

БІОЛОГІЧНІ СИСТЕМИ

НАУКОВИЙ ВІСНИК
ЧЕРНІВЕЦЬКОГО УНІВЕРСИТЕТУ

БІОЛОГІЯ

Рік заснування 1996

Том 5
Випуск 2

НАУКОВИЙ ЖУРНАЛ

Чернівці
Видавництво Чернівецького університету
2013

Науковий вісник Чернівецького університету. Біологія (Біологічні системи). – Т. 5, Вип. 2. – Чернівці: Чернівецький національний університет, 2013. – 121 с.

Scientific Herald of Chernivtsy University. Biology (Biological System). – Vol. 5, Is. 2. – Chernivtsy: Chernivtsy National University, 2013. – 121 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 577.152.1 + 546.172.6

NO-СИНТАЗНА АКТИВНІСТЬ У КЛІТИНАХ ПЕЧІНКИ ЩУРІВ ЗА УМОВ РІЗНОЇ ЗАБЕЗПЕЧЕНОСТІ ПРОТЕЇНОМ

Г.П. КОПИЛЬЧУК, І.М. БУЧКОВСЬКА

*Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича, вул. Коцюбинського, 2, м. Чернівці, 58012
e-mail: ivannabuchkovska@mail.ru*

У роботі досліджено NO-синтазну активність та рівень оксиду азоту в мітохондріальній та постмікросомній фракціях клітин печінки щурів за умов різної забезпеченості протеїном. У тварин, які перебували на безбілковій дієті, у клітинах печінки відбувається інтенсивне зростання NO-синтазної активності із досягненням максимуму на завершальних етапах експерименту, перевищуючи значення контролю в 5-7 разів. Переведення тварин на напівсинтетичну дієту із половинним вмістом протеїну від загальноприйнятої норми призводить до зниження активності NO-синтази в 2 рази у мітохондріальній фракції та 1,7 рази – у постмікросомній.

Ключові слова: NO-синтаза, оксид азоту, аліментарна депривація протеїну, печінка

Вступ. NO-синтази (КФ 1.14.13.39) – це родина цитохром-Р-450-подібних гемопротеїнів, які каталізують реакцію утворення нитрооксиду азоту (NO) шляхом ензиматичного окислення L-аргініну за участю NADPH як донора електронів (Зенков и др., 2000; Mohammed, 2003). Внаслідок широкого спектру біологічної дії оксид азоту розглядають як один із месенджерів внутрішньо- та міжклітинної сигналізації (Дмитренко, Холиан, 2005; Takeuchi et al., 2007). Доведено, що NO проявляє різнобічну дію: як інгібітор або агоніст передачі інформації в гепатоцитах (Chen et al., 2003), про- та антиоксидант (Fitzhugh, Keefer, 2000), інгібітор чи активатор апоптозу (Kim, Billiar, 2001).

Дані літератури (McNaughton, 2002; Curran et al., 2001) засвідчують вагомий роль оксиду азоту в регуляції білкового метаболізму в печінці, де експресується індукційна ізоформа NO-синтази (iNOS, II тип). Показано, що за умов гіперпродукції NO інгібується синтез білка та активність ізоформ 1A1 і 1A2 цитохрому Р-450 (Gorgen, Mayera, 2006; Салей и др., 2009).

У роботах (Тимофеева и др., 2004; Громова, 2006; Чайка, Лахін, 2008) депривацію протеїну розглядають як стресовий чинник. Водночас стрес-індуковані зміни виражаються в активації NO-синтази з посиленням синтезом оксиду азоту. Окрім того, сигнальна роль NO у клітинах печінки реалізується безпосередньо шляхом посттрансляційних модифікацій протеїнів (Осипов и др., 2007; Блюм та ін., 2009). Останніми роками особливу увагу приділяють здатності оксиду азоту ко-

валентно модифікувати протеїни синергічно з активними формами кисню. Процеси S-нітрозилювання є новою парадигмою у трансдукції сигналів та регуляції функцій протеїнів (Takeuchi et al., 2007; Mohammed, 2003) і водночас першим виявленим механізмом дії NO на рівні протеїнів, що, в свою чергу, залежить від локальних концентрацій оксиду азоту, які визначаються рівнями його синтезу та утилізації (Ратникова, Мельников, 2002).

Як свідчать результати численних експериментів (Chitra et al., 2012; Qureshi et al., 2011), надлишкове нітрування окремих амінокислот у молекулах протеїнів вважається індикатором NO-залежного окислювального стресу (нітрозативного стресу) і є підставою для невідвратної деградації протеїнів у протеасомі.

Мета роботи – дослідити NO-синтазну активність та рівень оксиду азоту в мітохондріальній та постмікросомній фракціях клітин печінки щурів за умов різної забезпеченості протеїном.

Об'єкт і методи. Дослідження проводили на самцях білих нелінійних щурів масою 100-120 г, віком 3 – 3,5 місяці. Утримання експериментальних тварин та маніпуляції з ними проводили з дотриманням вимог «Європейської конвенції про захист хребетних тварин, що використовуються для дослідних та наукових цілей» (Страсбург, 1986) і «Загальних етичних принципів експериментів на тваринах», ухвалених I Національним конгресом з біоетики (Київ, 2001).

Тварин утримували по одній у пластмасових клітках із піщаною підстилкою, доступ до води

ad libitum. Нормування добового раціону проводили з урахуванням принципу парного харчування (Mashiko et al., 2007).

Впродовж експерименту щурі отримували напівсинтетичний раціон, збалансований за всіма нутрієнтами (Reeves et al., 1993).

Дослідні тварини поділені на групи:

- тварини, які утримувалися на напівсинтетичному раціоні, збалансованому за всіма нутрієнтами – група контролю (К);

- тварини, які зазнавали аліментарної депривації протеїну впродовж усього експериментального періоду (П⁻).

- тварини, які протягом експерименту отримували напівсинтетичний раціон із частковою недостатністю протеїну (½ масової кількості казеїну від загальноприйнятої норми) (П½).

Евтаназію тварин здійснювали під легким ефірним наркозом на 14 та 28 доби експерименту.

Мітохондріальну фракцію клітин печінки отримували методом диференційного центрифугування (Акопова і др., 2004). Всі операції проводили при 0 – 4°C. Після перфузії фосфатно-сольовим буфером (ФСБ) відпрепаровані тканини печінки подрібнювали та гомогенізували. Середовище гомогенізації містило: 250 мМ сахарозу, 1 мМ EDTA, 10 мМ трис-НCl, рН 7,4. Осад мітохондрій промивали двічі середовищем виділення без EDTA. Чистоту мітохондріальної фракції контролювали шляхом порівняльного визначення сукцинатдегідрогеназної активності як специфічного маркера внутрішньої мембрани мітохондрій та глюкозо-6-фосфатазної активності – маркера ендоплазматичного ретикулуму у фракціях мікросом та мітохондрій. Забрудненість мітохондріальної фракції мікросомами становила 6,72%.

Визначення активності NO-синтази (NOS, 1.14.13.39) проводили за модифікованим методом, описаним у роботі (Vodovotz Y. et al., 1994). Реакційна суміш для визначення містила: 0,1 М трис-НCl (рН 7,4), 10 мМ EDTA, 32 мМ L-аргінін (субстрат NOS), 1 мМ NADPH. Контролем слугували проби, в які замість NADPH вносили бі-дистиллят. Для врахування безсубстратного окислення NADPH готували реакційну суміш без додавання субстрату, проводили аналогічні маніпуляції та спектрофотометрували при 340 нм, після чого зразки інкубували 10 хв при 37°C. Реакцію зупиняли внесенням до реакційного середовища 0,02 % азиду натрію і реєстрували зниження оптичного поглинання (Сумбаев В. и др., 2000). Активність NOS визначали як різницю між показниками екстинкції субстратного та безсубстратного окислення NADPH. Питому активність NO-синтази виражали в нмолях окисленого NADPH/(хв*мг протеїну).

Вміст NO визначали за модифікованим методом (Hwang et al., 1994) шляхом реєстрації вмісту нітрит-аніона (NO₂⁻), який є стабільним метаболітом оксиду азоту. Оскільки NO – висореакційна молекула з коротким періодом життя, яка швидко інактивується в оксидазній реакції з перетворенням в нітрит (NO₂⁻) або нітрат (NO₃⁻), який швидко метаболізується, то рівень NO правомірно оцінювати за зміною NO₂⁻ (Curran, 2001). NO₂⁻ фіксували за інтенсивністю забарвлення фіолетово-червоного азокомплексу, що утворюється в результаті реакції між сульфаніловою кислотою, NO₂⁻ і α-нафтилетиламіном спектрофотометрично при довжині хвилі 548 нм. Калібрувальну криву для визначення кількості NO₂⁻ будували за стандартними розчинами NaNO₂ різної концентрації в 20 мМ калій-фосфатному буфері (рН 7,4) при додаванні реактиву Гріса.

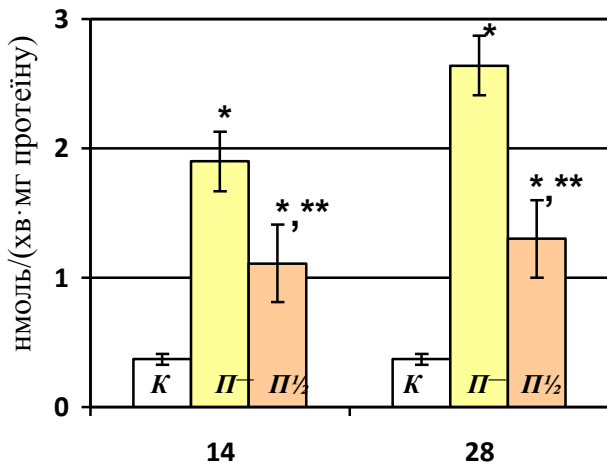
Концентрацію протеїну визначали за методом Лоурі (Lowry et al., 1951).

Статистичну обробку результатів проводили з використанням пакета аналізу даних у *Microsoft Excel*. Для визначення вірогідних відмінностей між середніми величинами використовували критерій Стьюдента (*t*). Розбіжності вважали достовірними при $P \leq 0,05$.

Результати та їх обговорення. Результати проведених досліджень показали, що за умов утримання тварин на безбілковій дієті в мітохондріальній фракції клітин печінки впродовж усього експериментального періоду (14 та 28 доби) спостерігається підвищення NO-синтазної активності порівняно з контролем в 5 та 7 разів відповідно (рис. 1 а). Переведення щурів на харчовий раціон із частковою забезпеченістю протеїном (½ масової кількості казеїну від загальноприйнятої норми) зумовлювало зниження активності NO-синтази в досліджуваній фракції, яка все ж залишалася вищою від контролю в 1,4 рази (рис. 1 а).

Активация NO-синтази за умов аліментарної депривації протеїну супроводжується посиленням продукування оксиду азоту в мітохондріальній фракції клітин печінки дослідних тварин, починаючи з 14 доби експерименту (рис. 1 б).

Відомо, що дія NO в клітинах печінки багатовекторна і часто неоднозначна. З одного боку, стабільна кількість оксиду азоту, що продукується NO-синтазою, виявляє цитопротекторну дію, забезпечує розслаблення судин, регулює мікроциркуляцію, запобігає розвитку тромбозу (McNaughton, 2002 Манухина и др., 2007), має антиоксидні властивості і захищає клітини від цитокін-індукованого ураження та апоптозу (Hinson et al., 2002).



а

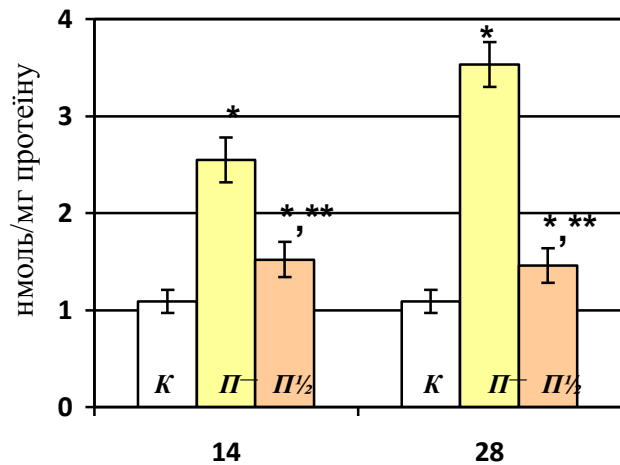
Рис.1. NO-синтазна активність (а) та рівень NO (б) у мітохондріальній фракції клітин печінки щурів за умов аліментарної депривації протеїну

Примітка (тут і надалі): К – тварини, які утримувалися на напівсинтетичному раціоні, збалансованому за всіма нутрієнтами (група контролю); П – тварини, які зазнавали аліментарної депривації протеїну впродовж усього експериментального періоду; П½ – тварини, які протягом експерименту отримували напівсинтетичний раціон із частковою недостатністю протеїну (50% казеїну від загальноприйнятої норми); * – статистично достовірна різниця порівняно з показниками контролю, $P \leq 0,05$; ** – статистично достовірна різниця порівняно з показниками тварин, які зазнавали аліментарної депривації протеїну.

З іншого боку, гіперпродукція NO проявляє виражений цитотоксичний ефект внаслідок утворення пероксинітриду – продукту взаємодії оксиду азоту та супероксид аніон-радикала, – здатного викликати деструктивні зміни ензимів шляхом модифікації тирозинових залишків протеїнових молекул (Szabo et al., 2007).

Слід відмітити, що повна відсутність протеїну в харчовому раціоні призводить до максимального утворення NO в мітохондріальній фракції клітин печінки щурів на завершальних етапах експерименту (28 доба), перевищуючи показники групи контрольних тварин в 7,2 рази. Водночас утримання тварин на низькопротеїновій дієті супроводжувалося зростанням рівня оксиду азоту лише в 1,4 рази порівняно зі значеннями контролю (рис. 1 б).

Оксид азоту, що утворюється за участю мітохондріальної NO-синтази, є ендогенним регулятором енергетики мітохондрій – мембранного потенціалу, дихання та синтезу АТФ. Дані літератури (Кургалюк, Іккерт, 2001; Nisoli et al., 2003) свідчать, що вплив NO на мітохондрії може здійснюватися різними шляхами: як безпосередньо, через зв'язування з функціонально важливими тіоловими групами мітохондріальних білків, так і опосе-

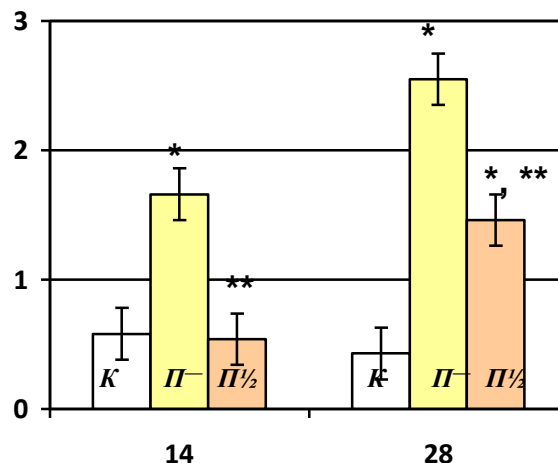
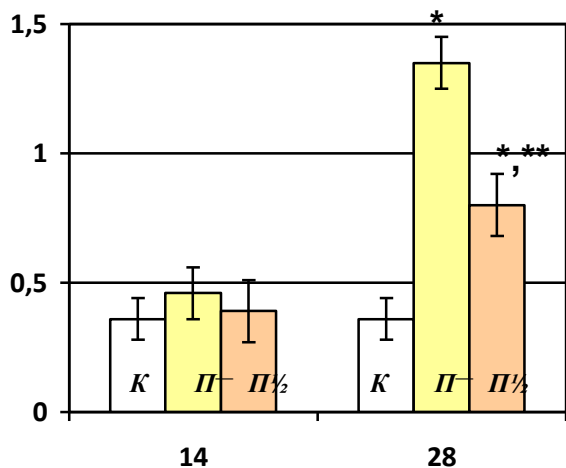


б

Fig. 1. NO-synthase activity (a) and NO content (b) in mitochondrial fraction of liver cells in rats under alimentary protein deprivation

Note (here and after): К – animals, kept on a semisynthetic diet, balanced by all nutrients (control group); П – animals, deprived with alimentary protein during all the experimental period; П½ – animals receiving 50 % of dietary protein during all the experimental period; * – statistically significant difference compared to control values, $P \leq 0,05$; ** – statistically significant difference compared to the animals, deprived with the protein.

редковано, за допомогою регуляції мембранного потенціалу мітохондрій. Припускається, що дія NO *in vivo* може бути спрямована на модуляцію потенціалу та блокування мітохондріальних пор через модифікацію «критичних» тіолів трансмембранного протеїнового комплексу, що призводить до порушення роботи мітохондріального електротранспортного ланцюга із посиленою генерацією супероксидного аніон-радикала (Акопова та ін., 2005; Близнецова і др., 2005). Двотижневе перебування тварин на низько- та безпротеїновій дієті не призводило до змін величини NO-синтазної активності в порівнянні з контролем у постмікросомній фракції клітин печінки щурів (рис. 2 а). Водночас на завершальних етапах експерименту (28 доба) спостерігається підвищення активності NOS за умов аліментарної депривації – у 3,8 рази та умов незбалансованості за кількістю протеїну – у 2,2 разу порівняно з контролем (рис. 3). Цікавим є той факт, що відсутність змін рівня NO-синтазної активності в групі тварин, які перебували на безбілковій дієті, порівняно з контролем на 14 добу експерименту супроводжується посиленням утворення оксиду азоту в постмікросомній фракції клітин печінки в даний період (рис. 2 б).



а

б

Рис.2. NO-синтазна активність (а) та рівень NO (б) у постмікросомній фракції клітин печінки щурів за умов аліментарної депривації протеїну

Fig. 2. NO-synthase activity (a) and NO content (b) in postmicrosomal fraction of liver cells in rats under alimentary protein deprivation

Примітка: * – статистично достовірна різниця порівняно з показниками контролю, $P \leq 0,05$; ** – статистично достовірна різниця порівняно з показниками тварин, які зазнавали аліментарної депривації протеїну.

Note: * – statistically significant difference compared to control values, $P \leq 0,05$; ** – statistically significant difference compared to the animals, deprived with the protein.

За даними літератури (Блюм та ін., 2009; Дмитренко, Холиан, 2005), окрім NO-синтазної реакції, утворення оксиду азоту в цитозолі може відбуватися за участю ензиму ксантиноксидоредуктази, яка має здатність відновлювати нітриту (NO_2^-) та нітрати (NO_3^-) до NO, а також як побічного продукту циклооксигеназної та ліпооксигеназної реакцій. Враховуючи вищесказане, можна припустити, що надмірне продукування оксиду азоту на початкових етапах експерименту (14 доба) в постмікросомній фракції клітин печінки за умов аліментарної депривації протеїну може відбуватися саме за рахунок активації вказаних сигнальних систем з метою реалізації потенційної дії NO як внутрішньоклітинного посередника.

синтази в клітинах печінки з максимумом на завершальних етапах експерименту. Часткова забезпеченість протеїном призводить до зниження NO-синтазної активності у мітохондріальній та постмікросомній фракціях клітин печінки протягом всього експерименту.

Список літератури:

На завершальних етапах експерименту (28 доба) відсутність протеїну в харчовому раціоні супроводжується максимальним утворенням NO, причому отримані показники в дослідній групі тварин в 6 разів перевищують значення контролю. Водночас за умов часткової забезпеченості протеїном зростання вмісту NO з контролем відбувається лише в 3,5 рази (рис. 2 б). Можна припустити, що якщо на початкових етапах експерименту NO виступає як внутрішньоклітинний посередник, а на завершальних, ймовірно, виявляє токсичну дію прямо шляхом утворення нітрозильних комплексів з гемовим і негемовим залізом та опосередковано через активні форми азоту, які призводять до розвитку ендогенної інтоксикації організму (Ратникова Л., Мельников И., 2002; Манухина Е. і др., 2007).

