліорація земель. Вона охоплює зрошення, насадження лісо-смуг, докорінне поліпшення природних кормових угідь, протиерозійні та інші заходи. Виходячи з національних інтересів, суспільство має використовувати землю так, щоб передати її поліпшеною наступним поколінням. Впровадження досягнень науково-технічного прогресу та інтенсивних технологій у сільському господарстві об'єктивно вимагає врахування не тільки їхнього позитивного впливу на земельні угіддя, а й можливих негативних наслідків, зумовлених специфічним проявом окремих засобів виробництва (Фоменко, 2001). Виходячи з можливих негативних наслідків, які утворилися в процесі використання земель сільськогосподарського призначення можна виділити такі основні напрями підвищення їх економічної ефективності:

- 1) система заходів щодо підвищення якості земель;
- 2) охорона ґрунтів від ерозії, шкідників та інших руйнівних процесів;
- 3) обмеження вилучення земельних площ із сільськогосподарського обігу.

Підвищенню ефективності використання землі в сільському господарстві сприяє інтенсифікація рослинництва на основі впровадження новітніх технологій та застосування передової техніки в прогресивних системах землеробства.

Важливим напрямом підвищення економічної ефективності використання землі є охорона ґрунтів від ерозії та інших руйнівних процесів. З метою вирішення цих проблем необхідно в господарствах розширити застосування ґрунтозахисних систем і методів обробітку землі та протиерозійних заходів. Землевласники і землекористувачі зобов'язані здійснювати заходи щодо охорони ґрунтів від вітрової і водної ерозії, не допускати засолення, заболочування і заростання земель бур'янами, а також інших процесів, які погіршують їх властивості (Закон..., 1991).

Для господарств України з високим рівнем розораності сільськогосподарських угідь проблема захисту ґрунтів від ерозії надзвичайно актуальна. При вирощуванні сільськогосподарських культур на слабоеродованому ґрунті їхня урожайність зменшується на 5-30%, на середньоеродованому - на 15-70%, а на сильноеродованому - на 25-90% порівняно з повнопрофільними ґрунтами.

Комплексна система охорони земель передбачає впровадження ґрунтозахисних сівозмін, плоскорізного обробітку ґрунту, ґрунтозахисних технологій вирощування сільськогосподарських культур, полезахисного лісонасадження та проведення інших протиерозійних заходів (Закон..., 2003).

Для підвищення екологічної безпеки, економічної ефективності та раціонального використання земель сільськогосподарського призначення застосовуються такі заходи:

- підвищення врожайності сільськогосподарських культур за рахунок використання новітніх технологій для створення структурних, високо родючих і одночасно стійких до ерозії ґрунтів;

- комплексні підходи щодо покращення якості ґрунтів, у всіх зонах вирощування сільськогосподарських культур;

- збереження та охорона фонду продуктивних сільськогосподарських угідь;

- повне відновлення земель, ушкоджених при добуванні корисних копалин, їх очищення від залишків і відходів виробничої діяльності гірничодобувних підприємств;

- компенсація втрат продуктивних угідь шляхом використання високопродуктивних сівозмін;

- проведення комплексу ґрунтозахисних заходів (організаційно-господарські, агротехнічні, гідротехнічні, агро меліоративні);

- рекультивация земель;

- удосконалення механізму відшкодування втрат сільськогосподарського виробництва при вилученні земель для несільськогосподарських потреб тощо;

- боротьба зі шкідниками та хворобами сільськогосподарських культур.

Обов'язковою умовою забезпечення раціонального використання земель сільськогосподарського призначення є економічне стимулювання та заохочення суб'єктів сільського господарства до оптимізації землекористування, основними методами якого є: надання податкових та кредитних пільг для користувачів земельних ресурсів сільськогосподарського призначення, звільнення від плати за земельну ділянку, надання дотації і компенсації землекористувачам, які виконують заходи щодо раціонального використання та охорони земельних ділянок, квотуванні виробничої діяльності, створенні системи ефективного забезпечення прав і гарантій для землекористувачів (Фоменко, 2004).

Висновок. З метою уникнення серйозних негативних наслідків нераціонального використання земель сільськогосподарського призначення, необхідний облік таких наслідків, а він можливий тільки на основі знань ресурсних можливостей землі, використання землі за цільовим призначенням, врахування регіональних особливостей сільськогосподарського виробництва, лімітів експлуатації природних ресурсів, забезпечення високої ефективності землекористування та охорони, спрямованої на запобігання необґрунтовано-

го вилучення земель сільськогосподарського призначення з обігу, свідомого управління природокористуванням з урахуванням цих обмежень, а також здійснення державного контролю та управління земельними ресурсами, ефект від якого буде полягати у правильному розподілі земельних ресурсів між галузями економіки, створенні організаційно-територіальних умов, які сприятимуть ефективному використанні та охороні земель, це означає, що кожна галузь економіки країни повинна мати у своєму розпорядженні землі, найбільш придатні для їхньої діяльності.

Список використаної літератури:

1. Земельний фонд України станом на 1 січня 2011 року та динаміка його змін в порівнянні з даними на 1 січня 2006 і 1 січня 2010 років. Державне агентство земельних ресурсів України http://www.dazru.gov.ua/terra/control/uk/publish/article;jsessionid=0298EF3AE5F199ED7A119CC9D4715921?art_id=121570&cat_id=97786
2. Закон України «Про Державний земельний кадастр» від 07.07.2011 № 3613-VI (зі змінами внесеними згідно із Законом) <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/3613-17/ed20110707>
3. Фоменко Л. Організаційно-економічні засади раціонального господарювання // Економіка АПК. – 2001. – № 7. – С.70 – 73.
4. Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища» від 25.06.1991 № 1264-XII (зі змінами внесеними згідно із Законом) <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/1264-12>
5. Закон України «Про охорону земель» від 19.06.2003 № 962-IV (зі змінами внесеними згідно із Законом) <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/962-15>
6. Земельний кодекс України від 25.10.2001 № 2768-III (зі змінами внесеними згідно із Законом) <http://zakon1.rada.gov.ua/laws/show/2768-14>
7. Фоменко Л.В. Раціональне використання земель сільськогосподарського призначення в умовах західного регіону України Автореф. дис. канд. екон. наук: 08.07.02 / Л.В. Фоменко; Держ. агрокол. ун-т. — Житомир, 2004.

ECONOMIC EFFICIENCY OF AGRICULTURAL LAND USE AND MAIN AREAS OF IT'S IMPROVEMENT

R.I. Bespalko, V.V. Dymytrashchuk

This paper considers the results of complex research of the agricultural land use efficiency. The formation of principles of efficient land use are researched. Basic areas of improving soil fertility, preservation of its attributes and improvement of the land quality are summarised. Main conditions of ensuring an economically-effective use of agricultural land are substantiated. System of indicators of economic efficiency of land use in agriculture is presented. Measures to improve the environmentally friendly utilization of land resources are analyzed. The main areas of economic incentives to encourage efficient use of agricultural land are suggested.

Key words: land resources, farm land, agricultural land, rational use of agricultural land, economic efficiency, economic incentives.