1. Акопова О.В., Коцюрuba А.В., Ткаченко Ю.П., Сагач В.Ф. Оксид азоту пригнічує відкриття мітохондріальної пори і збільшує кальцієву ємність мітохондрій in vivo // Фізіолог. журн. – 2005. – Т. 51, № 3. – С. 3 – 11.
2. Акопова О.В., Сагач В.Ф. Індукція відкриття мітохондріальної пори под действием Ca^{2+} в миокарде крыс // Укр. біохім. журн. – 2004. – Т. 76, № 1. – С. 48 – 55.
3. Близнцова Г.Н., Артемьева С.С., Рецкий М.И. Влияние L-аргинина и ингибиторов NO-синтазы на образование оксида азота и нитрозотиолов при токсическом повреждении печени // Биомедиц. химия. – 2005. – Т. 51, № 6. – С. 656 – 661.
4. Блюм Я.Б., Красиленко Ю.А., Ємець А.І. Нітрування тирозину як регуляторна посттрансляційна модифікація протеїнів // Укр. біохім. журн. – 2009. – Т. 81, № 5. – С. 5 – 15.
5. Громова Л.В. Влияние белкового голодания на гидролитические и транспортные характеристики тонкой кишки крыс в условиях хронического опыта // Росс. физиол. журн. – 2006. – Т. 92, № 10. – С. 1239 – 1249.
6. Дмитренко Н.П., Холиан А. Роль взаємодії шляхів метаболізму формальдегіда і оксиду азоту в механізмі їх токсичного дії. 2. Токсичне дію оксиду азоту // Укр. біохім. журн. – 2005. – Т. 77, № 5. – С. 5 – 23.
7. Зенков Н.К., Меньшикова Е.Б., Реутов В.П. NO-синтазы в норме и при патологии различного генеза // Вестн РАМН. – 2000. – № 4. – С. 3 – 34.

Висновки. Отже, повна відсутність протеїну в харчовому супроводжується активацією NO-

8. Кургалюк Н.М., Іккерт О.В. Вплив L-аргініну і блокатора синтази оксиду азоту L-NNA на кальцієву ємність мітохондрій печінки щурів з різною резистентністю до гіпоксії // Укр. біохім. журн. – 2001. – Т. 73, № 5. – С. 85 – 89.
9. Манухина Е.Б., Дауни Х.Ф., Маллет Р.Т., Малышев И.Ю. Защитные и повреждающие эффекты периодической гипоксии: роль оксида азота // Вестник РАМН. – 2007. – № 2. – С. 25 – 33.
10. Осипов А.Н., Борисенко Г.Г., Владимиров Ю.А. Биологическая роль нитрозильных комплексов гемопро-теинов // Успехи биол. хим. – 2007. – Т. 47. – С. 259 – 292.
11. Ратникова Л.И., Мельников И.В. Значение оксида азота в повреждении гепатоцитов при патологии печени // Эпидемиология и инфекционные болезни. – 2002. – № 6. – С. 51 – 55.
12. Салей А.П., Вашанов Г.А., Мещерякова М.Ю. Роль оксида азота в регуляции гемодинамических показателей и метаболических функций печени // Вестник ВГУ, серия: Химия. Биология. Фармация. – 2009. – № 2. – С. 129 – 135.
13. Сумбаев В.В., Ясинская И.М. Влияние ДДТ на активность синтазы оксида азота в печени, легких и головном мозге крыс // Современные проблемы токсикологии. – 2000. – № 3. – С. 3 – 7.
14. Тимофеева Н.М., Никитина А.А., Егорова В.В., Гордова Л.А. Влияние дефицита белка в питании крыс в раннем онтогенезе на функционирование ферментных систем пищеварительных и непищеварительных органов во взрослой жизни // Бюлл. exper. биол. и мед. – 2004. – Т. 138, № 7. – С. 12 – 15.
15. Чайка О.Г., Лахін П.В. Вплив обмеження калорійності харчування на щурів різного віку // Патологія. – 2008. – С. 115.
16. Chen T., Zamora R., Zuckerbraun B. Role of nitric oxide in liver injury // Curr. Mol. Med. – 2003. – Vol. 3, № 6. – P. 519 – 526.
17. Chitra S., Nalini G., Rajasekhar G. The ubiquitin proteasome system and efficacy of proteasome inhibitors in diseases // Int J Rheum Dis. – 2012. – Vol. 15, № 3. – P. 249 – 260.
18. Curran R.D., Ferrari F.K. Nitric oxide and nitric oxide-generating compounds inhibit hepatocyte protein synthesis // FASEB J. – 2001. – Vol.5. – P.2085 – 2092.
19. Fitzhugh A.L., Keefer L.K. Diazeniumdiolates: pro- and antioxidant applications of the «NOates» // Free Radic. Biol. Med. – 2000. – Vol. 28, № 10. – P. 1463 – 1469.
20. Gorren C.F., Mayera B. Nitric-oxide synthase: A cytochrome P450 family foster child // Biochim. Biophys. Acta. – 2006. – Vol. 1770, N 3. – P. 432-445.
21. Hinson J.A., Bucci T.J., Irwin L.K. et al. Effect of inhibitors of nitric oxide synthase on acetaminophen-induced hepatotoxicity in mice // Nitric Oxide. – 2002. – Vol. 6, № 2. – С. 160 – 167.
22. Hwang S., Lopeç C.A., Heck D.E. et al. Osteopontin inhibits induction of nitric oxide synthase gene expression by inflammatory mediators in mouse kidney epithelial // J. Biol. Chem. – 1994. – Vol. 264. – P. 711-715.
23. Kim P.K., Billiar T.R. Give me iNOS or give me death // Hepatology. – 2001. – № 34. – P. 436 – 437.
24. Lowry O.H., Rosenbrough N.J., Farr A.L. Protein measurement with Folin phenol reagent // J Biol. Chem. – 1951. – Vol. 123, № 1. – P. 265 – 273.
25. Mashiko S., Ishihara A., Iwaasa H. et al. A Pair-Feeding Study Reveals That a Y5 Antagonist Causes Weight Loss in Diet-Induced Obese Mice by Modulating Food Intake and Energy Expenditure // Mol. Pharmacol. – 2007. – Vol. 71, № 2 – P. 602 – 608.
26. McNaughton L. Distribution of nitric oxide synthase in normal and cirrhotic human liver // Proc. Nat. Acad. Sci. USA. – 2002. – Vol. 99, № 26. – P. 17161 – 17166.
27. Mohammed N. Expression of nitric oxide synthase isoforms in human liver cirrhosis // J. Pathol. – 2003. – Vol. 200, N. 5. – P. 647 – 655.
28. Nisoli E., Clementi E., Paolucci C. Mitochondrial Biogenesis in Mammals: The Role of Endogenous Nitric Oxide // Cell Biology. – 2003. – Vol.7. – P. 896 – 899.
29. Qureshi A.A., Tan X., Reis J.C. et al. Suppression of nitric oxide induction and pro-inflammatory cytokines by novel proteasome inhibitors in various experimental models / Lipids Health Dis. – 2011. – Vol. 177, № 12. – P. 1186 – 1198.
30. Reeves P., Nielsen F., Fahey G. AIN-93 Purified Diets for Laboratory Rodents: Final Report of the American Institute of Nutrition Ad Hoc Writing Committee on the Reformulation of the AIN-76A Rodent Diet // J Nutr. – 1993. – Vol. 123, № 11. – P. 1939 – 1951.
31. Szabo S., Ischiropoulos H. Peroxynitrite: biochemistry, pathophysiology and development of therapeutics // Nature Rev. – 2007. – Vol. 6. – P. 662 – 680.
32. Takeuchi K., Hatazava R., Tanigami M. et al. Role of endogenous nitric oxide (NO) and NO synthase in healing of indomethacin-induced intestinal ulcers in rats // Life Sci. – 2007. – Vol. 80, N. 4. – P. 329 – 336.
33. Vodovotz Y., Know S., Popischil M. Inactivation of nitric oxide synthase after prolonged incubation of mouse macrophages with IFN-gamma and bacterial lipopolysaccharide // J. Immunol. – 1994. – V. 152, № 8. – P. 4110 – 4118.

NO-SYNTASE ACTIVITY IN RAT LIVER CELLS UNDER CONDITIONS OF DIFFERENT PROTEIN SUPPLEMENTATION

G.P. Kopylchuk, I.M. Buchkovska

NO-synthase activity and nitric oxide content were studied in mitochondrial and postmicrosomal fractions in rat liver cells under different protein supplementation. In the animals, kept on protein-deprived diet, NO-synthase activity increased in the liver cells, reaching maximum at the final stages of the experiment and exceeding control values in 5-7 times. Keeping animals on semisynthetic diet with half of protein conventional norm leads to decrease of NO-synthase activity in 2 times in the mitochondrial fraction and 1,7 times – in postmicrosomal.

Key words: NO-synthase, nitric oxide, protein alimentary deprivation, liver.

Одержано редколегією 26.01.2013

THE EXPRESSION OF CDC20, CDC42 AND CDC42-EFFECTOR GENES IN U87 GLIOMA CELLS WITH ERN1 SIGNALING ENZYME LOSS OF FUNCTION: EFFECT OF HYPOXIA

D.O. MINCHENKO^{1,2}, D.O. KOMPANIETS¹, I.V. KRYVDIUK¹,
T.V. BAKALETS¹, B.M. TERLETSKYI¹, Y.D. ZALESNA³, O.V. HUBENIA^{1,3},
L.L. KARBOVSKYI¹, O.H. MINCHENKO^{1,*}

¹Department of Molecular Biology, Palladin Institute of Biochemistry,
National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine;

²Department of Pediatrics, National Bogomolets Medical University, Kyiv, Ukraine;

³Shupik National Medical Academy of Post-Graduate Education, Kyiv, Ukraine;

* e-mail: ominchenko@yahoo.com

A set of complex intracellular signaling events known as the unfolded protein response, mediated predominantly by endoplasmic reticulum – nuclei-1 (ERN1) signaling enzyme, is induced in cancer cells via hypoxia and ischemia and is necessary for neovascularization and proliferation processes. A lot of cell division cycle proteins, cyclins, cyclin-dependent kinases and its inhibitors are the components of endoplasmic reticulum stress system as well as participate in the control of cell cycle and proliferation processes. We have studied the expression of genes which are participate in the control of cell cycle and proliferation in glioma cell line U87 and its ERN1-deficient subline in hypoxic conditions. It was shown that the blockade of ERN1 leads to decrease the expression levels of cell division cycle-20 (CDC20) as well as CDC42-effectors CDC42EP4 and PAK4 mRNA expressions, but increases the levels of CDC42EP2, CDC42EP3 and CDC42SE1 mRNA expressions. However, the expression level of CDC42 mRNA did not change significantly in glioma cells with ERN1 loss of function. Moreover, we have shown that hypoxia does not affect the expression of CDC42 as well as CDC42-effectors CDC42SE1 and CDC42EP3 mRNA expressions, but increases PAK4 and CDC42EP2 and decreases CDC20 genes in cells with functional ERN1 (control glioma cells). However, the hypoxic regulation of CDC42 as well as some CDC42-effectors gene expressions significantly depends from ERN1 signaling enzyme function because its blockade leads to increase of CDC42 and decrease of CDC42EP2 gene expressions by hypoxia. Thus, results of this study clearly demonstrated that the expression levels of most tested genes encoded CDC42 and its effectors is mostly depend from ERN1 signaling enzyme function and possibly participate in cell adaptive response to endoplasmic reticulum stress associated with hypoxia.

Key words: mRNA expression, CDC20, CDC42, CEP2, CEP3, CEP4, PAK4, ERN1 knockdown, glioma cells, hypoxia.

Introduction. Hypoxia as well as nutrient deprivation conditions are important factors of malignant tumor growth. Hypoxia and many other factors induce the endoplasmic reticulum stress and a large number of different gene expressions which enhance metabolism and proliferative processes (Johnson et al., 2008; Denko, 2008). The endoplasmic reticulum stress is associated with unfolded protein response and accumulation of unfolded proteins in the endoplasmic reticulum (Zhang, Kaufman, 2004). This adaptive response is activated upon the accumulation of misfolded proteins in the endoplasmic reticulum and is mediated by three endoplasmic reticulum-resident sensors named PERK (PRK-like ER kinase), IRE1/ERN1 (Inositol Requiring Enzyme-1/Endoplasmic Reticulum to Nuclei-1) and ATF6 (Activating Transcription Factor 6), however, ERN1 is the dominant sensor (Bi et al., 2005; Aragón et al., 2009; Fels, Koumenis, 2006; Korennykh et al., 2009). Activation of the unfolded protein response tends to limit the de novo entry of proteins in to the endoplasmic reticulum and facilitate both the endoplasmic reticulum protein folding and degradation to adapt cells for survival or, alternatively, to enter cell death

programs through endoplasmic reticulum-associated machineries (Moenner et al., 2007; Romero-Ramirez et al., 2004; Acosta-Alvear et al., 2007; Hollien et al., 2009). As such, it participates in the early cellular response to the accumulation of misfolded proteins in the lumen of the endoplasmic reticulum, occurring under both physiological and pathological situations (Zhang, Kaufman, 2004; Moenner et al., 2007).

The bifunctional signaling enzyme ERN1 has two distinct catalytic domains: a serine/threonine kinase and an endoribonuclease. Both domains are contributed to ERN1 signalling. The ERN1-associated kinase autophosphorylates and dimerizes this enzyme in membrane, leading to the activation of its endoribonuclease domain, degradation of a specific subset of mRNA and initiation of the pre-XBP1 (X-box binding protein 1) mRNA splicing (Romero-Ramirez et al., 2004; Acosta-Alvear et al., 2007). Mature XBP1 mRNA splice variant encodes a transcription factor that stimulates the expression more than five hundreds of unfolded protein response-specific genes (Acosta-Alvear et al., 2007; Hollien et al., 2009). Moreover, XBP1s has several additional functions, especially in the regulation of glucose homeostasis

(Lee et al., 2011; Zhou et al., 2011). Thus, the p38 MAP kinase phosphorylates the spliced form of XBP1 and enhances its nuclear migration. Moreover, the regulatory subunits of phosphatidylinositol 3-kinase interact with XBP1 and also increase its nuclear translocation (Park et al., 2010). Zhou et al. (Zhou et al., 2011) shown that XBP1s interacts with the Forkhead box O1 (FOXO1) transcription factor and directs it toward proteasome-mediated degradation. At the same time, it was shown that a kinase inhibitor activates the ERN1 endoribonuclease to confer cytoprotection against ER stress. It is possible that this activation of the ERN1 endoribonuclease is a result of its interaction with other sensor-signalling systems of endoplasmic reticulum stress.

The endoplasmic reticulum stress response-signalling pathway is associated with hypoxia and linked to the proliferation process and tumor growth because the complete blockade of ERN1 signal transduction pathway has anti-tumor effects in lung cancer and glioma cells (Romero-Ramirez et al., 2004; Drogat et al., 2007; Auf et al., 2010). Malignant gliomas are highly aggressive tumors and are characterized by marked angiogenesis and extensive tumor cell invasion into the normal brain parenchyma (Moenner et al., 2007). By itself, the invasive growth pattern prevents complete surgical resection and leads to local recurrences. The very poor prognosis and the moderate efficacy of conventional clinical approaches therefore underline the need for new therapeutic strategies. Hypoxia is associated to glioma development and locally induces an adaptive response which confers to tumor cells an enhanced survival and a more aggressive behaviour (Moenner et al., 2007). A better knowledge of tumor responses to ischemia is required to elaborate therapeutical strategies of cell sensibilization and angiogenesis inhibition, based on the blockade of survival mechanisms.

Cell division cycle regulatory proteins play an important role in glycolysis and tumor growth. Thus, cell division cycle 42 (CDC42) is a small Rho GTPase which regulates the formation of F-actin-containing structures through its interaction with the downstream effector proteins and is important for cancer growth because downregulation of CDC42 and CDK6 (cyclin-dependent kinase 6) by microRNA 137 induces G1 cell cycle arrest in lung cancer cells as well as promotes transendothelial migration of cancer cells through beta1 integrin (Zhu et al., 2013; Reymond et al., 2012). Moreover, the Rho family GTPases CDC42 and Rac1 may contribute to the hypoxia-mediated angiogenesis because both are involved in the hypoxia-induced production of angiogenesis-promoting factors and tumor suppressors (Xue et al., 2006). CDC42 effector protein (Rho GTPase binding) 2, 3 and 4 (CDC42EP2, CDC42EP3 and CDC42EP4) are members of the

Borg family of CDC42 effector proteins which bind to, and negatively regulate the function of, CDC42 and probably involved in the organization of the actin cytoskeleton (Lin, Chuang, 2012).

PAK4 is a serine/threonine p21-activating kinase that links Rho GTPases to cytoskeleton reorganization and nuclear signaling. It has been implicated in a wide range of biological activities, because plays a role in a variety of different signaling pathways including cell migration, growth, proliferation or cell survival by phosphorylation of integrin beta5 and BCL2 antagonist of cell death BAD (Wang et al., 2012; Zhang et al., 2012; Zhang et al., 2002).

The main goal of this study was investigation the role of the expression of genes related to the control of cell cycle and proliferation (CDC42, CDC20, CDC42SE1, CDC42EP2, CDC42EP3, CDC42EP4 and PAK4) in glioma U87 cells with ERN1 signaling enzyme loss of function and its regulation by hypoxia.

Materials and Methods. The glioma cell line U87 was obtained from ATCC (USA) and grown in high glucose (4.5 g/l) Dulbecco's modified Eagle's minimum essential medium (DMEM; Gibco, Invitrogen, USA) supplemented with glutamine (2 mM), 10% fetal bovine serum (Equitech-Bio, Inc., USA), penicillin (100 units/ml; Gibco) and streptomycin (0.1 mg/ml; Gibco) at 37°C in a 5% CO₂ incubator. In this work we used two sublines of this glioma cell line. One subline was obtained by selection of stable transfected clones with overexpression of vector (pcDNA3.1), which was used for creation of dominant-negative constructs (dnERN1). This untreated subline of glioma cells (control glioma cells) was used as control 1 in the study of effects of hypoxia on the expression level of CDC42 and related genes. Second subline was obtained by selection of stable transfected clones with overexpression of dnERN1 and has suppressed both protein kinase and endoribonuclease activities of this signaling enzyme. These cells were obtained from prof. M. Moenner (France) (Moenner et al., 2007; Drogat et al., 2007). The expression level of CDC42 and related genes in these cells was compared with cells, transfected by vector (control 1), but this subline was also used as control 2 for investigation the effect of hypoxia on the expression level of these genes under blockade ERN1 function. Hypoxic conditions were created in special incubator with 3 % oxygen and 5 % carbon dioxide levels; culture plates with complete DMEM were exposed to these conditions for 16 hrs.

The suppression level of ERN1 both enzymatic activity in glioma cells that overexpress a dominant-negative construct of endoplasmic reticulum–nuclei-1 (dnERN1) was previously shown by analysis of the expression of XBP1 alternative splice variant (XBP1s), a key transcription factor in ERN1 signaling, and phosphorylated isoform ERN1 using cells

treated by tunicamycin (0.01 mg/ml during 2 hours) (Minchenko et al., 2012).

Total RNA was extracted from glioma cells as described (Minchenko et al., 2012). RNA pellets were washed with 75 % ethanol and dissolved in nuclease-free water. For additional purification RNA samples were precipitated with 95 % ethanol and redissolved again in nuclease-free water.

QuantiTect Reverse Transcription Kit (QIAGEN, Germany) was used for cDNA synthesis as described previously (Minchenko et al., 2012).

The expression levels of CDC24, CDC20, CDC42SE1, CDC42EP2, CDC42EP3, CDC42EP4 and PAK4 mRNA were measured in glioma cell line U87 and its sublines (clone 1C5) by real-time quantitative polymerase chain reaction of cDNA using „Mx 3000P QPCR” (Stratagene, USA) and SYBRGreen Mix (AB gene, Great Britain). Polymerase chain reaction was performed in triplicate. For amplification of cell division cycle 24 cDNA we used forward (5'-tcccatctgtgtctcttag -3' and reverse (5'- tggcaacaatgtccttga -3') primers. The nucleotide sequences of these primers correspond to sequences 1312 – 1331 and 1515 – 1496 of human CDC24 cDNA (GenBank accession number NM_001791). The size of amplified fragment is 204 bp. The amplification of cell division cycle 20 (CDC20) cDNA was performed using forward primer (5'- tccaaggttcagaccactcc-3') and reverse primer (5'- ctggcagggaagggaatgtaa -3'). These oligonucleotides correspond to sequences 294 – 313 and 618 – 599 of human CDC20 cDNA (GenBank accession number NM_001255). The size of amplified fragment is 325 bp.