Отримано редколегією 10.07.2012

ЗМІСТ

CONTENTS

БІОХІМІЯ, БІОТЕХНОЛОГІЯ, МОЛЕКУЛЯРНА ГЕНЕТИКА		
О.М. ВОЛОЩУК, М.М. МАРЧЕНКО, Е.О. ФЕРЕНЧУК НАДН-ДЕГІДРОГЕНАЗНА АКТИВНІСТЬ ЛЕЙКОЦИТІВ КРОВІ ЩУРІВ З ТРАНСПЛАНТОВАНОЮ КАРЦИНОМОЮ ГЕРЕНА В ДИНАМІЦІ ОНКОГЕНЕЗУ	O.M. VOLOSHCHUK, M.M. MARCHENKO, E.O. FERENCHUK THE NADH-DEHYDROGENASE ACTIVITY OF BLOOD LEUKOCYTES IN RATS WITH GRAFTED GUERIN'S CARCINOMA IN THE DYNAMICS OF ONCOGENESIS	363
І.М. ДОЛІБА, А.Г. ДОЛЖИЦЬКА, І.І. ПАНЧУК ШВИДКЕ НАКОПИЧЕННЯ ІОНІВ КАДМІЮ АКТИВУЄ ПЕРИКИСНЕ ОКИСЛЕННЯ ЛІПІДІВ У <i>ARABIDOPSIS THALIANA</i>	I.M. DOLIBA, A.G. DOLZHITSKA, I.I. PANCHUK RAPID ACCUMULATION OF THE IONS IN LEAVES OF <i>ARABIDOPSIS THALIANA</i> ACCELERATE THE MEMBRANE LIPID PEROXIDATION	367
І.І. ДОРОХОВА СЕЗОННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ АКТИВНОСТИ АМИНОТРАНСФЕРАЗ В ПЕЧЕНИ НЕКОТОРЫХ ЧЕРНОМОРСКИХ РЫБ	I.I. DOROHOVA SEASONAL CHANGES IN AMINOTRANSFERASE ACTIVITY IN THE LIVER OF SOME BLACK SEA FISH	372
Л.М. ЛОЗИНСЬКА ВПЛИВ ГЛЮКОЗИ ТА ФРУКТОЗИ НА АКТИВНІСТЬ ГЛЮТАТИОНРЕДУКТАЗИ ТА ГЛЮКОЗО-6-ФОСФАТДЕГІДРОГЕНАЗИ ДРІЖДЖІВ <i>SACCHAROMYCES CEREVISIAE</i>	L. LOZINSKA THE EFFECT OF DIFFERENT CONCENTRATION OF GLUCOSE AND FRUCTOSE ON THE GLUTATHIONE REDUCTASE AND GLUCOSE-6-PHOSPHATE DEHYDROGENASE ACTIVITIES IN <i>SACCHAROMYCES CEREVISIAE</i>	376
О.Б. МЕХЕД, С.М. ДЕРКАЧ, О.П. ТРЕТЯК ВПЛИВ ГЕРБИЦИДНОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА АКТИВНІСТЬ ФЕРМЕНТИВ КАТАБОЛИЗМУ КОРОТКОЧАСНОЇ КУЛЬТУРИ КЛІТИН КОРОПА (<i>CYPRINUS CARPIO</i> L.)	O.B. MEKHED, S.M. DERKACH, O.P. TRETIAK INFLUENCE OF HERBICIDE LOAD ON THE ENZYME ACTIVITY CATABOLISM OF SHORT-TERM CELL CULTURE CARP (<i>CYPRINUS CARPIO</i> L.)	381
Ю.І. СЕНИК, Б.З. ЛЯВРІН, В.О. ХОМЕНЧУК, В.З. КУРАНТ, В.В. ГРУБІНКО ЛІПІДНИЙ СКЛАД ЯДЕР КЛІТИН ПЕЧІНКИ ТА ЗЯБЕР КОРОПА ЗА ДІЇ ЙОНІВ КАДМІЮ	J.I. SENYK, B.Z. LYAVRIN, V.A. KHOMENCHUK, V.Z. KURANT, V.V. HRUBINKO LIPID COMPOSITION OF NUCLEI OF LIVER CELLS AND GILLS OF CARP BY CADMIUM IONS	384
Б.І. ТРЕТЯК АНАЛІЗ ПОШИРЕНИХ МУТАЦІЙ ГЕНА <i>CAPN3</i> У ПАЦІЄНТІВ З ПРОГРЕСУЮЧИМИ М'ЯЗОВИМИ ДИСТРОФІЯМИ	B.I. TRETIAK ANALYSES OF WIDESPREAD <i>CAPN3</i> GENE MUTATIONS AMONG PATIENTS WITH PROGRESSIVE MUSCULAR DYSTROPHIES	389
Л.В. ХУДА, М.М. МАРЧЕНКО, Я.Ю. ХАЧМАН, О.І. ХУДИЙ ВПЛИВ НІТРИТНОЇ ІНТОКСИКАЦІЇ НА СИСТЕМУ ВІДНОВЛЕННЯ МЕТЕМОГЛОБІНУ В ЕРИТРОЦИТАХ КАРАСЯ СРІБЛЯСТОГО	L.V. KHUDA, M.M. MARCHENKO, YA.YU. HACHMAN, O.I. KHUDYI NITRITE INTOXICATION INFLUENCE ON THE METHEMOGLOBIN REDUCTION IN ERYTHROCYTES OF CRUCIAN CARP	394
І. О. ШМАРАКОВ, М. О. МИРОНЮК, І. М. БУЧКОВСЬКА, Г. П. КОПІЛЬЧУК ОСОБЛИВОСТІ РЕСТРУКТУРИЗАЦІЇ КОЛАГЕНОВОЇ КОМПОНЕНТИ ПОЗАКЛІТИННОГО МАТРИКСУ ПРИ РЕГЕНЕРАЦІЇ ПЕЧІНКИ В УМОВАХ ДЕФІЦИТУ ВІТАМІНУ А	I.O. SHMARAKOV, M.O. MYRONIUK, I.M. BUCHKOVSKA, G.P. KOPYLCHUK COLLAGENOUS EXTRACELLULAR MATRIX COMPONENT RESTRUCTURING DURING LIVER REGENERATION UNDER CONDITIONS OF VITAMIN A STORES DEFICIENCY	398
ЕКОЛОГІЯ		
Т.В. АНДРУСИШИН, В.В. ГРУБІНКО ВМІСТ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ У ОРГАНІЗМІ КАРАСЯ І ОКУНЯ З Р. ЗБРУЧ	T.V. ANDRUSYSCHYN, V.V. GRUBINKO CONTENT OF HEAVY METALS IN ORGANISM OF <i>CARASSIUS AURATUS</i> L. AND <i>PERCA FLUVIATILIS</i> L. FROM RIVER ZBRUCH	405
О. Я. БУЖДИГАН, С. С. РУДЕНКО, Б. К. ПАТТЕН ПОКАЗНИКИ ТРОФІЧНИХ МЕРЕЖ ЯК ІНДИКАТОРИ СТАБІЛЬНОСТІ ЕКОСИСТЕМ	O.KSANA Y. BUZHDIYGAN, SVETLANA S. RUDENKO, BERNARD C. PATTEN FOOD WEB MEASURES OF ECOSYSTEM STABILITY	411
Л.О. ГЕРАСИМЧУК МІГРАЦІЯ CU, ZN, PB, CD У СИСТЕМІ «ГРУНТ – РОСЛИНА»	L. GERASIMCHUK MIGRATION OF CU, ZN, PB, CD IN "SOIL-PLANT" SYSTEM	420