The amplification of CDC42 small effector 1 (CDC42SE1 or SPEC1) cDNA for real time RCR analysis was performed using two oligonucleotides primers: forward – 5'- gtccaacaccagggaaga -3' and reverse – 5'- ctctgaactgcacgtgca -3'. The nucleotide sequences of these primers correspond to sequences 366 – 385 and 617 – 598 of human CDC42SE1 cDNA (GenBank accession number NM_020239). The size of amplified fragment is 252 bp. For amplification of CDC42 effector protein 2 (CDC42EP2) cDNA we used forward (5'- tgccagctcctgagacctt -3' and reverse (5'- aggacggcaactctctga -3') primers. The nucleotide sequences of these primers correspond to sequences 84 – 103 and 251 – 232 of human CDC42EP2 cDNA (GenBank accession number NM_006779). The size of amplified fragment is 168 bp. The amplification of CDC42EP3 cDNA for real time RCR analysis was performed using two oligonucleotides primers: forward – 5'- tttgtctgtgtgtgtaaa -3' and reverse – 5'- agggccatttcttcacaga -3'. The nucleotide sequences of these primers correspond to sequences 366 – 385 and 617 – 598 of human

CDC42EP3 cDNA (GenBank accession number NM_006449). The size of amplified fragment is 196 bp. For amplification of CDC42 effector protein 4 (CDC42EP4) cDNA we used forward (5'- ccaatctcaagcaactggt -3' and reverse (5'- agga-gactgcgtttggaaga -3') primers. The nucleotide sequences of these primers correspond to sequences 228 – 247 and 460 – 441 of human CDC42EP4 cDNA (GenBank accession number NM_012121). The size of amplified fragment is 233 bp.

The amplification of p21 protein (Cdc42/Rac)-activated kinase 4 (PAK4) cDNA for real time RCR analysis was performed using two oligonucleotide primers: forward – 5'- gcgagtatcccatgagcagt -3' and reverse – 5'- aactcatgaccaccagag -3'. The nucleotide sequences of these primers correspond to sequences 1126 – 1145 and 1425 – 1406 of human PAK4 cDNA (GenBank accession number NM_005884). The size of amplified fragment is 300 bp. The amplification of beta-actin (ACTB) cDNA was performed using forward - 5'- ggactcgagcaagagatgg -3' and reverse - 5'- agcactgtgtggcgctacag -3' primers. These primers nucleotide sequences correspond to 747 – 766 and 980 – 961 of human ACTB cDNA (GenBank accession number NM_001101). The size of amplified fragment is 234 bp. The expression of beta-actin mRNA was used as control of analyzed RNA quantity. The primers were received from “Sigma” (USA).

An analysis of quantitative PCR was performed using special computer program “Differential expression calculator” and statistical analysis – in Excel program. The values of CDC24, CDC20, CDC42SE1, CDC42EP2, CDC42EP3, CDC42EP4 and PAK4 mRNA expressions were normalized to the expression of beta-actin mRNA and represent as percent of control (100 %). All values are expressed as mean ± SEM from triplicate measurements performed in 4 independent experiments.

Results and Discussion. As shown in fig. 1, the suppression of both enzymatic functions of sensor and signaling enzyme ERN1, the major component of endoplasmic reticulum stress signaling, leads to 2 fold decrease of the expression of gene encoding of cell division cycle-20 (CDC20), but does not change significantly CDC42 mRNA expression. At the same time, the expression level of CDC42-effectors (CDC42SE1, CDC42EP2 and CDC42EP3) is increased in glioma U87 cells with suppressed ERN1 signaling enzyme function, being significant higher for CDC42EP3 gene, as compared to control glioma cells which was transfected with vector pcDNA3.1 (Fig. 2 and 3). However, the expression of two other CDC42-effectors (CDC42EP4 and PAK4) is decreased (close to 2 fold) in glioma cells with ERN1 loss of function (Fig. 3 and 4).

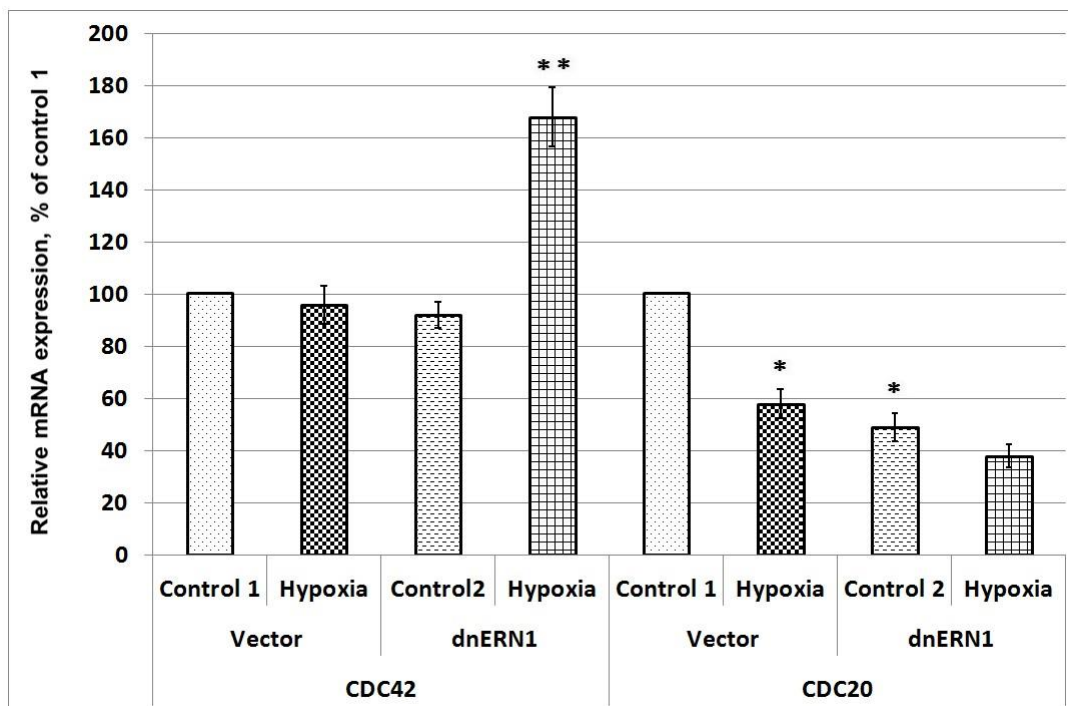


Fig. 1. Effect of hypoxia on the expression level of CDC42 and CDC20 in U87 glioma cells, transfected with vector pcDNA3.1 (Control) and cells, stable transfected with dominant/negative constructs of ERN1 signaling enzyme (dnERN1) into vector pcDNA3.1, measured by quantitative real-time PCR. The level of these mRNA expressions was normalized to the expression of beta-actin. The changes in the expression of CDC42 and CDC20 mRNA in cells, transfected with dnERN1, were compared with control (100 %); n = 4; * – P < 0,05 as compared to control 1, ** – P < 0,05 as compared with control 2.

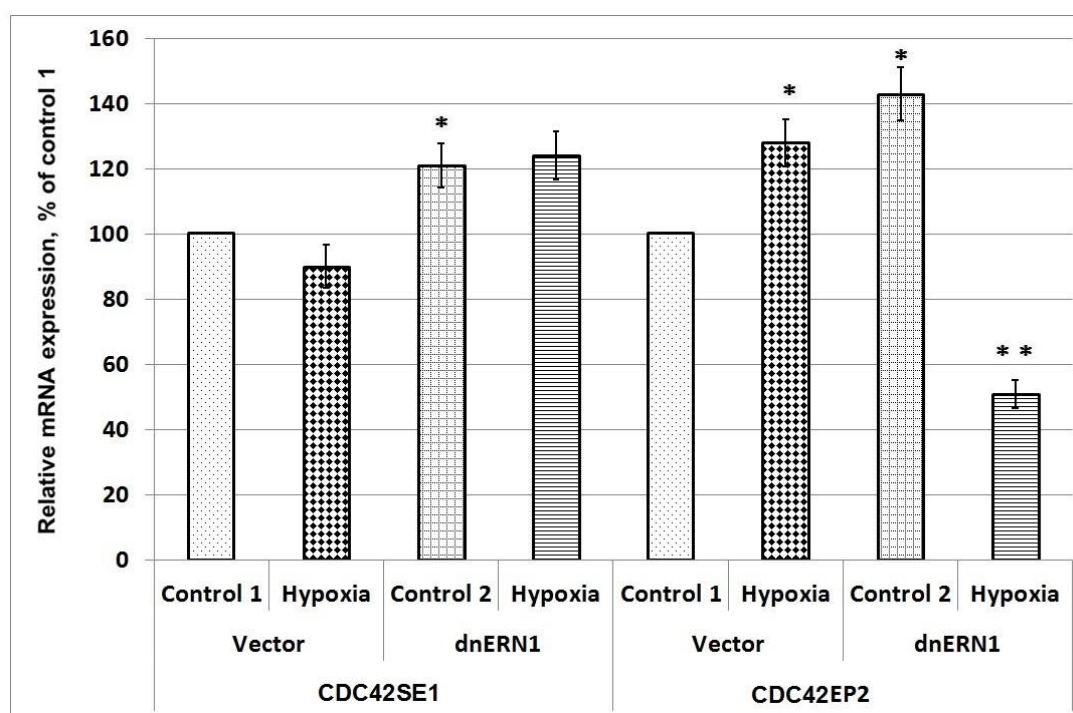


Fig. 2. Effect of hypoxia on the expression level of CDC42SE1 and CDC42EP2 in U87 glioma cells, transfected with vector pcDNA3.1 (Control) and cells, stable transfected with dominant/negative constructs of ERN1 signaling enzyme (dnERN1) into vector pcDNA3.1, measured by quantitative real-time PCR. The level of these mRNA expressions was normalized to the expression of beta-actin. The changes in the expression of CDC42SE1 and CDC42EP2 mRNA in cells, transfected with dnERN1, were compared with control (100 %); n = 4; * – P < 0,05 as compared to control 1, ** – P < 0,05 as compared with control 2.

This results clearly demonstrated that the expression of CDC20, CDC42SE1, CDC42EP2, CDC42EP3, CDC42EP4 and PAK4 genes in U87 glioma cells is dependent from ERN1 signaling enzyme function because blockade of this signaling enzyme changes the expression level all of these genes. Suppression of CDC20 and PAK4 as well as induction of CDC42SE1, CDC42EP2 and CDC42EP3 gene expressions in glioma cells with ERN1 signaling enzyme loss of function correlates with its decreased proliferation rate and possibly contributes in this effect, because CDC20 and PAK4 have pro-proliferative as well as cell survival functions and CDC42SE1, CDC42EP2 and CDC42EP3 negatively regulate the function of CDC42 (Drogat et al., 2007; Auf et al., 2010; Zhu et al., 2013; Xue et al., 2006; Wang et al., 2012; Zhang et al., 2012; Zhang et al., 2002).

Moreover, we have shown that hypoxia does not affect the expression of CDC42 as well as CDC42-effectors CDC42SE1 and CDC42EP3 mRNA expressions in cells with functional ERN1 (control glioma cells). At the same time, hypoxia increases the expression level of PAK4 and CDC42EP2 mRNA and decreases CDC20 mRNA in control glioma cells. However, the hypoxic regulation of the expression CDC42 as well as some CDC42-effectors genes mostly depends from the function of ERN1 signaling enzyme (Fig. 1 – 4). Thus, the blockade of ERN1 enzyme function leads to significant increase of the expression of CDC42 mRNA and strong decrease of CDC42EP2 gene expressions by hypoxia. Moreover, the suppression of signaling enzyme ERN1 enhances the effect of hypoxia on the expression of PAK4 mRNA but decrease its effect on CDC20 mRNA.

Thus, results of this study clearly demonstrated that the expression levels of most tested genes encoded CDC42 and its effectors as well as its hypoxic regulation is dependent from ERN1 signaling enzyme function and possibly participate in cell adaptive response to endoplasmic reticulum stress associated with hypoxia.

Conclusions. 1. It was shown that suppression of both enzymatic functions of sensor and signaling enzyme ERN1, the major component of endoplasmic reticulum stress signaling, increases the expression level of genes encoding of cell division cycle-20 (CDC20) as well as CDC42-effectors CDC42EP4 and PAK4 in glioma cell line U87. However, the expression level of CDC42 mRNA did not change significantly in glioma cells with ERN1 loss of function.

2. The blockade of ERN1 leads to increase the expression level of CDC42EP2, CDC42EP3 and CDC42SE1 mRNA, being more significant for CDC42EP3 gene.

3. Hypoxia does not affect the expression of CDC42 as well as CDC42-effectors CDC42SE1 and

CDC42EP3 mRNA expressions, but increases PAK4 and CDC42EP2 and decreases CDC20 genes in cells with functional ERN1 (control glioma cells).

4. Hypoxic regulation of CDC42 as well as some CDC42-effectors gene expressions significantly depends from ERN1 signaling enzyme function because its blockade leads to increase of CDC42 and decrease of CDC42EP2 gene expressions by hypoxia.

5. Results of this study clearly demonstrated that the expression levels of genes encoded CDC42 and its effectors is mostly depend from ERN1 signaling enzyme function and possibly participate in cell adaptive response to endoplasmic reticulum stress associated with hypoxia.

References:

1. Acosta-Alvear D., Zhou Y., Blais A., Tsikitis M., Lents N., Arias C., Lennon C., Kluger Y., Dynlacht D. XBP1 controls diverse cell type- and condition-specific transcriptional regulatory networks // *Molecular Cell.* – 2007. – 27. – P. 53 – 66.
2. Aragón T., van Anken E., Pincus D., Serafimova I.M., Korennykh A.V., Rubio C.A., Walter P. Messenger RNA targeting to endoplasmic reticulum stress signalling sites // *Nature.* – 2009. – 457, N 7230. – P. 736 – 740.
3. Auf G., Jabouille A., Guérit S., Pineau R., Delugin M., Bouchecareilh M., Favereaux A., Maitre M., Gaiser T., von Deimling A., Czabanka M., Vajkoczy P., Chevet E., Bikfalvi A., Moenner M. A shift from an angiogenic to invasive phenotype induced in malignant glioma by inhibition of the unfolded protein response sensor IRE1 // *PNAS U.S.A.* – 2010. – 107, N 35. – P. 1555 – 15558.
4. Bi M., Naczki C., Koritzinsky M., Fels D., Blais J., Hu N., Harding H., Novoa I., Varia M., Raleigh J., Scheuner D., Kaufman R.J., Bell J., Ron D., Wouters B.G., Koumenis C. ER stress-regulated translation increases tolerance to extreme hypoxia and promotes tumor growth // *EMBO J.* – 2005. – 24, N 19. – P. 3470 – 34815.
5. Denko N. C. Hypoxia, HIF1 and glucose metabolism in the solid tumour // *Nature Rev. Cancer.* – 2008. – Vol. 8. – P. 705 – 713.
6. Drogat B., Auguste P., Nguyen D.T., Bouchecareilh M., Pineau R., Nalbantoglu J., Kaufman R.J., Chevet E., Bikfalvi A., Moenner M. IRE1 signaling is essential for ischemia-induced vascular endothelial growth factor-A expression and contributes to angiogenesis and tumor growth in vivo // *Cancer Res.* – 2007. – 67. – P. 6700 – 6707.
7. Fels D.R., Koumenis C. The PERK/eIF2a/ATF4 module of the UPR in hypoxia resistance and tumor growth // *Cancer Biol. Ther.* – 2006. – 5, N 7. – P. 723 – 728.
8. Hollien J., Lin J.H., Li H., Stevens N., Walter P., Weissman J.S. Regulated Ire1-dependent decay of messenger RNAs in mammalian cells // *J. Cell. Biol.* – 2009. – 186, N 3. – P. 323 – 331.
9. Johnson A. B., Denko N., Barton M. C. Hypoxia induces a novel signature of chromatin modifications and global repression of transcription // *Mutat. Res.* – 2008. – Vol. 640. – P. 174 – 179.
10. Korennykh A., Egea P., Korostelev A., Finer-Moore J., Zhang C., Shokat K., Stroud R., Walter P. The unfolded protein response signals through high-order assembly of Ire1 // *Nature.* – 2009. – 457, N 7230. – P. 687 – 693.

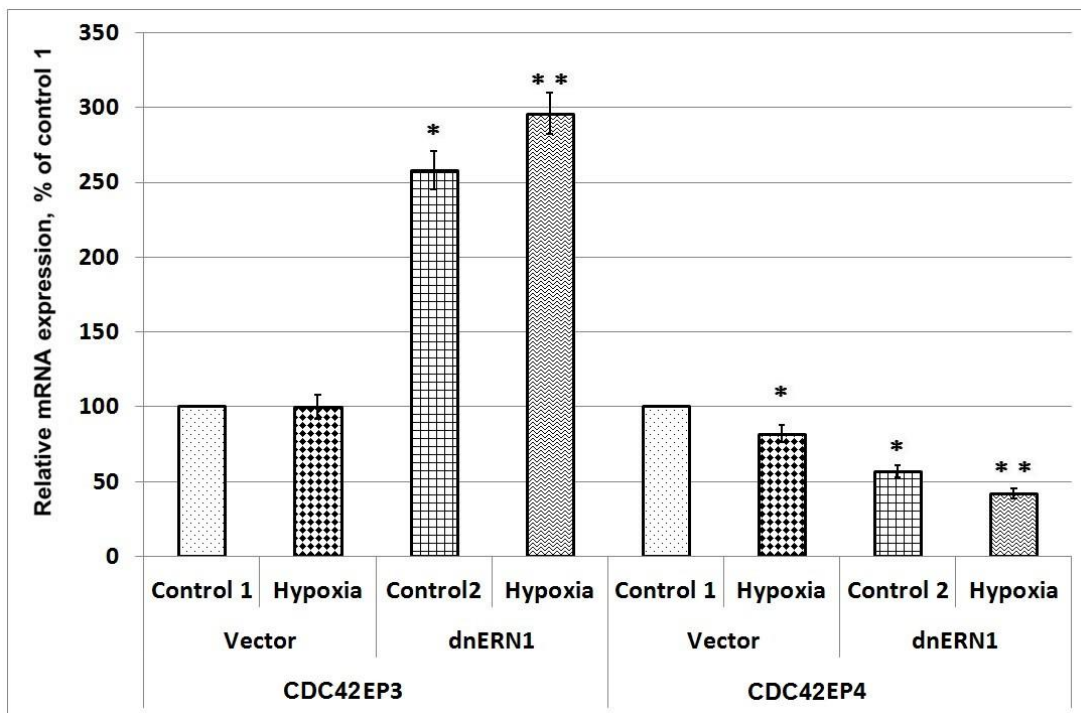


Fig. 3. Effect of hypoxia on the expression level of CDC42EP3 and CDC42EP4 in U87 glioma cells, transfected with vector pcDNA3.1 (Control) and cells, stable transfected with dominant/negative constructs of ERN1 signaling enzyme (dnERN1) into vector pcDNA3.1, measured by quantitative real-time PCR. The level of these mRNA expressions was normalized to the expression of beta-actin. The changes in the expression of CDC42EP3 and CDC42EP4 mRNA in cells, transfected with dnERN1, were compared with control (100 %); n = 4; * – P < 0,05 as compared to control 1, ** – P < 0,05 as compared with control 2.

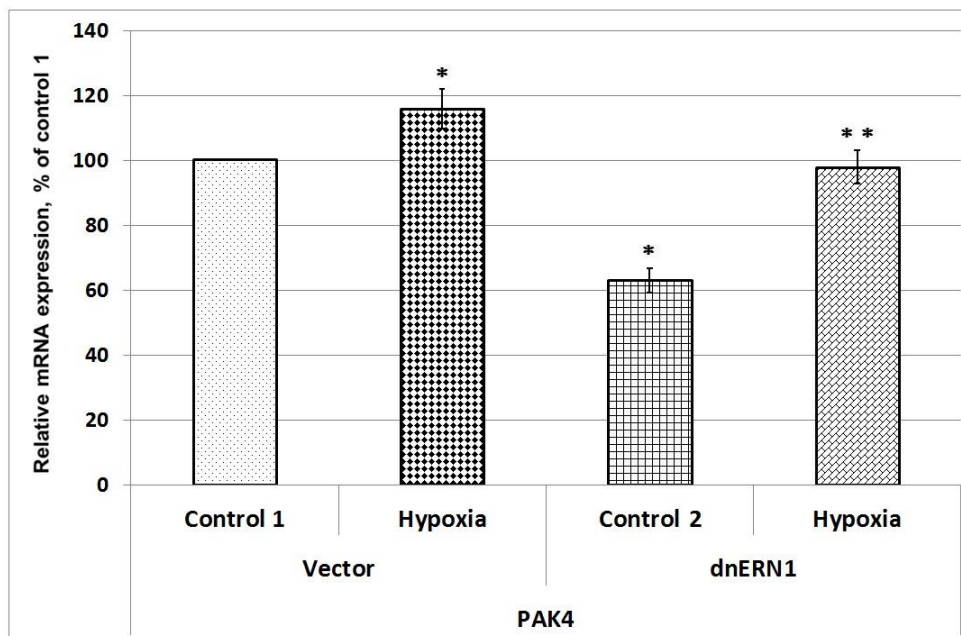


Fig. 4. Effect of hypoxia on the expression level of p21-activating kinase 4 (PAK4) in U87 glioma cells, transfected with vector pcDNA3.1 (Control) and cells, stable transfected with dominant/negative constructs of ERN1 signaling enzyme (dnERN1) into vector pcDNA3.1, measured by quantitative real-time PCR. The level of these mRNA expressions was normalized to the expression of beta-actin. The changes in the expression of PAK4 mRNA in cells, transfected with dnERN1, were compared with control (100 %); n = 4; * – P < 0,05 as compared to control 1, ** – P < 0,05 as compared with control 2.