В.А. ДЕМЧЕНКО ТРАНСФОРМАЦІЯ ІХТІОФАУНЫ АЗОВСЬКОГО МОРЯ В УМОВАХ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА И ВОЗМОЖНЫЕ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ	V.A. DEMCHENKO THE ICHTHYOFAUNA TRANSFORMATION OF AZOV SEA UNDER CLIMATIC CHANGES AND POSSIBLE SOCIO-ECONOMIC IMPACTS	424
Х. І. ДЯКІВ СТРУКТУРНО-ФУНКЦІОНАЛЬНА ОРГАНІЗАЦІЯ УГРУПОВАНЬ ВЕСНЯНОК (INSECTA: ПЛЕКОПТЕРА) РІЧКОВИХ ЕКОСИСТЕМ УКРАЇНСЬКИХ КАРПАТ	Kh. DIKIV THE STRUCTURAL AND FUNCTIONAL ORGANIZATION OF THE STONEFLY (INSECTA: PLECOPTERA) COMMUNITIES OF THE RIVER ECOSYSTEMS OF THE UKRAINIAN CARPATHIANS	430
А.О. ЖИДЕНКО, К.В. БІБЧУК, В.М. ПОЛЕТАЙ, В.В. КРИВОПИША ЗНАЧЕННЯ ПОКАЗНИКІВ МЕТАБОЛІЗМУ ПЕЧІНКИ ДЛЯ АДАПТАЦІЇ РИБ В УМОВАХ ГЕРБИЦИДНОГО ЗАБРУДНЕННЯ ВОДОЙМ	A.O. ZHIDENKO, K.V. BIBCHUK, V.M. POLETAJ, V.V. KRIVOPISHA THE VALUE OF FISH LIVER METABOLISM INDICATORS FOR ADAPTATION TO THE CONDITIONS OF HERBICIDE CONTAMINATION	434
О.Л. ЗАРУБІН ПАРАМЕТРИ НАКОПЛЕННЯ ¹³⁷ CS ЖЕРЕХОМ (<i>ASPIUS ASPIUS</i> (L.))	O.L. ZARUBIN PARAMETERS OF ACCUMULATION OF ¹³⁷ CS AT <i>ASPIUS ASPIUS</i> (L.)	438
С.С. КОСТИШИН, А. В. ЖУК ПОКАЗНИКИ АБІОТИЧНОГО РІЗНОМАНІТТЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ ЦІЛІСНОСТІ	STEPAN S. KOSTYSHYN, ALINA V. ZHUK ABIOTIC DIVERSITY MEASURES ECOLOGICAL INTEGRITY	445
І.М. КУРБАТОВА, В.В. ПЕДИК, Н.П. СВИРИДЕНКО ВПЛИВ СУЛЬФАНІЛАМІДНИХ ПРЕПАРАТІВ ТА ХЛОРТЕТРАЦІКЛІНУ НА РОЗВИТОК ІКРИ І ВИЖИВАННЯ ЕМБРІОНІВ КОРОПА (<i>CYPRINUS CARPIO</i> L.)	I. KURBATOVA, V. TSEDIK, N. SVYRYDENKO EFFECT OF SULFONAMIDES AND CHLORTETRACYCLINE ON THE DEVELOPMENT OF EGGS AND SURVIVAL OF CARP (<i>CYPRINUS CARPIO</i> L.) EMBRYONS	453
О. ПАХОМОВ, О. ВАСИЛЮК АКТИВНІСТЬ ФЕРМЕНТИВ ПЕРЕАМІНУВАННЯ ЯК ІНДИКАТОР СЕРЕДОВИЩЕТВІРНОЇ ФУНКЦІЇ <i>MAMMALIA</i> В ТРАНСФОРМОВАНИХ ЕКОСИСТЕМАХ	O. PAKHOMOV, O. VASILYUK ACTIVITY OF TRANSAMINATION ENZYMES AS THE INDICATOR OF ENVIRONMENTAL FORMING FUNCTION OF <i>MAMMALIA</i> REPRESENTATIVES IN TRANSFORMED ANTHROPOGENIC ECOSYSTEM	456

БОТАНІКА. ЗБЕРЕЖЕННЯ БІОТИ І БІОРЕСУРСІВ		
Н.І. ДЖУРЕНКО, О.П. ПАЛАМАРЧУК, М.Б. ГАПОНЕНКО, І.В. КОВАЛЬ, А.М. ГНАТЮК ЗБЕРЕЖЕННЯ РІДКІСНИХ ТА ЗНИКАЮЧИХ ВИДІВ ЛІКАРСЬКИХ РОСЛИН <i>EX SITU</i>	N.I. DZHURENKO, O.P. PALAMARCHUK, M.B. GAPONENKO, I.V. KOVAL, A.M. GNATIUK PRESERVATION OF RARE AND ENDANGERED SPECIES OF HERBS <i>EX SITU</i>	463
К.В. ДОРОШЕНКО ОСОБЛИВОСТІ ДОСЛІДЖЕННЯ ВІТАЛІТЕТНОЇ СТРУКТУРИ ЦЕНОПОПУЛЯЦІЙ <i>GALANTHUS NIVALIS</i> L.	K.V. DOROSHENKO THE FEATURES OF VITALITY STRUCTURE INVESTIGATION OF <i>GALANTHUS NIVALIS</i> L. CENOPOPULATIONS	470
С. Г. ЛІТВИНЕНКО, О.І. ТУРЛАЙ СТАН ПОПУЛЯЦІЇ <i>GOODYERA REPENS</i> (L.) R.BR. У ШУРДИНСЬКОМУ СЕРЕДНЬОГІР'І (БУКОВИНА)	S.G. LITVINENKO, O.I. TURLAI CONDITION OF <i>GOODYERA REPENS</i> (L.) R.BR. POPULATIONS IN SHURDYN MIDDLE-MOUNTAIN (BUKOVINA)	476
І.А. ТИМЧЕНКО, В.М. МІНАРЧЕНКО ЕКОЛОГО-ЦЕНОТИЧНА ТА РЕСУРСНА ХАРАКТЕРИСТИКА <i>VACCINIUM MYRTILLUS</i> L. В УКРАЇНСЬКИХ КАРПАТАХ	I.A. TYMCHENKO, V.N. MINARCHENKO THE ECOLOGO-COENOTIC AND RESOURCE CHARACTERISTICS OF <i>VACCINIUM MYRTILLUS</i> L. IN UKRAINIAN CARPATHIANS	480
А.О. СІКУРА, А.В. КОЛЕСНИК, В.І. НІКОЛАЙЧУК ЕКОЛОГІЯ ПРОРОСТАННЯ НАСІННЯ ІНТРОДУКОВАНИХ НА ЗАКАРПАТТІ ВИДІВ <i>PONCIRUS</i> L., <i>MACLURA</i> L., <i>DIOSPYROS</i> L.	A.O. SIKURA, A.V. KOLESNYK, V.I. NIKOLAYCHUK GERMINATION ECOLOGY OF <i>PONCIRUS</i> L., <i>MACLURA</i> L., <i>DIOSPYROS</i> L. INTRODUCED IN TRANSCARPATIA	487
А.Ю. АНДРЕЄВА ОЦЕНКА ФУНКЦІОНАЛЬНОГО СОСТОЯННЯ ЭРИТРОЦИТОВ СКОРПЕНИ В УСЛОВИЯХ ГИПОКСИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВИТАЛЬНОГО КРАСИТЕЛЯ FDA (ЭКСПЕРИМЕНТ <i>IN VITRO</i>)	O.Y. ANDRIEIEVA ESTIMATION OF FUNCTIONAL STATE OF SCORPAENA ERYTHROCYTES UNDER HYPOXIA WITH USE OF VITAL DYE FDA (<i>IN VITRO</i> EXPERIMENT)	491
Е.А. ВОДЯСОВА ОЦЕНКА ВЕЛИЧИНЫ ПОГРЕШНОСТИ ПРИ РАСЧЕТЕ ИНДЕКСА САГИТТАЛЬНЫХ ОТОЛИТОВ <i>ENGRAULIS ENCRASICOLUS</i>	E.A. VODIASOVA THE ERROR OF CALCULATING THE INDEX OF SAGITTAL OTOLITHS OF ANCHOVY <i>ENGRAULIS ENCRASICOLUS</i>	494
Н.А. ДЕМЧЕНКО ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ ІХТІОФАУНИ РІЧОК ПІВНІЧНО-ЗАХІДНОГО ПРИАЗОВ'Я ЗА РІЗНИХ ЕКОЛОГІЧНИХ УМОВ	N.A. DEMCHENKO THE RIVERS ICHTHYOFAUNA OF NORTHEASTERN PART OF AZOV SEA BASIN UNDER DIFFERENT ECOLOGICAL CONDITIONS	498