11. Lee J., Sun C., Zhou Y., Gokalp D., Herrema H., Park S.W., Davis R.J., Ozcan U. // p38 MAPK-mediated regulation of Xbp1s is crucial for glucose homeostasis // *Nature Medicine*. – 2011. – 17, N 10. – P. 1251 – 1260.
12. Lin Z.Y., Chuang W.L. Genes responsible for the characteristics of primary cultured invasive phenotype hepatocellular carcinoma cells // *Biomed. Pharmacother.* – 2012. – Vol. 66 (6). – P. 454-458.
13. Minchenko D.O., Karbovskiy L.L., Danilovskiy S. V., Moenner M., Minchenko O.H. Effect of hypoxia and glutamine or glucose deprivation on the expression of retinoblastoma and retinoblastoma-related genes in ERN1 knockdown glioma U87 cell line // *Am. J. Mol. Biol.* – 2012. – 2, N 1. – P. 21-31.
14. Minchenko D.O., Kubajchuk K.I., Ratushna O. O., Komisarenko S.V., Minchenko O.H. The effect of hypoxia and ischemic condition on the expression of VEGF genes in glioma U87 cells is dependent from ERN1 knockdown // *Adv. Biol. Chem.* – 2012. – 2, N 2. – P. 198 – 206.
15. Moenner M., Pluquet O., Bouche-careilh M., Chevet E. Integrated endoplasmic reticulum stress responses in cancer // *Cancer Res.* – 2007. – 67, N 22. – P. 10631 – 10634.
16. Park S.W., Zhou Y., Lee J., Lu A., Sun C., Chung J., Ueki K., Ozcan U. The regulatory subunits of PI3K, p85alpha and p85beta, interact with XBP-1 and increase its nuclear translocation // *Nature Medicine*. – 2010. – 16, N 4. – P. 429 – 437.
17. Reymond N., Im J., Garg R., Vega F., Borda d'Agua B., Riou P., Cox S., Valderrama F., Muschel R., Ridley A. Cdc42 promotes transendothelial migration of cancer cells through beta1 integrin // *J. Cell Biol.* – 2012. – 199, N 4. P. 653-668.
18. Romero-Ramirez L., Cao H., Nelson D., Hammond E., Lee A.H., Yoshida H., Mori K., Glimcher L.H., Denko N.C., Giaccia A.J., Le Q.-T., Koong A.C. XBP1 is essential for survival under hypoxic conditions and is required for tumor growth // *Cancer Res.* – 2004. – 64, N 17. – P. 5943 – 5947.
19. Wang Z., Zhang X., Yang Z., Du H., Wu Z., Gong J., Yan J., Zheng Q. MiR-145 regulates PAK4 via the MAPK pathway and exhibits an antitumor effect in human colon cells // *Biochem. Biophys. Res. Commun.* – 2012. – 427, N 3. – P. 444-449.
20. Xue Y., Bi F., Zhang X., Zhang S., Pan Y., Liu N., Shi Y., Yao X., Zheng Y., Fan D. Role of Rac1 and Cdc42 in hypoxia induced p53 and von Hippel-Lindau suppression and HIF1alpha activation // *Int. J. Cancer.* – 2006. – 118, N 12. – P. 2965-2972.
21. Zhang H., Li Z., Viklund E.K., Stromblad S. P21-activated kinase 4 interacts with integrin alpha v beta 5 and regulates alpha v beta 5-mediated cell migration // *J. Cell Biol.* – 2002. – 158, N 7. – P. 1287-1297.
22. Zhang J., Wang J., Guo Q., Wang Y., Zhou Y., Peng H., Cheng M., Zhao D., Li F. LCH-7749944, a novel and potent p21-activated kinase 4 inhibitor, suppresses proliferation and invasion in human gastric cancer cells // *Cancer Lett.* – 2012. – 317, N 1. – P. 24-32.
23. Zhang K., Kaufman R.J. The unfolded protein re-sponse: a stress signaling pathway critical for health and disease // *J. Biol. Chem.* – 2004. 279, N 25. – P. 25935 – 25938.
24. Zhou Y., Lee J., Reno C., Sun C., Park S., Chung J., Lee J., Fisher S., White M., Biddinger S., Ozcan U. Regulation of glucose homeostasis through a XBP-1-FoxO1 interaction // *Nature Medicine*. – 2011. – 17, N 3. – P. 356 – 365.
25. Zhu X., Li Y., Shen H., Li H., Long L., Hui L., Xu W. miR-137 inhibits the proliferation of lung cancer cells by targeting Cdc42 and Cdk6 // *FEBS Lett.* – 2013. – 587, N 1. – P. 73-81.

ЕКСПРЕСІЯ CDC20, CDC42 ТА CDC42-ЕФЕКТОРНИХ ГЕНІВ У КЛІТИНАХ ГЛІОМИ ЛІНІЇ U87 З ПРИГНІЧЕНОЮ ФУНКЦІЄЮ СИГНАЛЬНОГО ЕНЗИМУ ERN1: ВПЛИВ ГІПОКСІЇ

**Д. О. Мінченко, Д. О. Компанієць, І. В. Кривдюк, Т. В. Бакалець, Б. М. Терлецький,
Ю. Д. Залесна, О. В. Губеня, Л. Л. Карбовський, О. Г. Мінченко**

Реакція на не згорнуті протеїни являє собою комплекс складних внутрішньоклітинних подій, що опосередковуються переважно сигнальним ферментом ERN1 (від ендоплазматичного ретикулуму до ядра), виражено активується у клітинах злоякісних пухлин, зокрема через гіпоксію, і є необхідною для активації процесів неоваскуляризації та проліферації. Велика кількість протеїнів, що контролюють клітинний цикл, в тому числі цикліни та залежні від них кінази і їх інгібітори, є компонентами системи стресу ендоплазматичного ретикулуму і приймають участь у контролі клітинного циклу та процесів проліферації. Ми вивчали експресію генів, що задіяні в регуляції клітинного циклу і процесів проліферації у клітинах гліоми лінії U87 та її сублінії без ERN1 за умов гіпоксії. Встановлено, що блокада ERN1 приводить до зниження експресії мРНК CDC20 та ефекторів CDC42 (CDC42EP4 і PAK4), але при цьому збільшується рівень експресії мРНК CDC42EP2, CDC42EP3 і CDC42SE1. Разом з тим, рівень експресії мРНК CDC42 істотно не змінюється у клітинах гліоми з виключеною функцією ERN1. Більше того, нами показано, що гіпоксія не впливає на експресію мРНК як CDC42, так і ефекторів CDC42 (CDC42SE1 та CDC42EP3), але збільшує PAK4 та CDC42EP2 і знижує CDC20 у клітинах з функціональним ERN1 (контрольні клітини гліоми). Разом з тим, гіпоксична регуляція експресії генів CDC42 та деяких ефекторів CDC42 суттєво залежала від функції сигнального ферменту ERN1, оскільки його блокада призводила до збільшення експресії генів CDC42 та зниження CDC42EP2 за гіпоксії. Таким чином, результати дослідження свідчать про те, що рівень експресії більшості досліджених генів, які кодують CDC42 та його ефектори залежить від функції сигнального ферменту ERN1 і можливо приймає участь у адаптивній реакції клітин на стрес ендоплазматичного ретикулуму, асоційованого з гіпоксією.

Ключові слова: експресія мРНК, CDC20, CDC42, CDC42EP2, CDC42EP3, CDC42EP4, PAK4, виключення функції ERN1, клітини гліоми, гіпоксія.

Одержано редколегією 05.02.2013

ВПЛИВ АЛІМЕНТАРНИХ РЕТИНОЇДІВ НА РІСТ КАРЦИНОМИ ЛЬЮЇС У МИШЕЙ

І.О. ШМАРАКОВ, В.А. ДИМАШОК, Г.П. КОПИЛЬЧУК, М.М. МАРЧЕНКО

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

Ретиноїди (метаболіти й аналоги вітаміну А) – есенціальні сполуки, залучені в регуляцію процесів проліферації, диференціації, апоптозу та використовуються як багатообіцяючі речовини у лікуванні багатьох пухлин. Результати застосування ретиноїдів та їх попередників як протипухлинних засобів не завжди позитивні і досить часто свідчать про підвищення частоти виникнення пухлин та зростання летальності. З огляду на це, особливо застереження та обґрунтування потребує застосування фармакологічних доз вітаміну А з метою попередження та корекції росту злоякісних новоутворень. На моделі карциноми Льюїс показано, що введення у раціон фармакологічних доз вітаміну А викликає гальмування росту первинної пухлини за розмірами та за масою, що складає 10 % і 27 % при аліментарному надходженні 300 і 3000 міжнародних одиниць відповідно, проте супроводжується зниженням тривалості життя та збільшенням частоти метастазування тварин-носіїв карциноми. Рівень виживання мишей в період активного росту пухлини складав 80 % при введенні 300 МО та лише 40 % при застосуванні 3000 МО. Подібна концентраційна залежність спостерігалась у показниках частоти метастазування, рівень якої в період активного росту пухлини досягав 50 і 100 %, в той час як у групі тварин з фізіологічними дозами вітаміну А складав лише 33 %. Результати проведених досліджень показали, що аліментарне застосування фармакологічних доз вітаміну А з метою корекції росту карциноми Льюїс не володіє протипухлинною активністю і здатне посилювати онкогенез.

Ключові слова: ретиноїди, карцинома Льюїс, пухлинна кахексія.

Вступ. Ретиноїди (метаболіти й аналоги вітаміну А) – есенціальні сполуки, залучені в регуляцію ключових клітинних процесів проліферації, диференціації, апоптозу (Balmer & Blomhoff, 2002), та характеризуються різноманітною структурою, фармакологічним профілем, рецепторною афінністю, біологічною активністю та специфічною токсичністю (Lippman & Lotan, 2000). Здатність ретиноїдів індукувати диференціацію клітин та їх проапоптична активність дозволили розглядати цей клас сполук, як потенційні природні хіміотерапевтичні засоби (Dragnev et al., 2000, Lippman & Lotan, 2000). Численні експерименти, проведені з використанням тваринних моделей, клітинних культур, а також епідеміологічні дані та клінічні випробування забезпечили суттєве підґрунтя щодо використання ретиноїдів у попередженні і терапії раку (Bartolini et al., 2004; Dragnev et al., 2000; Chen et al., 2000; McCue et al., 1998). Додатковий взаємозв'язок між рівнем вітаміну А та частотою виникнення неоплазій виявлений на основі епідеміологічних даних, які показують обернену залежність між рівнем вітаміну А та частотою виникнення визначених злоякісних новоутворень (Dragnev et al., 2000). Додаткової впевненості у застосуванні хіміотерапевтичного підходу з використанням ретиноїдів додають результати успішної клінічної корекції ретиноїдами передракових уражень, таких як оральна лейкоплакія, дисплазія шийки

матки і пігментна ксеродерма (Dragnev et al., 2000). Клінічні випробування показують, що ретиноїди здатні перешкоджати повторній появі первинних пухлин, зокрема 13-цис-ретиноева кислота знижує частоту виникнення первинних пухлин травного тракту у хворих після резекції пухлин голови і шиї. Повторна поява первинних пухлин легенів зменшується при застосуванні ретиніл пальмітату при лікуванні хворих після резекції раку легенів I-ої стадії. Ациклічний ретиноїд, поліпреноєва кислота, інгібує появу вторинних гепатоцелюлярних карцином після резекції або абляції первинного раку печінки (Dragnev et al., 2000). Однак позитивні результати, досягнуті при застосуванні ретиноїдів в корекції передракових станів та в інгібуванні промієлоцитарної лейкемії, експериментально не вдалося відтворити щодо інших злоякісних новоутворень. Крім того у випадках злоякісних новоутворень легенів та печінки застосування ретиноїдів та їх попередників як протипухлинних засобів призводило до підвищення частоти виникнення пухлин та зростання летальності (Leo & Lieber, 1999; Omenn et al., 1996). З огляду на це, особливо застереження та обґрунтування потребує застосування фармакологічних доз вітаміну А з метою попередження та корекції росту злоякісних новоутворень. Мета роботи – встановити вплив аліментарних ретиноїдів на процеси росту карциноми Льюїс.

Матеріали та методи. Дослідження проводили на мишах лінії C57 BL6/J віком 3 місяці. Всі тварини впродовж експерименту одержували напівсинтетичний раціон, збалансований за всіма нутрієнтами (Reeves et al., 1993). Вода і їжа були доступні *ad libitum*, рівень споживання яких фіксувався двічі на добу. Як модель злоякісного новоутворення використовували карциному Льюїс (штам пухлини люб'язно наданий Інститутом експериментальної патології, онкології та радіобіології ім. Р.С. Кавецького НАН України), трансплантацію якої здійснювали шляхом внутрішньом'язевого введення 0,2 мл 10 % суспензії клітин у фізіологічному розчині ($3 \cdot 10^6$ кл/мл). Починаючи з 5 доби після інокуляції пухлинних клітин, тварини були розділені на групи, які отримували щоденно інтрагастрально *per os* фізіологічну (30 МО) і фармакологічні (300 МО та 3000 МО) дози вітаміну А у вигляді ретиніл ацетату. Щоденно проводився моніторинг морфологічних параметрів дослідних тварин (маса тіла, розмір основного пухлинного вузла). Евтаназію тварин проводили на 18 добу після перещеплення карциноми Льюїс (період активного росту пухлини та початок гематогенного метастазування у легені) під легким ефірним наркозом та згідно міжнародних принципів Європейської конвенції «Про захист хребетних тварин, які використовуються для експериментів та інших наукових цілей» (Страсбург, 1998) та норм біомедичної етики, відповідно до Закону України «Про захист від жорстокого поводження» (Київ, 2006). За добу до проведення евтаназії у тварин збирали сечу для визначення рівня екскреції азоту сечовини, розраховували азотний баланс та виражали як різницю спожитого та виведеного азоту.

Для досліджень використовували кров, печінку, легені та первинну пухлину. Частоту метастазування пухлини розраховували у відсотках (по відношенню числа тварин з метастазами до загальної кількості тварин у групі). Сироватку отримували шляхом центрифугування зразків крові при 1500 g протягом 15 хв. Визначення рівня сечовини, глюкози, триацилгліцеролів проводили з використанням стандартних наборів НПП «Фелісіт-діагностика» (Дніпропетровськ). Визначення рівня кетонових тіл проводили колориметрично за методом Натальсона (Горячківський, 2005). Статистичну обробку результатів проводили з використанням *t*-критерію Стьюдента. Різниці вважалися достовірними при $P < 0,05$.

Результати та обговорення. Результати проведених досліджень показали, що аліментарне застосування фізіологічних доз вітаміну А (30 МО) не впливало на процеси росту карциноми Льюїс

у мишей. Водночас введення у раціон фармакологічних доз вітаміну А викликало гальмування росту первинної пухлини (як за розмірами, так і за масою), яке складало 10 % і 27 % при аліментарному надходженні 300 і 3000 міжнародних одиниць відповідно (Рис. 1 А, Б).

In vitro хіміопротективна активність ретиноїдів щодо пухлинних клітин пов'язана передусім з тригеруванням арешту клітинного циклу в G_1 періоді з наступною супресією клітинного росту та зниженням експресії білків-циклінів G_1 періоду (Zhang et al., 2001). Вказаний ретиноїд-індукований арешт в G_1 періоді відбувається посттрансляційно, а репресія ретиноїдами експресії циклінів блокується інгібіторами протеасомного протеолізу, що свідчить про активацію механізмів, залежних від протеасоми, при попередженні клітинної трансформації ретиноїдами. Молекулярною мішенню негативної модуляції клітинного циклу слід також розглядати продукт гена *p21*, експресія якого знаходиться під контролем ретиноїдів внаслідок присутності у промоторі респонсивних елементів ретиноевих кислот (Tanaka et al., 2007). Біологічний зміст такої затримки у G_1 періоді, сигналізованої обробкою ретиноїдами, полягає передусім у репарації мутагенних пошкоджень геномної ДНК канцерогенами або повній елімінації трансформованої клітини (Dragnev et al., 2000).

Водночас дослідження *in vivo* нашоухуються на проблему створення локальної ефективної концентрації ретиноїдів у мікрооточенні пухлинних клітин. Результати наших досліджень показують, що хоча зі зростанням аліментарно введеної дози ретиноїдів знижуються темпи росту первинної пухлини, проте повного інгібування пухлинного росту не відбувається (Рис. 1 А). Позитивна на перший погляд динаміка щодо протипухлинної активності аліментарно застосованих ретиноїдів виявляється несуттєвою з огляду на зниження тривалості життя та збільшення частоти метастазування тварин-носіїв карциноми. Рівень виживання мишей в період активного росту пухлини складав 80 % при введенні 300 МО та лише 40 % при застосуванні 3000 МО (Рис. 1 В). Отримані результати узгоджуються з описаними у науковій літературі фактами, коли вітамін А та його метаболічні форми використовуються як багатообіцяючі речовини у лікуванні багатьох пухлин, але дози необхідні для успішного лікування зазвичай токсичні і призводять до розвитку «синдрому гіпервітамінозу А» (Patatanian & Thompson, 2008). Крім того у пухлиноносіїв часто розвивається резистентність до цих терапевтичних засобів (Frankel et al., 1992.).

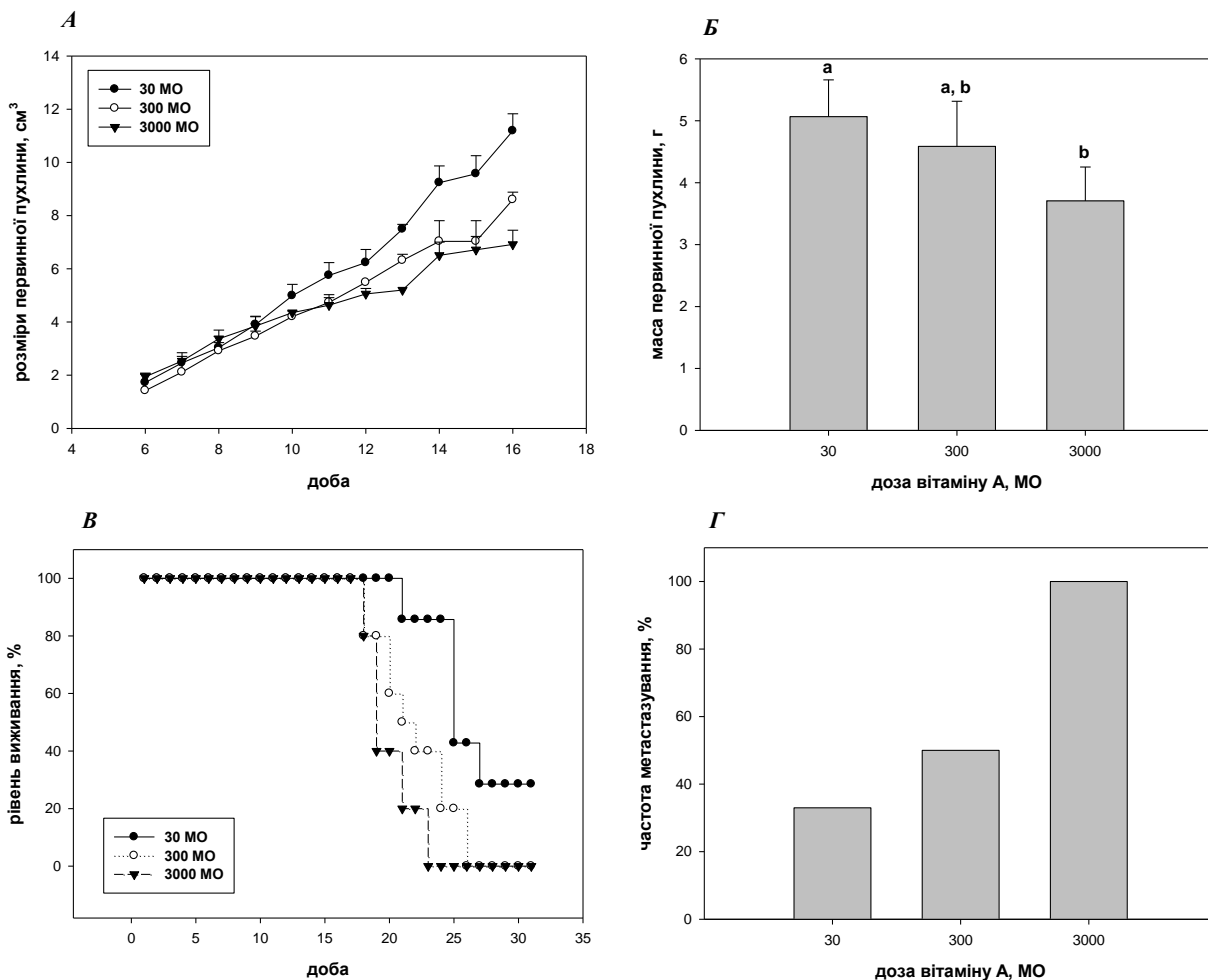


Рис.1. Морфологічні показники росту карциноми Льюїс при аліментарному застосуванні ретиноїдів. Примітка: А – розміри первинної пухлини (см³) у різні експериментальні періоди; Б – маса первинної пухлини (г) на 18 добу експерименту; В – рівень виживання (%) дослідних тварин; Г – частота метастазування (%) у легені на 18 добу експерименту; величини, позначені різними літерними індексами (a, b) статистично відрізняються, $P < 0,05$.

Fig. 1. Morphological indicators of Lewis carcinoma growth under alimentary retinoids usage. Note: A – primary tumor size (cm³) at different experimental periods, B – primary tumor mass (g) on day 18 of the experiment, C – survival rate (days) of experimental animals, D – frequency metastasis (%) in lung at day 18 of the experiment; values with different indices (a, b) statistically different, $P < 0,05$.

Подібна концентраційна залежність спостерігалась у показниках частоти метастазування, рівень якої в період активного росту пухлини досягав 50 і 100 %, в той час як у групі тварин з фізіологічними дозами вітаміну А складав лише 33 % (Рис 1 Г.). Очевидно, що в організмі пухлиноносія при застосуванні фармакологічних доз вітаміну А посилювався онкогенез карциноми. Проте з огляду на показники гальмування росту первинної пухлини, виявлене посилення було зумовлено не стільки посиленням агресивності пухлинних клітин, скільки послабленням протипухлинного захисту організму пухлиноносія. Метаболічні шляхи організму повинні були спрямовуватися не лише на подолання енергетичної недостатності, викликаной ростом пухлини та розвитком кахексії (Donohoe et al., 2011), але й дола-

ти наслідки токсичності надвисоких доз вітаміну А (Patatanian & Thompson, 2008). Підтвердженням висловленого можна розглядати посилення пухлинної кахексії при щоденному введенні 3000 МО вітаміну А в організм з карциномою Льюїс. У тварин вказаної групи фіксувалось статистично достовірне зниження рівня глюкози сироватки крові, гіпертриацилгліцеролемія та посилення негативного азотного балансу (Рис. 2). Пухлинні клітини активно споживають азот і глюкозу, що внаслідок обмеженості запасів глюкози в організмі зумовлює активізацію процесів, спрямованих на вивільнення доступних енергетичних субстратів. Підвищення утилізації глюкози на фоні інсулінорезистентності та зниженої толерантності до глюкози призводить до посилення ліполізу та виснаження жирових депо (Tisdale, 2002).

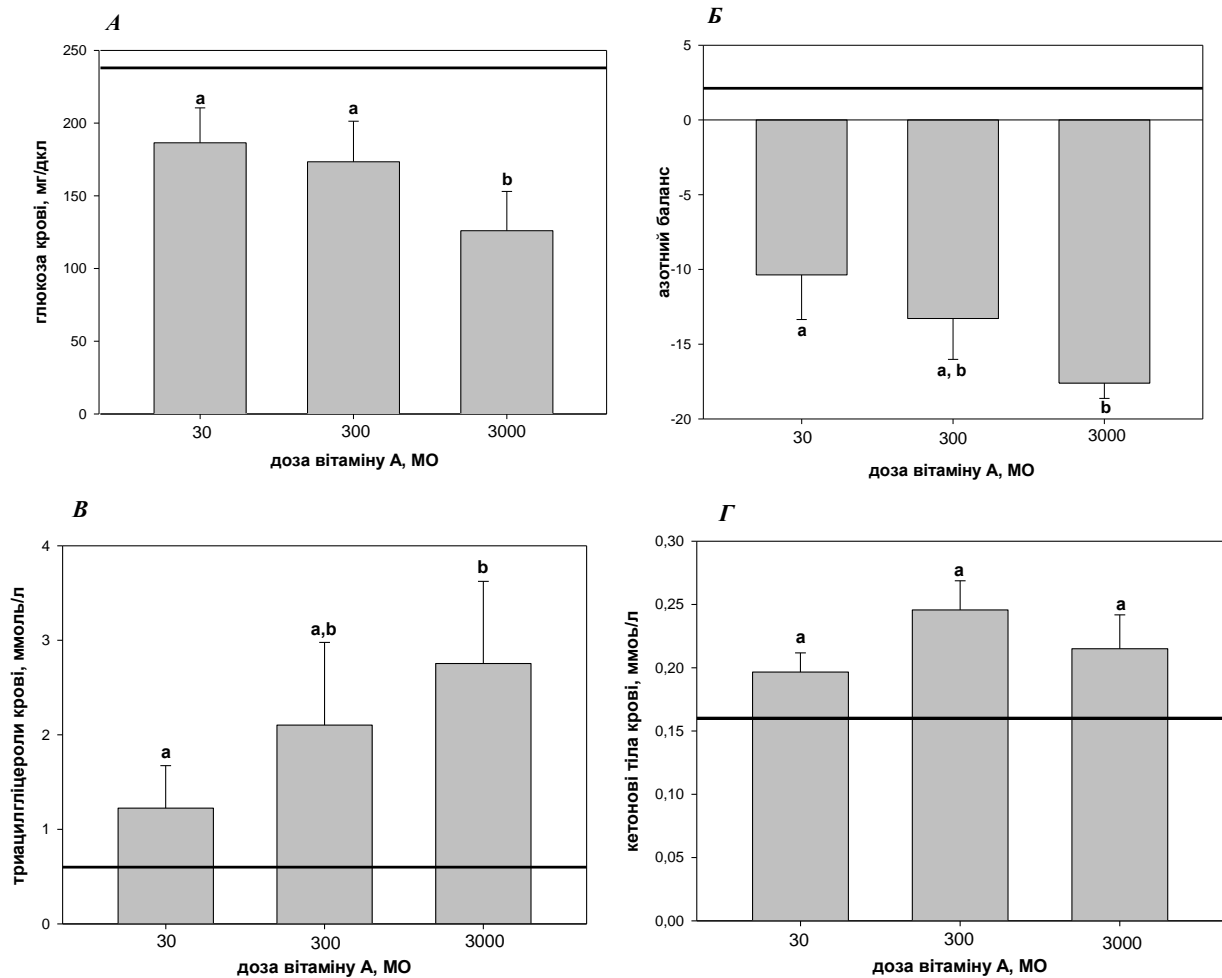


Рис.2. Біохімічні параметри пухлинної кахексії у тварин з карциномою Льюїс при аліментарному застосуванні ретиноїдів

Примітка: А – рівень глюкози у сироватці крові (мг/дкл); Б – азотний баланс, визначений як різниця спожитого та виведеного азоту; В – рівень триацилгліцеролів у сироватці крові (ммоль/л); Г – рівень кетонових тіл у сироватці крові (ммоль/л); величини, позначені різними літерними індексами статистично відрізняються, $P < 0,05$.

Fig. 2. Biochemical parameters of tumor cachexia in animals with Lewis carcinoma under alimentary retinoids usage.

Note: A – blood glucose level (mg/dl), B – nitrogen balance, defined as the difference between consumed and derived nitrogen; C – serum triglyceride level (mmol/l); D – serum ketone bodies level (mmol/l); values with different indices (a, b) statistically different, $P < 0,05$

Отже, результати проведених досліджень показали, що аліментарне застосування фармакологічних доз вітаміну А з метою корекції росту карциноми Льюїс не володіє протипухлинною активністю і здатне посилювати онкогенез.

Список літератури:

1. Горячковський О.М. Клінічна біохімія в лабораторній діагностиці: Довідковий посібник. – Одеса: Екологія, 2005. – 616 с.
2. Omenn G.S., Goodman G.E., Thornquist M.D. Risk factors for lung cancer and for intervention effects in CARET, the Beta-Carotene and Retinol Efficacy Trial // *J. Natl. Cancer Inst.* – 1996. – Vol. 88, N 21. – P. 1550 – 1559.
3. Balmer J. E. and R. Blomhoff Gene expression regulation by retinoic acid // *J. Lipid Res.* – 2002. – Vol. 43. – P. 1773 – 1808.
4. Dragnev K. H., Rigas J. R., Dmitrovsky E. The

Retinoids and Cancer Prevention Mechanisms // *The Oncologist.* – 2000. – Vol. 5. – P. 361 – 368.

5. Reeves P., Nielsen F., Fahey G. J. AIN-93 Purified Diets for Laboratory Rodents: Final Report of the American Institute of Nutrition Ad Hoc Writing Committee on the Reformulation of the AIN-76A Rodent Diet // *J. Nutr.* – 1993. – Vol. 123. – P. 1939 – 1951.
6. Lippman S., Lotan R. Advances in the Development of Retinoids as Chemopreventive Agents // *J. Nutr.* 2000 – Vol. 130. – P. 479S – 482S.
7. McCue P. A., Thomas R. S., Schroeder D., Gubler M. L., Sherman M. I. Effects of Dietary Retinoids upon Growth and Differentiation of Tumors Derived from Several Murine Embryonal Carcinoma Cell Lines // *Cancer Res.* – 1988. – Vol. 48. – P. 3772 – 3779.
8. Frankel S. R., Eardley A., Lauwers G., Weiss M., Warrell R. P. The retinoic acid syndrome in acute

- promyelocytic leukemia // *Ann. Intern. Med.* – 1992. – Vol. 117. – P. 292 – 296.
9. Bartolini G., Ammar K., Mantovani B., Scanabissi F., Ferreri A. M., Rocchi P., Orlandi M. Retinoids and Cancer: Antitumor Effect of ATRA and of a New Derivative of Retinoic Acid, IIF, on Colon Carcinoma Cell Lines CaCo-2 and HT-29 // *Anticancer Res.* – 2004. – Vol. 24. – P. 1779 – 1784.
 10. Zhang D., Vuocolo S., Masciullo V., Sava T., Giordano A., Soprano D., Soprano K. Cell cycle genes as targets of retinoid induced ovarian tumor cell growth suppression // *Oncogene.* – 2001. – Vol. 20. – P. 7935 – 7944.
 11. Moreno-Sanchez R., Rodriguez-Enriquez S., Marin-Hernandez A., Saavedra E. Energy metabolism in tumor cells // *FEBS J.* – 2007. – Vol. 274. – P. 1393 – 1418.
 12. Leo M. A., Lieber C. S. Alcohol, vitamin A, and β -carotene: adverse interactions, including hepatotoxicity and carcinogenicity // *Am. J. Clin. Nutr.* – 1999. – Vol. 69. – P. 1071 – 1085.
 13. Tanaka T., Suh K., Lo A. M., De Luca L. M. p21^{WAF1/CIP1} Is a Common Transcriptional Target of Retinoid Receptors // *J. Biol. Chem.* – 2007. – Vol. 282. – № 41. – P. 29987 – 29997.
 14. Patatanian E., Thompson D. Retinoic acid syndrome: a review // *J. Clin. Pharm. Therap.* – 2008. – Vol. 33. – P. 331 – 338.
 15. Chen Y., Wu Q., Chen Zh., Chen F., Su W. Effects of all-trans retinoic acid on growth of xenograft tumor and its metastasis in nude mice // *Chinese Med. J.* – 2000. – Vol. 115, № 4. – P. 345 – 349.
 16. Donohoe C. L., Ryan A.M., Reynolds J. V. Cancer Cachexia: Mechanisms and Clinical Implications // *Gastroenterology Res. Pract.* – 2011. – Vol. 11. – P. 1 – 13.
 17. Tisdale M. J. Biology of Cachexia // *Nat. Rev. Cancer.* – 2002. – Vol. 2. – P. 862 – 871.

NUTRITIONAL RETINOID INFLUENCE ON LEWIS LUNG CARCINOMA GROWTH IN MICE

I. O. Shmarakov, V. A. Dymashok, G. P. Kopylchuk, M. M. Marchenko

Retinoids (vitamin A metabolites and analogues) - essential compounds involved in the regulation of proliferation, differentiation, apoptosis and are used as promising agents in the treatment of many tumors. The results of retinoid and their precursors use as anticancer compounds are not always positive and often show an increase in the tumor incidence and mortality. For this reason, special precautions and rationale are required the use of pharmacological doses of vitamin A for the prevention and correction of malignant tumors growth. Using the model of Lewis carcinoma it is shown that dietary pharmacological doses of vitamin A causes inhibition of size and mass of the primary tumor, accounting for 10% and 27% under alimentary administration of 300 IU and 3000 respectively, but cause a decrease in the survival rate and increased metastasis incidence in the animals. Survival rates of mice during active tumor growth was 80% when administered 300 IU, and only 40% with 3000 IU. This concentration dependence was observed in terms of the frequency of metastasis rate, which in the period of active growth of the tumor reached 50 and 100%, while in the group of animals with physiological doses of vitamin A is only 33%. The studies showed that the alimentary use of pharmacological doses of vitamin A in order to correct the growth of carcinoma Lewis does not have antitumor activity and can enhance oncogenesis.

Key words: retinoids, Lewis carcinoma, tumor cachexia.

Одержано редколлегією 25.03.2013

ФРАКЦІЙНИЙ СКЛАД ФЕНОЛІВ ТКАНИН ЩУРІВ ДВОХ ПОКОЛІНЬ ДО РАЦІОНУ ЯКИХ ДОДАВАЛИ НАТИВНУ ТА ГМ СОЮ

О. П. ДОЛАЙЧУК, Р. С. ФЕДУРУК, М. І. ХРАБКО

Інститут біології тварин НААН, м. Львів, вул. В. Стуса, 38, 79034

e-mail: Dolaychuk@gmail.com

У статті наведені результати досліджень вмісту вільних фенолів, а також фенолів, зв'язаних з сірчаною і глюкуроною кислотами, у тканинах печінки та нирок щурів, яким згодовували сою традиційного і трансгенного сортів. Дослідження проведені на тваринах двох поколінь, із заміною 30% корму за вмістом білка на термічно оброблені боби сої. Отримані дані свідчать, що у тканинах самок батьківського покоління, вміст фенолглюкуронідів та фенолсульфатів вірогідно вищий порівняно до контролю, тоді як концентрація вільних фенолів не змінювалася. За більш тривалого впливу компонентів сої на самок і самців першого покоління, окрім вищого рівня кон'югованих фенолів, збільшувалася концентрація вільних фенолів.

Ключові слова: фракційний склад фенолів, соя, ГМО

Вступ. У результаті значного прогресу у біотехнології, в останні роки все більше сільськогосподарських культур і сировини, отриманої з генетично модифікованих організмів, увійшли до складу кормів та продуктів харчування. Однак темпи розвитку генної інженерії значно перевищують швидкість розроблення та впровадження заходів безпеки щодо використання ГМО. Соя належить до найпоширеніших трансгенних рослин і відіграє важливу роль у годівлі моногастричних і жуйних тварин, не менш важливою є її роль й у харчуванні людини. Тоді як використання трансгенів є потенційно небезпечним як для навколишнього середовища та його біорізноманіття, так і для здоров'я живих організмів. До тваринного організму щодня з кормами надходить велика кількість чужорідної ДНК різного походження, яка при цьому становить менше 0,02 % від загальної сухої маси спожитого корму. З цієї кількості, у випадку наявності генетичної модифікації, лише 0,0004 % є рекомбінованим [6, 21]. Потрапляючи у шлунково-кишковий тракт, під дією кислотного гідролізу та ферментативного травлення (в основному під дією ДНКаз слинних та підшлункової залоз) дезоксирибонуклеїнові кислоти розщеплюються на невеликі фрагменти чи окремі нуклеотиди [16]. Після розщеплення на структурні одиниці чужорідна ДНК не становить загрози для цілого організму. З іншої сторони, модифікація структури гену призводить до синтезу одного чи декількох нових білків, які у свою чергу можуть бути алергічними, чи навіть токсичними [19]. Наявні дані літератури свідчать як про негативний [3, 9, 11, 14, 18] та позитивний [2, 6] впливи кормів, до складу яких входять ГМ рослини на організм ссавців, так і їх відсутність [8, 13]. Отже, не зважаючи на тривале використання ГМО як корму, його вплив на організм

ссавців є неоднозначним і недостатньо вивченим, що вказує на необхідність подальших досліджень з цього напрямку. Актуальними є дослідження, що проведені у динаміці поколінь, так як це дає змогу оцінити вплив експериментальних раціонів на стан уже сформованих життєво важливих функцій організму та при їх становленні у процесі онтогенезу. Тому метою нашої роботи було вивчити вплив згодовування нативної та ГМ сої на стан детоксикаційної функції організму щурів батьківського та першого поколінь.

Об'єкт і методи. Дослідження проведені у віварії Інституту біології тварин НААН на 3-ох групах білих щурів батьківського (F0) та першого (F1) поколінь. Групи батьківського покоління формували із самок віком 3 місяці та масою тіла 130–140 г, по 12 тварин у кожній. У дослідний період щурі отримували стандартний раціон із згодовуванням гранульованого комбікорму, що не містив ГМО впродовж всього періоду дослідження, із заміною 30 % за його поживністю насінням натурального соняшника (I група – контроль), натуральної сої сорту Чернівецька 9 (II група, дослідна) та трансгенної сої сорту GTS 40-3-2, стійкої до гербіциду гліфосату (III група, дослідна). Перед згодовуванням соя проходила термічну обробку при температурі 140 °С, протягом 2 год., для знешкодження антипоживних речовин і зниження уреазної активності. Раціони і питна вода для всіх груп відповідали вимогам норм годівлі та прийнятним стандартам. Через 40 днів після початку дослідження самки всіх груп були спаровані і утримувалися в тих же умовах протягом вагітності та вигодовування приплоду. Самців і самок першого покоління формували у групи по 4 тварини у кожній після відлучення (у віці 2-ох місяців). Декапітацію самок батьківського покоління здійснювали на останньому періоді вагіт-

ності (20–22 доба), а щурів першого покоління — у віці 4-ох місяців. Евтаназію проводили під легким ефірним наркозом, без порушень норм гуманного поводження з лабораторними тваринами, з урахуванням загальноприйнятих біоетичних норм і дотримання міжнародних положень стосовно проведення експериментальних робіт [10]. Для досліджень відбирали тканини печінки та нирок, в яких визначали вміст фракцій фенолів [4]. Цифрові дані опрацьовані статистично з використанням *t* критерію Стьюдента та комп'ютерної програми *Excel*.

Результати та їх обговорення. Фізіологічні механізми детоксикаційних можливостей організму, які забезпечують знешкодження і виведення токсичних речовин, оцінювали за вмістом і співвідношенням вільних і зв'язаних фенолів. Аналіз даних таблиці 1 вказує на відсутність вірогідних змін у концентрації вільних фенолів у досліджених тканинах внутрішніх органів самок щурів F0 обох дослідних груп порівняно з контролем. Однак, їх концентрація у тканинах тварин дослідних груп, яким згодовували сою нативного і трансгенного сортів, виявляла тенденцію до вищого рівня порівняно до цього показника у тварин I групи. Це, очевидно, пояснюється вмістом у сої окремих біологічно активних речовин фенольної природи. Зокрема, у соєвих бобах нативного і трансгенного сортів високий вміст фітоестрогенів, які залишаються активними і після термічної обробки [1, 5, 20]. У кишечнику ізофлавононідаються гідролізу і подальшому метаболізму, в результаті чого утворюються сполуки з естрогенною активністю: формонетин, дейдзеїн, геністеїн, біоканін-А та ін. Біохімічним аналізом доведено, що вказані фітоестрогени за структурою та молекулярною масою подібні до ендогенних естрогенів тварин. Фенольні сполуки завдяки наявності гідроксильних груп, зв'язаних безпосередньо з ароматичним ядром, або поліциклічною ароматичною системою, можуть активно впливати на фізіологічні процеси або проявляти токсичну дію [1].

У тканинах тварин дослідних груп вміст вільних фенолів залишався на фізіологічному рівні і практично не відрізнявся від цього показника контрольної групи, завдяки утворенню парних сполук з сірчаною та глюкуроною кислотами, що підтверджується їх вищою концентрацією у печінці та нирках щурів, яким згодовували сою обох сортів (табл. 1). Зокрема, вміст фенолів, зв'язаних з сірчаною кислотою у тканинах печінки зростав на 7,3 ($p > 0,05$) та 17,6 % ($p < 0,01$) відповідно для щурів, яким згодовували боби нативної та трансгенної сої порівняно до контролю. Така ж тенденція спостерігалася і при дослідженні вмісту фенолів, зв'язаних з сірчаною ки-

слотою в тканинах нирок. Зокрема, їх концентрація була вищою на 17,9 % ($p < 0,01$) порівняно до контролю у тварин III групи та спостерігалася тенденція до їх вищого вмісту для щурів II групи.