М.П. ЗАМОРОВА, В.В. ЗАМОРОВ ЖИВЛЕННЯ БИЧКА-КРУГЛЯКА <i>NEOGOBIUS MELANOSTOMUS</i> (PALLAS) В ПРИДУНАЙСЬКОМУ ОЗЕРІ ЯЛПУГ	M.P. ZAMOROVA, V.V. ZAMOROV DIET OF ROUND GOBY <i>NEOGOBIUS MELANOSTOMUS</i> (PALLAS) IN THE DANUBIAN LAKE YALPUG	503
Ю.К. КУЦОКОНЬ, А.О. ЦИБА, А.О. СКВОРЧИНСЬКИЙ ЗМІНИ ВИДОВОГО СКЛАДУ ІХТІОФАУНИ ІРПЕНЯ (БАСЕЙН ДНІПРА) ПРОТЯГОМ ОСТАННЬОГО	Y. KUTSOKON, A. TSYBA, A. SCVORCHYNS'KYJ THE CHANGES IN THE SPECIES COMPOSITION OF IRPIN RIVER ICHTHYOFAUNA (DNIEPER BASIN) DURING THE LAST CENTURY	508
Н.М. МАТВИЧЕНКО, Н.С. ХАРКАВЛЮК ПРОБЛЕМИ ДІАГНОСТИКИ ВІРУСНИХ ХВОРОБ РИБ	N. MATVIENKO, N. KHARKAVLIUK DIAGNOSTIC PROBLEMS OF FISH VIRAL DISEASES	512
Р.О. НОВИЦЬКИЙ АСПЕКТИ ПОВЕДІНКИ СОНЯЧНОГО ОКУНЯ <i>LEPOMIS GIBBOSUS</i> (<i>PERCIFORMES</i> , <i>CENTRARCHIDAE</i>) В ПРИРОДНИХ ВОДОЙМАХ ТА В ЕКСПЕРИМЕНТІ	R.O. NOVITSKY THE ASPECTS OF PUMPKINSEED SUNFISH <i>LEPOMIS GIBBOSUS</i> (<i>PERCIFORMES</i> , <i>CENTRARCHIDAE</i>) BEHAVIOUR IN NATURAL PONDS AND IN EXPERIMENTAL CONDITIONS	515
О.І. СИТНИК ХАРАКТЕРИСТИКА ЩІЛЬНОСТІ, БІОТОПНОГО РОЗПОДІЛУ І СТРУКТУРИ ПОСЕЛЕНЬ ЗЕЛЕНОЇ ЯЩІРКИ (<i>LACERTA VIRIDIS</i> LAURENTI, 1768) ПРИДНІПРОВСЬКОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ	A.I. SYTNIK THE CHARACTERISTIC OF DENSITY, BIOTOPIC DISTRIBUTION AND STRUCTURE OF EMERALD LIZARD POPULATIONS (<i>LACERTA VIRIDIS</i> LAURENTI, 1768) OF A PRIDNEPROVYE FOREST-STEPPE OF UKRAINE	519
М.Ю. ТКАЧЕНКО МОРФОЛОГІЧНА МІНЛИВІСТЬ БИЧКА-КРУГЛЯКА <i>NEOGOBIUS MELANOSTOMUS</i> (PALLAS, 1814) МОРСЬКИХ ТА ПРІСНОВОДНИХ ВОДОЙМ	M.Y. TKACHENKO THE MORPHOLOGICAL VARIABILITY OF THE ROUND GOBY <i>NEOGOBIUS MELANOSTOMUS</i> (PALLAS, 1814) OF THE SALTWATER AND FRESHWATER RESERVOIRS	526
Д.С. ХРИСТЕНКО, Г.О. КОТОВСЬКА РИБОГОСПОДАРСЬКЕ ЗНАЧЕННЯ ПРІСНОВОДНИХ СПЕЦІАЛЬНИХ ТОВАРНИХ РИБНИХ ГОСПОДАРСТВ УКРАЇНИ	D.S. KHRISTENKO, G.O. KOTOVS'KA COMMERCIAL FISHERY VALUE OF FRESHWATER SPECIAL COMMODITY FISH FARMS OF UKRAINE	531
ГРУНТОЗНАВСТВО		
Р.І. БЕСПАЛКО, В.В. ДИМИТРАЩУК ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ЗЕМЕЛЬ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ПРИЗНАЧЕННЯ ТА ОСНОВНІ НАПРЯМИ ЇЇ ПІДВИЩЕННЯ	R.I. BESPALKO, V.V. DYMYTRASHCHUK ECONOMIC EFFICIENCY OF AGRICULTURAL LAND USE AND MAIN AREAS OF IT'S IMPROVEMENT	536