Більш виражених змін у тканинах щурів обох дослідних груп зазнавав рівень фенолів, зв'язаних з глюкуроною кислотою. Так, у печінці їх концентрація зростала на 11,4 та 15,2 % ($p < 0,01$) відповідно для щурів яким згодовували боби натуральної та ГМ сої порівняно до контролю. Дослідженнями вмісту фенолглюкуронідів у тканинах нирок вірогідні зміни були зафіксовані лише для тварин, яким згодовували трансгенну сою — їх кількість зростала і була вищою на 20,6 % порівняно з цим показником у тварин I групи. Тоді як для щурів II групи, до раціону яких додавали боби нативної сої, спостерігалася лише тенденція до їх вищого рівня.

Табл. 1.

Вміст різних фракцій фенолів у тканинах самок щурів батьківського покоління за умов згодовування традиційної та трансгенної сої ($M \pm m, n=4$)

Tab. 1.

The content of various fractions of phenols in the tissues of female rats of parental generation feeding conditions for traditional and transgenic soybean ($M \pm m, n = 4$)

Вміст фенолів, мкмоль/л	Тканина	Група тварин		
		I	II	III
вільних	печінки	53,0±1,8	52,5±0,8	54,4±2,4
	нирок	42,5±1,0	48,7±0,5	52,3±1,7
зв'язаних з сірчаною кислотою	печінки	76,6±1,1	82,2±1,2	90,1±1,4**
	нирок	65,6±1,3	66,4±0,4	77,4±1,1**
зв'язаних з глюкуроною кислотою	печінки	142,3±2,3	158,5±2,3**	163,9±3,9**
	нирок	133,3±1,1	148,1±3,6	160,7±2,8***

Примітка: у цій та наступних таблицях різниця статистично вірогідна порівняно з першою групою * – $p < 0,05$; ** – $p < 0,01$; *** – $p < 0,001$

Обмін речовин, фізіологічні та біохімічні процеси у плода та новонародженому організмі суттєво відрізняються від таких у період завершення росту. Оскільки, у період раннього онтогенезу відбувається розвиток життєво важливих органів і становлення основних функцій, організм є особливо чутливим до зовнішніх впливів. Це, поряд із тривалішим впливом згодовування експериментальних раціонів, сприяло більш вираженим змінам концентрації вільних фенолів у тканинах самців та самок першого покоління порівняно з батьківським (табл. 2 та 3).

Дослідження фракційного складу фенолів печінки та нирок самок щурів (покоління F1) показало, що згодовування тваринам, як нативної так і трансгенної сої стимулює підвищення в органах концентрації вільних фенолів, фенолсульфатів і

фенолглюкуронідів (табл. 2). Слід відзначити, що підвищення концентрації вільних фенолів у тканинах печінки та нирок тварин III групи на 12,8 та 7,5 % відповідно, а також тенденція до їх вищого рівня у тканинах тварин II групи порівняно до контролю, не виходило за фізіологічні межі, і, швидше за все, пов'язане із введенням до раціону білка сої, що містить велику кількість сполук фенольної природи.

Так як токсичні вільні феноли, які утворюються в живому організмі, нейтралізуються шляхом утворення парних сполук з сірчаною та глюкуроною кислотами і виводяться з організму, збільшення вмісту фенолсульфатів і фенолглюкуронідів вказує на високу активність детоксикаційних процесів у тварин дослідних груп. Зокрема, у тканинах печінки тварин, яким згодували нативну та ГМ сою, вміст фенолів, зв'язаних з сірчаною кислотою вірогідно зростав на 20,9 та 29,7 % відповідно, порівняно до контролю. Їх вміст у тканинах нирок тварин III групи зростав на 20,0 %, та мав тенденцію до вищого вмісту для тварин II групи на 12,8 % порівняно до цього показника у щурів контрольної групи. Концентрація фенолглюкуронідів у печінці тварин II та III груп зростала відповідно на 8,1 та 21,4 % стосовно контролю, проте вірогідними ($p < 0,001$) ці зміни були лише для самок щурів, яким згодували ГМ сою. Тоді як у тканинах нирок вірогідно підвищувався вміст фенолів, зв'язаних з глюкуроною кислотою у тварин II групи, проте менш вираженим був цей вплив на щурів, до раціону яких входила соя трансгенного сорту.

Табл. 2.

Фракційний склад фенолів тканин самок щурів першого покоління за умов згодовування нативної та трансгенної сої ($M \pm m, n=4$)

Таб. 2.

Fractional composition phenols tissues of female rats first generation feeding conditions for native and transgenic soybean ($M \pm m, n = 4$)

Вміст фенолів, мкмоль/л	Тканина	Група тварин		
		I	II	III
вільних	печінки	69,3±2,3	71,2±1,0	78,3±1,4**
	нирок	63,2±1,0	67,4±3,1	68,0±1,3*
зв'язаних з сірчаною кислотою	печінки	72,0±2,6	87,1±3,0*	93,4±2,9**
	нирок	69,9±2,5	78,9±2,3	83,9±1,6**
зв'язаних з глюкуроною кислотою	печінки	187,7±2,8	203,0±5,1	227,8±3,6***
	нирок	170,6±5,1	181,9±3,2*	184,6±5,5

Фракційний склад фенолів у тканинах самок першого покоління суттєво не відрізнялося від такого у самок, проте він характеризується своїми особливостями, які можуть бути пов'язані із відмінними механізмами впливу на їх організм речовин, що володіють естрогенною активністю.

Аналіз даних таблиці 3 свідчить, що додавання до раціону самців бобів з нативної та трансгенної сої вірогідно підвищує концентрацію всіх досліджуваних фракцій фенолів. Зокрема, згодовування сої нативного та ГМ сортів підвищувало концентрацію вільних фенолів у тканинах печінки тварин обох груп (на 0,9 і 12,1 %) та нирок (на 10,1 і 11,1 %). Підвищення концентрації вільних фенолів свідчить про негативний вплив сої обох сортів на організм самців щурів та напруженість їх детоксикаційної системи. Однак, суттєво зростав вміст і зв'язаних фенолів як у печінці, так і в нирках тварин дослідних груп порівняно з контролем, що вказує на активний перебіг процесів їх кон'югації. Зокрема, рівень фенолсульфатів у печінці тварин II групи був на 33, а III групи на 41 % ($p < 0,01$) вищим порівняно з цим показником у щурів контрольної групи. Вищим був їх рівень й у тканинах нирок тварин, яким згодували сою нативного (41,9 %, $p < 0,01$) та трансгенного (47,2 %, $p < 0,001$) сортів, порівняно до контролю. Щодо фенолів, зв'язаних з глюкуроною кислотою, то їх вміст був вірогідно вищим у досліджуваних тканинах самок щурів дослідних груп, стосовно їх рівня у нирках і печінці тварин, до раціону яких не входила соя. Так, концентрація фенолглюкуронідів у печінці самок II та III груп перевищувала їх вміст у печінці щурів контрольної групи на 5,7 та 4,9 % відповідно. Тоді як у нирках тварин II та III груп рівень фенолів, зв'язаних з глюкуроною кислотою перевищував цей показник у контрольній групі на 8,9 та 7,2 % відповідно.

Табл. 3.

Фракційний склад фенолів печінки та нирок самців щурів першого покоління за згодовування нативної та трансгенної сої ($M \pm m, n=4$)

Таб. 3.

Fractional composition phenols liver and kidneys first generation male rats feeding on native and transgenic soybean ($M \pm m, n = 4$)

Вміст фенолів, мкмоль/л	Тканина	Група тварин		
		I	II	III
вільних	печінки	68,1±1,2	68,7±1,1	76,3±1,1**
	нирок	61,2±3,8	67,4±1,0*	68,0±1,3*
зв'язаних з сірчаною кислотою	печінки	73,5±4,0	97,7±2,9**	103,3±2,9**
	нирок	57,4±1,7	81,5±2,7**	84,5±2,4***
зв'язаних з глюкуроною кислотою	печінки	181,4±1,9	191,8±2,3*	190,4±2,0*
	нирок	161,6±1,9	176,0±1,9**	173,3±2,3*

Висновки. Згодовування шурам трансгенного та нативного сортів сої викликає вірогідні зміни вмісту досліджуваних фракцій фенолів у тканинах печінки та нирок порівняно з контролем. Щодо вільних фенолів, то їх концентрація була вірогідно вищою у самок і самців щурів першого

покоління, яким згодовували сою трансгенного і нативного сортів, порівняно до цього показника у тварин контрольної групи. В той же час, у самок-матерів вміст вільних фенолів був практично на одному рівні у тканинах щурів всіх груп. Це, очевидно, пов'язано із тривалим впливом біологічно активних компонентів сої на організм тварин першого покоління починаючи з пренатального періоду і впродовж перших 4-ох місяців життя. Підвищений вміст фенолглюкуронідів і фенолсульфатів у тканинах печінки та нирок щурів обох поколінь за згодовування сої нативного та трансгенного сортів, порівняно до контролю, вказує на активний перебіг процесу детоксикаційних процесів в організмі тварин дослідних груп і свідчить про наявність у їх організмі налагоджених механізмів знешкодження вільних фенолів, оскільки вони проявляють найбільш токсичну дію.

Список літератури

1. Малик О. Г., Коцюмбас І. Я. Фітоестрогени. — Львів: Добра справа, 2005. — 140 с.
2. Маннапов А. Г., Забал А. М., Ларионова О. С., Лебедев В. Г. Влияние пыльцы трансгенной груши на пчел // Пчеловодство. — 2011. — №5. — С. 20–22.
3. Медико-биологические исследования трансгенного картофеля, устойчивого к колорадскому жуку // Отчет Института питания РАМН. — М.: Институт питания РАМН, 1998. — 63 с.
4. Палфій Ф.Ю., Малик О.Г., Несвячена О.Т. и др. К методике определения фенолов в материале животного происхождения // Докл. ВАСХНИЛ. — 1974. — №7. — С.21–23.
5. Тутельян В. А. Кравченко Л. В., Лашнева Н. В. Медико-биологическая оценка безопасности белкового концентрата, полученного из генетически модифицированной сои // Вопросы питания — 1999. — № 5–6. — С. 9–12.
6. Beever, D. E., Kemp, C. F. Safety issues associated with the DNA in animal feed derived from genetically modified crops. A review of Scientific and regulatory procedures // Nutr. Abstracts and Reviews, Series B: Livestock Feeds and Feeding. — 2000. — Vol. 70. — P. 175–182.
7. Brake J., Vlachos D. Evaluation of transgenic event 176 «Bt» corn in broiler chickens // Poult. Sci. — 1998. — Vol. 77. — P. 648–653.
8. Denise G. Thaler B. R. Evenson D. P. Evaluation of Bt (*Bacillus thuringiensis*) Corn on Mouse Testicular Development by Dual Parameter Flow Cytometry // J. Agric. Food Chem. — 2004. — Vol. 52. — P. 2097–2102.
9. Ermakova I. Influence of genetically modified soya on the birth-weight and survival of rat pups // Proceedings «Epigenetics, Transgenic Plants and Risk Assessment». — 2006. — P. 41–48.
10. European convention for the protection of vertebrate animals used for experim. and other scientific purposes // Coun. of Europe, Strasbourg, 1986. — 53 p.
11. Ewen W. B., Pusztai A. J. Effect of diets containing genetically modified potatoes expressing *Galanthus nivalis* lectin on rat small intestine // The Lancet. — 1999. — Vol. 354. — P. 1353–1354.
12. Hashimoto W., Momma K., Yoon H. J. et al. Safety assessment of transgenic potatoes with soybean glycinin by feeding studies in rats // Biosci Biotechnol Biochem. — 1999. — Vol. 63. — P. 1942–1946.
13. Kilic A., Akay M. T. A three generation study with genetically modified Bt corn in rats: Biochemical and histopathological investigation // Food and Chemical Toxicology. — 2008. — Vol. 46. — P. 1164–1170.
14. Malatesta M., Biggiogera M., Manuali E. et al. Fine structural analyses of pancreatic acinar cell nuclei from mice fed on GM soybean // Eur. J. Histochem. — 2003. — Vol. 47. — P. 385–388.
15. Malatesta M., Caporalony C., Gavaudan S. et al. Ultrastructural, morphometrical and immunocytochemical analysis of hepatocyte nuclei from mice fed on genetically modified soybean // Cell Struct. Funct. — 2002. — Vol. 27. — P. 173–180.
16. McAllan A. B. The fate of nucleic acids in ruminants // Prac. Nutr. Soc. — 1982. — Vol. 41. — P. 309–317.
17. Prescott V. et al. Transgenic Expression of Bean α -Amylase Inhibitor in Peas Results in Altered Structure and Immunogenicity // Journal of Agricultural Food Chemistry. — 2005. — Vol. 53, №23. — P. 9023–9030.
18. Pusztai A. Bardocz G. G., Alonso R. et al. Expression of the insecticidal bean α -amylase inhibitor transgene has minimal detrimental effect on the nutritional value of peas fed to rats at 30 % of the diet // J. Nutr. — 1999. — Vol. 129, № 8. — P. 1597–1603.
19. Taylor S. L. Food from genetically modified organisms and potential for food allergy // Environmental toxicology and pharmacology. — 1997. Vol. 4. — P. 121–126.
20. Teshima R., Akiyama H., Okunuki H. et al., Effect of GM and non-GM soybeans on the immune system of BN rats and B10A mice // Journal of the Food Hygienic Society of Japan. — 2000. — Vol. 41, № 3. — P. 188–193.
21. Watson J. C., Thompson W. F. Purification and restriction endonuclease analysis of plant nuclear DNA // Methods in Enzymology. — 1985. Vol. 118. — P. 57–75.

FRACTIONAL COMPOSITION OF PHENOLS IN TISSUES OF TWO-GENERATIONS OF RATS FED DIET WITH ADDED CONVENTIONAL AND GM SOYBEAN

Dolaychuk O. P., Fedoruk R. S., Khrabko M. I.

In the article presents the results of studies the content of free phenols and phenols associated with sulfuric and glucuronic acids in the tissues of liver and kidney of rats fed with diet containing conventional and transgenic soybeans. Research conducted on animals a two-generations under conditions the replacement of 30% feed protein on thermally processed soybeans. These data suggest that in the tissues of females rats of parental generation, concentration of phenyl glucuronide and phenyl sylphate significantly higher compared to controls, whereas the concentration of free phenols did not change. With more prolonged exposure to components of soybeans on females and males of the first generation, near with higher concentration of conjugated phenols, increased concentration of free phenols in their tissues.

Keywords: fractional composition of phenols, soy, GMO

АНАЛІЗ РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ *ACONITUM EULOPHUM RCHB.* НА ВМІСТ СПОЛУК ФЕНОЛЬНОЇ ПРИРОДИ

Л. М. ЧЕБАН, І. В. МАЛІЩУК

Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича,
Україна, 58012, м. Чернівці, вул. Коцюбинського, 2
e-mail: larisa.cheban@mail.ru

Досліджено рослинну сировину *A. eulophum* на вміст фенольних сполук як джерела для отримання фітокомплексів із антиоксидантними властивостями. Вивчено екстрагуючі властивості 80% спирту по відношенню до сполук фенольної природи *A. eulophum*. Досліджено кількісний та якісний вміст флавоноїдів, гідроксикоричних кислот, глікозидів флавоноїдів, дубильних речовин у смолі з різних органів *A. eulophum* спектрофотометричними методами за відповідних довжин хвиль. При УФ-аналізі етанольних екстрактів рослинної сировини *A. eulophum* встановлено кілька максимумів поглинання, що свідчать на користь сполук фенольної природи, зокрема їх глікозильованих форм. Встановлено, що максимальним вмістом у листках даної рослинної сировини характеризуються глікозильовані флавоноїди (5,2%), що є типовим для більшості представників роду *Aconitum* L., мінімальним – гідроксикоричні кислоти, присутність яких встановлена в межах 1–2 %. Вміст інших сполук фенольної природи коливається в межах 2–4 %. Підібрані умови проведення тонкошарової хроматографії флавоноїдів. Опробовані в якості рухомої фази при ТШХ 11 систем розчинників, що відрізнялися за якісним та кількісним складом. Оптимальною рухомою фазою для їх розділення визначено н-бутанол : ацетат : вода (4 : 1 : 2). Для ідентифікації сполук використано 4 % етанольний розчин H_2SO_4 . Встановлено присутність у рослинній сировині *A. eulophum* трьох компонентів спектру флавоноїдів з відповідним R_f 0.46, 0.62, 0.82, що відповідають рутину, монозиду ізокверцетину та кверцетину.

Ключові слова: *A. eulophum* Rchb., фенольні сполуки, флавоноїди, поліфеноли, гідроксикоричні кислоти, спектральний аналіз, тонкошарова хроматографія.

Вступ. Основними фармакологічно активними речовинами рослинної сировини представників роду *Aconitum* L. є алкалоїди (Антипова и др., 2004). Однак, у виявленні біологічної активності комплексних рослинних екстрактів суттєва роль також належить фенольним сполукам, зокрема поліфенолам, які проявляють антиоксидантну, протизапальну, капіляррозміцнюючу та антиметастатичну активності (Mariani, 2008). У рослинній сировині представників роду *Aconitum* L. встановлено наявність флавоноїдів та флавонол глікозидів, зокрема кверцетину 3-О-глюкопіранозид-7-О-β-D-глюкопіранозил (1→3) – α-L-рамнопіранозиду, кверцетину 3-О-β-D-глюкопіранозид-7-О-β-D-глюкопіранозил (1→3) – α-L-рамнопіранозиду, які ідентифіковані для *A. burnatii*, кемпферолу 3-О-((β-D-глюкопіранозил-1→3)-4-О-α-L-рамнопіранозиду, кловіну, робініну, які ізольовані з рослинного матеріалу *A. anthora*, а також кверцетин-3-О-глюкопіранозил (1→2) глюкопіранозил – 7-О-α-рамнопіранозиду, кемпферолу, кверцетину рослин *A. napellus*, *A. vulparia*, *A. naviculare* (Gajalakshmi, 2011). Не дивлячись на різноманітність та багатофункціональність поліфенольних сполук вищезгаданих видів, їх компонентний склад та механізм дії все ще залишаються не до кінця вивченими. Це пов'язано з різноманітністю їх окислених форм, складним вмістом компонентів рослинних екстрактів, а та-

кож із наявністю великої кількості природних продуцентів цих сполук (Курулькин и др., 2007). Так, до останніх можна також віднести маловивчені карпатські та волино-подільські види, такі як *A. eulophum* Rchb., *A. besseranum* Andrzej., *A. moldavicum* Hacq.

Aconitum eulophum Rchb. – ендемічний волино-подільський вид I категорії, що у Червоній книзі України наводиться як вразливий з категорією рідкості «VU» (Дідух, 2009). Локальні популяції *A. eulophum* нечисленні, представлені окремими особинами. Вид на сьогодні залишається практично невивченим на предмет наявності біологічно активних речовин. Тому метою даної роботи є біохімічне вивчення якісних і кількісних показників сполук фенольної природи рослинної сировини *A. eulophum*

Матеріали та методи. Рослинний матеріал для дослідження наданий співробітниками природного заповідника «Медобори», за що висловлюємо їм подяку. Місце збору розташоване в околицях села Вікно Гусятинського району Тернопільської області. Відповідно до вимог Державної Фармакопеї України, зібрану сировину висушували, упаковували у паперові пакети і зберігали у сухому прохолодному місці (ДФУ, 2011). Рослинний матеріал *A. eulophum* подрібнювали до часток розміром 2 - 5 мм, екстрагували органічними розчинниками у декілька етапів при ви-

сокій температурі, об'єднували та фільтрували. Після фільтрації залишок у колбі і на фільтрі багатократно промивали органічним розчинником (Ботиров и др., 2006, Бреусова и др., 2008). Об'єднаний кінцевий продукт екстракції безпосередньо використовували для дослідження в УФ-області та встановлення кількості флавоноїдів, глікозидів флавоноїдів, гідроксикоричних кислот, дубильних речовин. Ідентифікацію органічних сполук здійснювали на основі електронних спектрів поглинання в інтервалі 200-400 нм (Антипова и др., 2004). Кількісний вміст різних класів фенольних сполук визначали спектрофотометрично за відповідних довжин хвиль. Як стандарт для визначення гідроксикоричних кислот використовували хлорогенову кислоту виробництва фірми Aldrich Chem. Co. (Швеція). Вміст флавоноїдів та їх глікозидів визначали в реакції комплексоутворення спектрофотометрично при 430/415 нм на СФ-46. Як стандарт використовували кверцетин та 3-О-рамнозид мірицетину (Лобанова и др., 2004).

Якісний склад суми флавоноїдів аналізували методом ТШХ на папері та у тонкому шарі сорбенту на пластинках «Silufol – UV – 254» (Чехія) в системах розчинників, тип та співвідношення яких підбирали емпірично, відповідно до вимог Державної Фармакопеї та за типовими рекомендаціями у літературі (Антипова и др., 2004, ДФУ, 2011). Сполуки на хроматограмах ідентифікували 2 % розчином $AlCl_3$, 4 % спиртовим розчином H_2SO_4 та в УФ-світлі (Лобанова и др., 2004). Встановлювали величини R_f кожного компоненту спектру.

Статистичну обробку отриманих результатів проводили за допомогою програмного забезпечення *Microsoft Excel*. Відмінності результатів, що обговорюються в роботі, вірогідні при рівні значимості $P \leq 0,05$ за критерієм Ст'юдента. Кількісні визначення проводились у 5-кратній повторюваності. На рисунках представлені типові хроматограми.

Результати та обговорення. Відомо, що рослинна сировина представників роду *Aconitum L.* містить різні класи фенольних сполук (Gajalakshmi, 2011). Однак, повнота їх вилучення в першу чергу залежить від підбору оптимальних параметрів екстракції. Правильний вибір методу пробопідготовки досліджуваних зразків є одним із ключових моментів при кількісному і якісному аналізі складних багатокомпонентних систем. Найчастіше в якості екстрагента для вилучення флавоноїдів використовують 80 % етанол. Для отримання екстрактів рослинної сировини *A. eulophum* нами застосований такий же розчинник із співвідношенням рослинна сировина: екстрагент 1 : 5. При УФ-аналізі етанольних екстрактів

рослинної сировини *A. eulophum* встановлено кілька максимумів поглинання, які свідчать на користь сполук фенольної природи (Рис.1).

При цьому спостерігається гіпохромний зсув на 10-15 нм, що є наслідком появи вуглеводневого замісника у 3' - 5' положеннях у молекулі флавоноїду. Наявні максимуми поглинання в областях 195 - 230 та 240 - 360 нм, дають можливість припустити присутність рамно- та глюкопіранозидів кемпферолу, кверцетину, флавонолу, які характерні і для інших представників роду *Aconitum L.* (Gajalakshmi, 2011). Поява спектральної активності у межах 290 – 330 нм підтверджує присутність гідроксикоричних кислот у всій досліджуваній сировині. Для детальної оцінки досліджуваної сировини були застосовані методи кількісного аналізу (Таб. 1).

Табл. 1.

Кількісний вміст сполук фенольної природи *A. eulophum*

Табл. 1.

The quantitative content of phenolic nature compounds of *A. eulophum*

Загальний вміст, %	листки	стебла	корені	оцвітина
флавоноїди	3,70±0,07	1,42±0,013	2,22±0,03	1,53±0,12
глікозильовані флавоноїди	5,24±0,04	3,95±0,07	3,75±0,06	2,36±0,02
гідроксикоричні кислоти	1,84±0,13	1,15±0,016	1,70±0,09	0,85±0,01
дубильні речовини	1,66±0,02	1,40±0,01	0,65±0,02	0,96±0,02

Так, із усіх проаналізованих сполук максимальний вміст у листках *A. eulophum* встановлено для глікозильованих флавоноїдів (5,2 %), який є типовим для більшості представників роду *Aconitum L.* (1-5 %) (Luis, 2006; Mariani, 2008). Відомо, що антиоксидантна активність сполук фенольної природи зростає при переході від глікозидів флавоноїдів до агліконів. Крім того фенольні сполуки, що містять у своєму складі вуглеводний залишок, володіють вищою спорідненістю до біологічних тест-об'єктів (Rice-Evons, 2006; Kumar, 2012). У мінімальній кількості у рослинній сировині знаходяться гідроксикоричні кислоти, присутність яких встановлено в межах 1-2 %. Гідроксикоричні кислоти із-за наявності у складі хімічної структури –ОН груп проявляють антиоксидантні властивості та займають центральне положення у біосинтезі всіх фенольних сполук у клітинах вищих рослин, являючись попередниками халконів, катехинів, флавонів та антоціанів. Вміст інших сполук фенольної природи коливається в межах 2-4 %. В усіх інших органах зберігається дана закономірність.

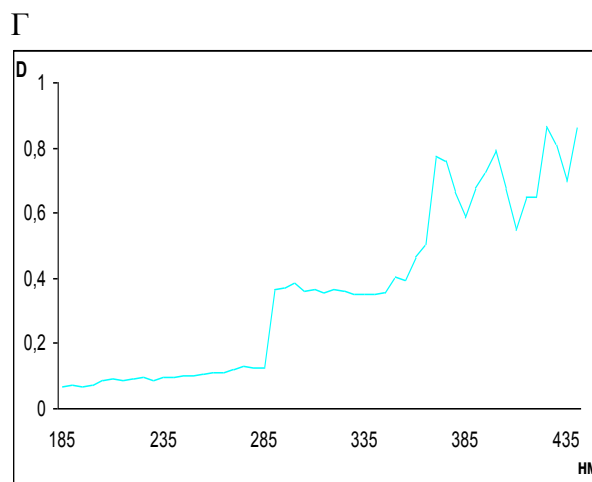
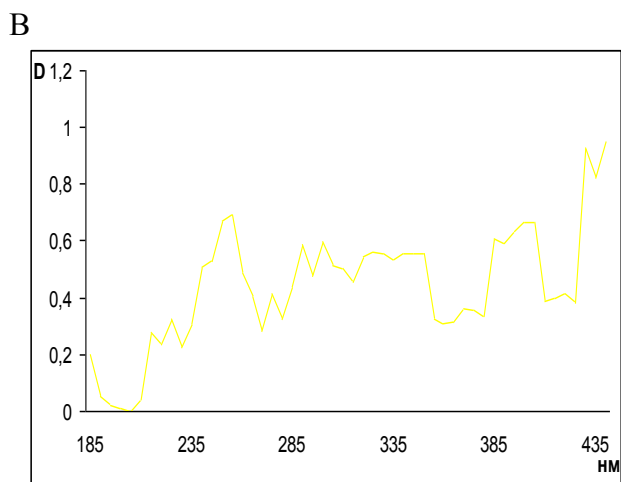
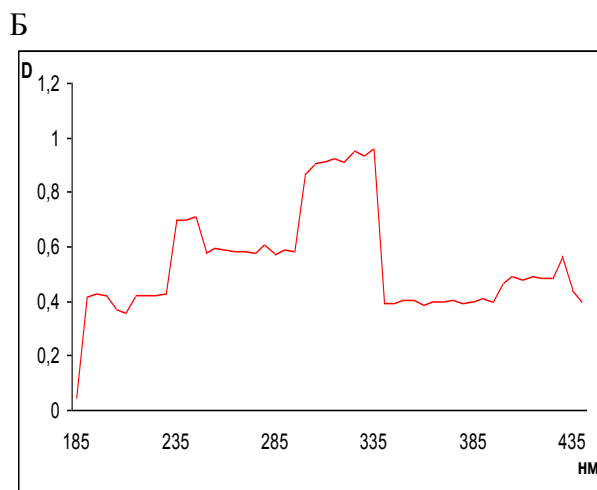
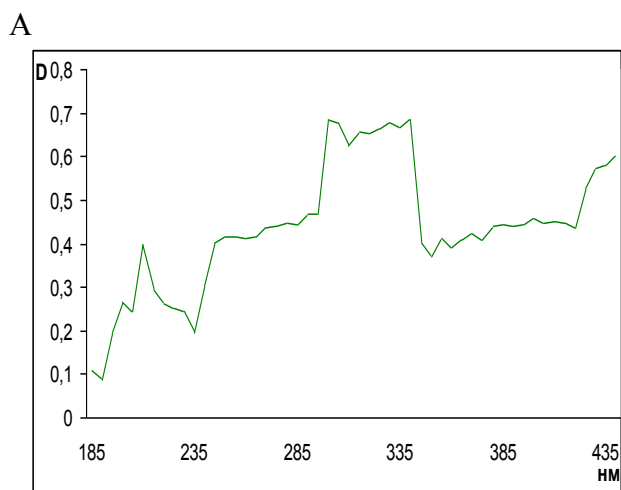


Рис.1. УФ-спектри екстрактів рослинної сировини *A. eulophum*.

Fig. 1. UV-spectr of the plant material extracts *A. eulophum*.

Примітка: А – листки; Б – стебла; В – корені; Г – оцвітина.

Note: A – leaves ; B – stalks; C – roots; D – perianth.

Отже, враховуючи відносно високий рівень накопичення різних класів флавоноїдів у листках *A. eulophum*, їх можна розглядати як джерело для отримання фітокомплексів з антиоксидантними властивостями. Оскільки нами показано наяв-

ність у рослинній сировині *A. eulophum* флавоноїдів, актуальною є розробка методу їх розділення. Нами були опробовані як рухому фазу при ТШХ 11 систем розчинників, що відрізнялися за якісним та кількісним складом (Таб. 2.).

Табл. 2. Системи розчинників для ТШХ та ідентифікації флавоноїдів *A. eulophum*.

Tab. 2. Solvent system for TLC and identification of flavonoids *A. eulophum*

Система	Забарвлення			результат ТШХ
	УФ - детекція	4 % H ₂ SO ₄	2 % AlCl ₃	
ацетат : вода (3 : 7)	жовто-зелене	рожеве	жовте	R _f 0.82
хлороформ : етанол (9:1)	-	-	-	-
хлороформ-етанол-вода (26 : 14 : 3)	-	-	-	-
хлороформ-етанол –аміак (25 %) (44 : 10 : 1)	-	-	-	-
хлороформ : етанол : ацетат (8 : 1 : 1)	-	-	-	-
хлороформ : бензол : етанол (3 : 9 : 1)	-	-	-	-
н-бутанол : ацетат : вода (5 : 4 : 2)	-	-	-	-
н-бутанол : ацетат : вода (4 : 1 : 5)	оранжеве	рожеве	-	R _f 0.46
н-бутанол : ацетат : етанол (4 : 1 : 2)	жовто-зелене	рожеве	жовте	R _f 0.46
		рожеве	-	R _f 0.62
	жовто-зелене	оранжеве	жовте	R _f 0.82
ацетон : аміак (25 %) (10 : 1)	-	-	-	-
бензол : метанол : хлороформ (5 : 1 : 4)	-	-	-	-

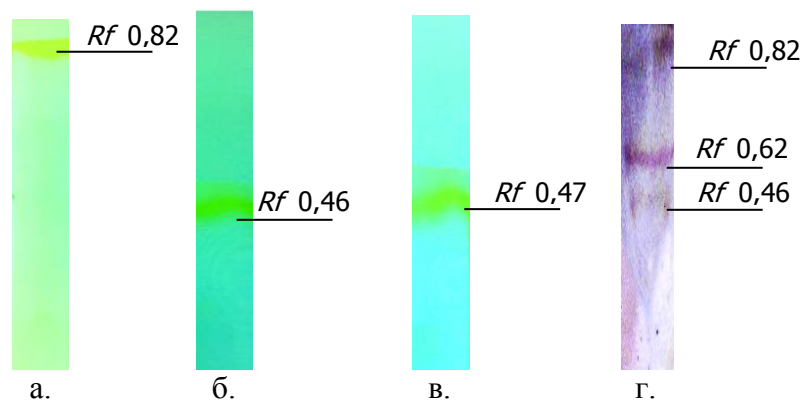


Рис. 2. Хроматограми флавоноїдів листків *A. eulophum*

Примітка: а. рухома фаза – ацетат : вода (8 : 2), проявник – 2 % $AlCl_3$ та УФ-спектр; б. рухома фаза – н-бутанол : ацетат : вода (4 : 1 : 5), проявник – 2 % $AlCl_3$ та УФ-спектр; в. рутин; рухома фаза – н-бутанол : ацетат : вода (4 : 1 : 2), проявник – 2 % $AlCl_3$ та УФ-спектр; г. рухома фаза – н-бутанол : ацетат : вода (4 : 1 : 2), проявник – 4 % етанольний розчин H_2SO_4 .

Fig. 2. Flavonoids leaves chromatogram *A. eulophum*.
Note: a. moving phase – acetate : water (8 : 2), the developer – 2 % $AlCl_3$ and UV-spectrum; б. moving phase – n-butanol : acetate : water (4 : 1 : 5), developer – 2 % $AlCl_3$ and UV- spectrum; в. rutin, moving phase – n-butanol : acetate : water (4 : 1 : 2), the developer – 2 % $AlCl_3$ and UV- spectrum; д. moving phase – n-butanol : acetate : water (4 : 1 : 2), the developer – 4 % ethanol solution of H_2SO_4 .

При проведенні ТШХ оптимального розділення вдалося досягти при використанні системи н-бутанол : ацетат : вода (4 : 1 : 2) (Рис. 2.). Так, на хроматограмах ідентифіковано три сполуки, що при обробці 4 % етанольним розчином H_2SO_4 забарвлюються у рожевий та оранжевий кольори. R_f досліджуваних сполук встановлено на рівні 0.46, 0.62 та 0.82 відповідно. Індивідуальні сполуки з R_f 0.46 та 0.82 за літературними даними відповідають рутину та кверцетину, що підтверджено експериментально зі стандартними розчинами (Ботиров и др., 2006)

На хроматограмах також вдається ідентифікувати третій компонент з R_f 0.62, що відповідає монозиду ізокверцетину, який утворюється при відщепленні від біозиду рутину залишку моносахариду рамнози, що спричинено екстракцією при високих температурах.

Отже, оптимального розділення флавоноїдів з рослинної сировини *A. eulophum* вдалося досягнути при використанні системи розчинників н-бутанол : ацетат : вода (4 : 1 : 2), в якості проявника – 4 % етанольний розчин H_2SO_4 .

Така схема проведення ТШХ дозволяє виділити та ідентифікувати три представники індивідуальних сполук флавоноїдів.

Отже, отримані результати дозволяють прогнозувати використання рослинної сировини *A. eulophum* як джерела флавоноїдів, зокрема їх глікозильованих форм.

Висновки. Встановлено вміст основних класів фенольних сполук на рівні, типовому для представників роду *Aconitum* L., і розроблені оптимальні умови проведення ТШХ (н-бутанол : ацетат : вода (4 : 1 : 2)) та ідентифікації (4 % ета-

нольний розчин H_2SO_4) флавоноїдів *A. eulophum*; ідентифіковано три індивідуальні сполуки з R_f 0.46, 0.62 та 0.82, що відповідають рутину, монозиду ізокверцетину, та кверцетину відповідно.

Список літератури

1. Антипова Е. А. Определение биологически активных веществ в *Alocasia macrorrhiza* / Е. А. Антипова, С. М. Юдина, Л. Е. Тимофеева и др. // Химия растительного сырья. – 2004. – № 3. – С. 103-107
2. Ботиров Э. Х. Химическое исследование флавоноидов лекарственных и пищевых растений / Э. Х. Ботиров, А. А. Дренин, А. В. Макарова // Химия растительного сырья. – 2006. – № 1. – С. 45-48
3. Державна фармакопея України. – 1-е вид. Доп. 4. – Х.: Державне підприємство «Український науковий фармацевтичний центр якості лікарських засобів». – 2011. – 538 с.
4. Курулькин Д. Ю. Природные флавоноиды / Д. Ю. Курулькин, Ж. А. Абилов, Р. А. Музычкина, Г. А. Толстикова; Рос. акад. наук. Сиб. отд., Новосибирск. ин-т органической химии. – Новосибирск: Академическое изд-во «Гео», 2007. – 232с.
5. Лобанова А. А. Исследование биологически активных флавоноидов в экстрактах из растительного сырья / А. А. Лобанова, В. В. Будаева, Г. В. Сакович // Химия растительного сырья. – 2004. – №1. – С. 47-52
6. Новіков А. В. Рід *Aconitum* L. в Українських Карпатах / А. В. Новіков, Ю. Н. Мітка // Біологічні Студії. – 2011. – Т. 5, № 2. – С. 153 – 172
7. Червона книга України. Рослинний світ / За ред. Я. П. Дідуха. – К.:Глобаконсалтинг, 2009. – 912с.
8. Gajalakshmi S. N. Phytochemical constituent of *Aconitum* species-a review / S. N. Gajalakshmi, P.

- O. Jeyanthi // International Journal of Applied Biology and Pharmaceutical Technology. – 2011. - № 2. – P. 121 - 127
9. Kumar P. Antioxidant activity determining catechol grouping flavonol glycosides from the flowers of *Aconitum hetrophyllum* / P. Kumar , Beena C., Verma D. L. // International Journal of Research in Chemistry and Environment. – 2012. - № 2. – P. 145 – 147.
10. Mariani C. V. Flavonoid characterization and in vitro antioxidant activity *Aconitum anthora* L. (Ranunculaceae) // C. V. Mariani, A. A Braca, S. A. Vitalini // Phytochemistry. – 2008. - № 69. – P. 1220 – 1226
11. Luis J. C. DPPH radical scavenging activity of two flavonol glycosides from *Aconitum napellus* sp. Lusitanicum./ J. C. Luis, F. N. Valdes // Fitoterapia. – 2006. – № 77. P 469 - 471
12. Rice-Evons C. A. Flsvonoids *Aconitum hetrophyllum* / C. A. Rice-Evons, Miller N. I. // Free Radical Biol. Med. - 2006. – 933 p.

THE ANALYSIS OF ACONITUM EULOPHUM RCHB. PLANT MATERIAL ON THE CONTENT OF PHENOLIC NATURE COMPOUNDS

Cheban L.M., Malischuk I.W.

Investigated plant material A. eulophum on the content of phenolic compounds as a source for phytocomplexes with antioxidant properties. The extracted properties of 80 % alcohol in relation to the phenolic nature compounds were investigated A. eulophum. The quantitative and qualitative content of flavonoids, hydroxycinnamic acids, glycosides flavonoids, tanning agents in the extract were investigated A. eulophum, spectrophotometric method for the corresponding wavelengths. When UV-analysis herbal ethanol extracts of A. eulophum are several absorption maxima that favor the natural phenolic compounds, including their glycosylated forms. Found that the maximum content in the leaves of the plant material characterized glycosylates flavonoids (5.2 %), which is typical for most members of the genus Aconitum L., minimal - hydroxycinnamic acid, the presence of which is set in the range of 1-2 %. The content of other compounds of phenolic nature ranges from 2-4 %. Tion conditions of thin-layer chromatography of flavonoids. The optimum mobile phase for the separation defined n-butanol : acetate : water (4 : 1: 2). To identify the compounds used 4 % ethanol solution of H₂SO₄. Established presence in plant material A. eulophum three components of the spectrum of flavonoids with corresponding R_f 0.46, 0.62, 0.82, corresponding to routine monozid, izoquercetin and quercetin.

Keywords: *A. eulophum Rchb., phenolic compounds, flavonoids, polyphenols, hydroxycinnamic acids, spectral analysis, thin-layer chromatography.*

ГЕНЕТИЧНА ОСНОВА ФУНДАМЕНТАЛЬНОГО МЕХАНІЗМУ БІОСИНТЕЗУ НАНОМАГНЕТИТУ У МАГНІТОТАКСИСНИХ ТА АНАЕРОБНИХ МІКРООРГАНІЗМІВ

ГОРОБЕЦЬ С.В., ГОРОБЕЦЬ О.Ю., ЧИЖ Ю.М., ДЕМ'ЯНЕНКО І.В.

*Національний технічний університет України «КПІ»
03056, Київ, пр. Перемоги 36, факультет біотехнології та біотехніки*

Резюме. Методами біоінформатики вивчалася схожість між білками магнітосомного острівця магнітотаксисних бактерій і білками анаеробних організмів для встановлення ступеню гомології та визначення функціонального класу білків. Аналізувалися найбільш значимі збіги між білками магнітосомного острівця бактерій *Magnetospirillum gryphiswaldense* і білками анаеробних організмів. Значимі вирівнювання знайдені в основному серед білків першого функціонального класу, без яких не можливий процес біомінералізації магнетиту в МТБ, а саме MamB, MamE, MamA, MamN, MamO, MamM. Ці білки мають спільні відомі функції або належать до одного й того ж самого сімейства що і їх гіпотетичні гомологи у анаеробів.

Ключові слова: біогенні магнітні наночастки, біоінформаційний аналіз, анаеробні організми.

Вступ. Вивчення біогенного магнетиту почалося ще з 1975 року, коли його було знайдено спочатку в прокаріотах, а потім в еукаріотах [17,25,11]. Згодом біогенні магнітні наночастинки були виявлені в молюсків [5], членистоногих [28], риб [16], тварин [5,28,16,20,12], в тканинах мозку [13,14,25,7] та інших органах людини [25].

В магнітотаксисних бактеріях (МТБ) біомінералізація кристалів магнетиту (Fe_3O_4) або грейгіту (Fe_3S_4) відбувається в магнітосомній органелі, що являє собою ліпідну везикулу, і локалізується в пристінній області цитоплазматичної мембрани. Ряд генів, що відповідають за регуляцію синтезу магнітосом, були ідентифіковані відносно недавно та об'єднані в межах так званого «магнітосомного острівця» (МО) [2,9,1,21,24].

Оскільки магнітні наночастинки були знайдені в багатьох організмах [17,25,11,28,16], то постало питання щодо механізму їх синтезу в еукаріотах. В роботі [3] встановлено, що всі білки магнітосомного острівця, без яких не можлива біомінералізація Fe_3O_4 , мають високий ступінь подібності з білками людини, що характеризується спільним фолдингом за значенням *E*-числа відповідних вирівнювань, та відповідністю між функціями. Це підтверджує можливість збереження функції біомінералізації магнетиту для знайдених у людини гомологів білків МО.

Явище біомінералізації добре вивчене в МТБ, що відносяться до класу α -протеобактерій і є мікроаерофілами (*Magnetospirillum magnetotacticus*, *Magnetospirillum gryphiswaldense*, та ін.) [19], та до класу δ -протеобактерій, і є факультативними анаеробами (*Desulfovibrio magneticus*) [17,22]. Останні мікроорганізми є сульфат-редуючими, тобто мають сульфатний тип дихання.

Біологічні системи. Т.5. Вип. 2. 2013

Дослідження, проведені в роботі [18] вказують на можливість існування фундаментального механізму синтезу Fe_3O_4 для людини та МТБ, але для того, щоб стверджувати, що цей механізм є фундаментальним для більшості живих організмів, необхідно порівняти білки, без яких неможливий процес біомінералізації аеробних МТБ, з білками інших анаеробних організмів, для яких характерний різний тип дихання [20]. Особливий інтерес викликає вирівнювання білків МО МТБ з білками анаеробних організмів, так як існує гіпотеза, що утворення оксиду заліза пов'язано з метаболічними шляхами анаеробного дихання [17]. Тому метою даної роботи є порівняльний аналіз амінокислотних послідовностей білків (МО) без яких неможливий процес біомінералізації магнетиту анаеробних МТБ, з білками немагнітотаксисних анаеробів.

Методика досліджень. Білки магнітосомного острівця та їх функціональна класифікація. Серед білків МО можна виділити два функціональних класи: білки, без яких неможливий процес біомінералізації магнетиту та регуляторні білки, які здійснюють генетичний контроль розмірів, форми та розміщення кристалів в МТБ [18]. До першого класу білків, без яких неможливий процес біомінералізації магнетиту відносяться білки mamB, mamE, mamA, mamO, mamM, mamN.

MamB – функціональний білок, що бере участь в біомінералізації та бере участь у формуванні кристалів [15]. MamE кодує серинові протеази, які потенційно залучені в Fe^{2+} -залежне окислення [11]. MamA є одним з найбільш вивчених та консервативних магнітосомасоційованих білків. Він також відомий, як Mms24 та Mam22. MamA важливий для магнітосомної активації, а, отже, для всього процесу

біомінералізації. Властивості білку MamA передбачають, що функціональність індивідуальних магнітосомних везикул може бути відрегульована. Так, при видаленні білку MamA проникнення везикул не змінюється, але процес біомінералізації оксиду заліза не відбувається. Мутація MamA призводить до зміни клітинної локалізації білку під час фази росту [29]. Інша гіпотеза полягає в тому, що MamA може використовуватись магнітотаксисними бактеріями для регулювання довжини магнітосомних ланцюгів у відповідь на присутність заліза або інших умов оточуючого середовища [19].

В роботі показано [26], що мутанти з відсутніми MamO, MamM чи MamN білками в змозі формувати лише порожні ланцюги везикул і не можуть синтезувати магнетит в межах магнітосомних мембран. Тобто, це означає, що MamO, MamM та MamN необхідні для біомінералізації та залучені до формування ядра магнетиту, чи до формування сприятливого хімічного оточення для синтезу магнетиту в магнітосомах. З іншого боку, відомо, що явище біомінералізації можливе і за відсутності MamN [17,22].

До регуляторного класу білків магнітосомного острівця відносяться наступні білки: MamQ, MamL, MamI, MamK, MamJ, MamD, MamF, MamC, MamG, MamY, MamX, MamZ, mamP, mamT, MamR та MamS.

Формування обмеженої мембраною структури відбувається при участі магнітосом-асоційованих білків MamQ та MamL [15]. Локалізація MamI передбачає, що цей білок зв'язується з магнітосомами та може бути використаний як маркер присутності та розташування магнітосомних везикул.

MamK і MamJ залучені до формування лінійних ланцюгів магнітосом.

Гідрофобні MamD і MamF знайдені виключно в магнітосомній мембрані, вони залучені до регулювання розміру кристалу магнетиту [18].

Отже, всі проведені спостереження та дослідження в області біомінералізації демонструють, що весь процес, починаючи від формування везикули до утворення магнітосомних ланцюгів знаходяться під суворим генетичним контролем у магнітотаксисних бактерій. При цьому кожен білок магнітосомного острівця має чітко визначені функції.

Аналіз фенотипового прояву синтезу біогенного магнетиту в МТБ і анаеробних мікроорганізмах

Фенотиповий прояв генетичної регуляції синтезу біогенних наночастинок магнетиту в МТБ має всі ознаки суворого генетичного контролю їх властивостей та структурної організації. Так, магнітосоми в бактеріях представляють собою

десятки окремих наночастинок магнетиту в складі ланцюжків [17,24]. Також відомо, що ланцюжки магнітних наночастинок розташовані вздовж довгої осі бактерії. Кожна магнітна наночастинка покрита мембраною (так званою магнітосомною везикулою) [2,9,1,21]. Спостерігається чітко визначена форма та розміри зрілих наночастинок магнетиту для кожного штаму МТБ, що також є проявом експресії регуляторних генів магнітосомного острівця [24]. Кількість біогенних магнітосомних наночастинок є чітко визначеною за нормальних (мікроаеробних) умов культивування МТБ і її зміна під впливом зовнішніх факторів (зовнішнє магнітне поле, зміна концентрації кисню або заліза) корелює з відповідною зміною експресії генів магнітосомного острівця [9].

Окрім аеробних мікроорганізмів, кристали магнетиту були знайдені і в анаеробних, зокрема в *Desulfovibrio magneticus*. Як виявилось, за морфологічними характеристиками *Desulfovibrio magneticus* штам RS-1 дещо відрізняється від уже вивчених культур МТБ тим, що не лише проявляє явище магнітотаксису, але також демонструє явище анаеротаксису, скупчуючись в найбільш анаеробних зонах [23].

Культура RS-1 є сульфатредуючим облигатним анаеробом, здатним до створення внутрішньоклітинного магнетиту та позаклітинного магнітного сульфідного заліза [28]. Незважаючи на те, що RS-1 реагує на напрям магнітного поля, їх орієнтація та міграція не ідентичні. Клітини мігрують випадково при зміні напрямку магнітного поля. Наночастинок біогенного магнетиту у *Desulfovibrio magneticus* з'єднано в кластери достатньо неправильної форми [8]. Відповідно до вищезазначеного, у фенотиповому прояві біомінералізованого магнетиту у *Desulfovibrio magneticus* немає чітко визначеного ланцюга, як і у людини не спостерігається регуляції його форми, розмірів та інших властивостей, тобто кристали магнетиту розташовані хаотично в клітині. Тому RS-1 представляє собою бактерію з новими метаболічними особливостями серед магнітотаксисних бактерій, проте з недостатньо вивченими механізмами формування кристалів магнетиту [8].

Існують також Fe(III)-редуючі бактерії, які залучаються до утворення магнетиту унаслідок катаболізму заліза при анаеробному диханні, такі як: *Geobacter metallireducens*, *Geobacter sulfurreducens*, *Pelobacter carbinolicus*, *Desulfuromonas acetoxidans*, *Desulfuromonas palmitatis* та ін. [27].

Аналіз функціональної класифікації статистично значимих вирівнювань білків магнітосомного острівця і анаеробних мікроорганізмів

Відомо, що акцепторами електронів в процесі дихання МТБ може бути не лише кисень, а й нітрат, тобто може відбуватись «нітратне дихання». Отже можна припустити, що й при інших типах анаеробного дихання може відбуватися формування біогенного магнетиту.

Анаеробне дихання — біохімічний процес окислення органічних субстратів або молекулярного водню з використанням в якості кінцевого акцептора електронів замість O_2 , інших окислювачів неорганічної або органічної природи. Як і в разі аеробного дихання, вільна енергія, що виділяється в ході реакції, запасується у вигляді трансмембранного протонного потенціалу, АТФ-синтазою, що використовується для синтезу АТФ [4].

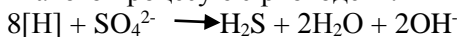
Анаеробами є прокаріоти, при цьому факультативні анаероби використовують акцептори електронів з високим окислювально-відновним потенціалом (NO_3^- , NO_2^- , Fe^{3+} , фумарат, диметилсульфоксид і т. д.), у них це дихання конкурує з енергетично вигіднішим аеробним і пригнічується киснем. Акцептори з низьким окислювально-відновним потенціалом (сірка, SO_4^{2-} , CO_2) застосовуються лише строгими анаеробами, що гинуть при появі в середовищі кисню [5].

Залежно від природи кінцевого акцептора розрізняють нітратне, сульфатне, карбонатне, фумаратне та інші типи дихання і ін. [4-6].

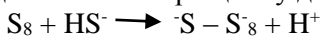
«Нітратне дихання», або **денітрифікація**. Здійснюється денітрифікуючими бактеріями, які володіють здатністю відновлювати нітрат через нітрит до газоподібного закису азоту (N_2O) та азоту (N_2):



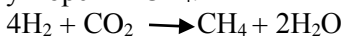
«Сульфатне дихання». Здійснюється сульфатредуючими бактеріями, головним продуктом такого процесу є сірководень.



«Сірчане дихання». Здійснюється бактеріями, які здатні рости в присутності елементарної сірки, використовуючи її в якості акцептора водню при анаеробному переносі електронів, сірка відновлюється при цьому до сірководню.



«Карбонатне дихання». Здійснюється метанутворюючими мікроорганізмами, що використовують в якості акцептора водню CO_2 , що веде до утворення CH_4 .

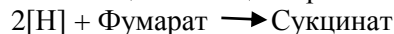


«Карбонатне дихання». Здійснюється ацетогенними бактеріями, які розглядаються як анаеробні хемолітоавтотрофні мікроорганізми, що окислюють водень та перетворюють CO_2 в оцтову кислоту:

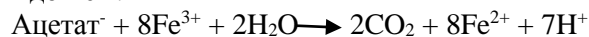


«Фумаратне дихання» (сукциногенні бак-

терії) - це процес фосфорилування з фумаратом в якості кінцевого акцептора електронів.



«Залізне дихання», пов'язане з відновленням Fe^{3+} до Fe^{2+} .



Результати та їх обговорення. Виходячи з вище наведеного, було здійснено порівняльний аналіз амінокислотних послідовностей білків магнітосомного острівця бактерії *M. Gryphiswaldense* і анаеробів, що відрізняються за типом дихання, методом оцінки статистичної значимості вирівнювань білкових послідовностей, використовуючи програму «BLAST on-line» за стандартних параметрів, що є вільним програмним ресурсом Національного центру Біотехнологічної інформації (National Center for Biotechnology Information; <http://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi>). Результати представлені в таблицях 1 та 2.

В таблицях 1 та 2 проаналізовано значимі вирівнювання між білками МО МТБ, без яких неможливий процес біомінералізації, бактерії *M. gryphiswaldense* і анаеробними організмами. Виявилось, що в деяких організмів відсутня впевнена гомологія білків MamA та MamN МО МТБ з білками немагнітотаксисних анаеробних мікроорганізмів. З таблиці видно, що у *Geobacter metallireducens* не виявлено MamN, але кристали магнетиту були знайдені, тобто підтверджується гіпотеза про можливість біомінералізації за відсутності цього білку. Ступінь гомології між білками вказує на можливість формування кристалів магнетиту у анаеробних організмів, що підтверджується значеннями E-чисел, наведеними в таблиці 3, де наведені вирівнювання між білками бактерії *M. Gryphiswaldense* та організмами, в яких виявлено магнітні властивості.

Для підтвердження гомології білків MamB, MamE, MamA, MamN, MamO, MamM з відповідними білками анаеробів здійснено порівняння відомих функцій білків магнітосомного острівця та вирівняних з ними білків анаеробів. Результати вирівнювання наведені в таблиці 4. Для такого порівняння використовувалась інформація про білки МО МТБ та анаеробів, яка міститься в базі даних NCBI за посиланням <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/protein/>.

Аналіз відомих функцій гомологів білків магнітосомного острівця MamB, MamE, MamA, MamN, MamO та MamM у анаеробів показав, що гомологи білків MamB, MamE, MamA, MamO та MamM у анаеробів мають спільні функції з відповідними білками магнітосомного острівця. Водночас білки анаеробів, які є гомологами білку MamN, відносяться до одного суперсімейства, але мають дещо інші функції в порівнянні з фун-

кціями білку магнітосомного острівця. Додатково виявилось, що анаеробні бактерії з нітратним, карбонатним та залізним (деякі представники) типами дихання мають гомологи білків МО МТБ (MamB, MamE, MamA, MamO та MamM), але не мають гомологу білку MamN.

Аналіз гомологів регуляторних білків (які регулюють форму, розмір та кількість часток Fe₃O₄, а також регулюють утворення ланцюга та везикул) показав, що із 17 регуляторних білків МО МТБ (таких як, MamQ, MamI, MamL, MamJ,

MamK, MamF, MamD, MamT, MamP, MamR та MamS) анаеробні організми мають гомологи з трьома регуляторними білками МО МТБ, такими як, білки MamK, MamH та MamQ. Відповідно до значень основних параметрів вирівнювання P_i та E-value, можна стверджувати, що MamK та MamQ МО МТБ характеризуються спільним холдингом з білками немагнітотаксисних анаеробних мікроорганізмів, а для MamH гомологія не може бути виключена.

Таблиця 1.

Значимі вирівнювання між білками МО МТБ: MamA, MamB, MamE бактерії *M. Gryphiswaldense* та анаеробними організмами.

Table 1.

Significant alignment between proteins IU MTB : MamA, MamB, MamE bacteria *M. Gryphiswaldense* and anaerobic organisms.

Тип дихання та вид мікроорганізму	MamA			MamB			MamE		
	Е-число	Gene ID	К-сть а.к.	Е-число	Gene ID	К-сть а.к.	Е-число	Gene ID	К-сть а.к.
Нітратне (факультативні анаероби)									
<i>Alcaligenes</i>	8e-11	ZP_10348772.1	121	7e-38	ZP_10348822.1	268	3e-33	ZP_10347236.1	164
<i>Bacillus licheniformis</i>	5e-09	YP_080019.1	122	3e-31	YP_077908.1	261	2e-30	YP_080577.1	206
<i>Hyphomicrobium</i>	6e-08	EHB77038.1	132	4e-18	YP_004674414.1	258	7e-40	YP_004677661.1	188
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	9e-04	NP_251852.1	88	4e-14	YP_001346532.1	261	6e-35	ZP_01364145.1	197
<i>Thiobacillus denitrificans</i>	1e-04	YP_315129.1	121	3e-19	YP_314872.1	265	4e-36	YP_315592.1	171
Сульфатне (факультативні анаероби)									
<i>Desulfobacter</i>	6e-12	ZP_10171596.1	116	5e-21	ZP_10168664.1	293	2e-36	YP_002603135.1	267
<i>Desulfotomaculum nigrificans</i>	7e-09	ZP_08113412.1	163	7e-36	ZP_08113815.1	286	1e-42	ZP_08112936.1	215
<i>Dm. orientis</i>	2e-07	YP_004971419.1	84	6e-26	YP_004969131.1	281	5e-31	YP_004968979.1	166
<i>Dm. ruminis</i>	5e-10	YP_004545756.1	187	5e-36	YP_004546771.1	278	1e-43	YP_004546862.1	172
<i>Desulfovibrio desulfuricans</i>	5e-10	YP_005168966.1	163	1e-19	YP_002479784.1	291	5e-40	YP_005169186.1	213
<i>D. vulgaris</i>	4e-10	YP_002435474.1	116	8e-23	YP_010996.1	283	3e-39	YP_967055.1	166
Сірчане (факультативні анаероби)									
<i>Desulfotomaculum acetoxidans</i>	2e-05	YP_003189668.1	95	6e-32	YP_003190636.1	286	1e-42	YP_003190877.1	257
<i>Wolinella succinogenes</i>	2e-06	NP_907763.1	47	2e-22	NP_907791.1	256	1e-35	NP_908314.1	178
Карбонатне (метаноутворюючі бактерії) строгі анаероби									
<i>Methanobacterium thermoautotrophicum</i>	3e-14	NP_275226.1	200	3e-30	NP_276993.1	269	0.002	YP_004291469.1	88
<i>Methanosarcina</i>	6e-19	2FO7_A	136	6e-43	NP_634802.1	280	0.012	YP_306581.1	60
<i>Methanospirillum hundatii</i>	3e-12	YP_503742.1	172	5e-15	YP_501833.1	278	0.055	YP_504038.1	142
Карбонатне (ацетогенні бактерії) строгі анаероби									
<i>Acetobacterium woodii</i> +	0.002	YP_005268059.1	114	1e-15	YP_005269361.1	195	8e-30	YP_005268454.1	197
<i>Peptostreptococcus</i> +	0.002	ZP_07526207.1	95	3e-15	ZP_06424474.1	220	9e-28	ZP_06425163.1	174
Фумаратне (строгі анаероби)									
<i>Bacteroides</i>	3e-10	ZP_03644420.1	157	1e-42	ZP_06985673.1	277	5e-38	ZP_10377323.1	162
<i>Escherichia</i>	1e-06	ZP_07182113.1	176	1e-37	EIL62744.1	276	6e-39	3STI_A	208
<i>Klebsiella</i>	4e-06	EHS90834.1	67	2e-42	ZP_09344875.1	258	2e-37	EHS94603.1	208
<i>Propionibacterium</i>	4e-05	EFT07749.1	59	2e-19	YP_003687477.1	201	1e-24	EFS72946.1	239
<i>Proteus</i> +	3e-07	YP_002153107.1	71	2e-36	YP_002151676.1	275	5e-38	ZP_03804833.1	205
<i>Salmonella</i> +	2e-05	YP_002047644.1	62	3e-21	CCF87936.1	204	7e-36	YP_001571785.1	188
Залізне									
<i>Bacillus</i>	2e-11	NP_242128.1	146	8e-48	YP_005128956.1	288	1e-31	EIJ82382.1	212
<i>Clostridium</i> +	8e-15	YP_001039072.1	153	5e-46	NP_781662.1	263	1e-34	ZP_09202809.1	176
<i>Escherichia</i>	1e-06	ZP_07182113.1	176						
<i>Geobacter metallireducens</i>	3e-15	YP_385353.1	166	5e-47	YP_383825.1	276	1e-36	YP_386374.1	256
<i>Pseudomonas</i> +	5e-12	YP_001669287.1	201	5e-20	YP_004381841.1	271	2e-36	ADK62715.1	178
<i>Serratia</i> +	5e-06	ZP_09972405.1	174	2e-25	YP_004500960.1	253	3e-39	ZP_08039089.1	248

Всі інші білки МО МТБ з точки зору статистичної оцінки значущості вирівнювань не мають гомології з білками немагнітотаксисних анаеробних організмів. Можна припустити, що у бактерій ці багатофункціональні білки беруть участь не лише у синтезі магнітосом, а й у інших біологічних процесах. Отже 6 вищенаведених білків, за присутності яких відбувається біомінералізація магнетиту у МТБ, мають гомологів у анаеробних організмів, для яких нещодавно став відомим факт синтезу Fe₃O₄, можна сформулювати гіпотезу багатофункціональності та наявності інших важливих біологічних функцій.

В роботі [20] було проведено порівняльний аналіз геному *Desulfovibrio magneticus sp.* та *Candidatus Magnetococcus sp. strain MC-1*, *Magnetospirillum magneticum strain AMB-1*, та *Magnetospirillum gryphiswaldense strain MSR-1*, в

результаті чого було встановлено гомологію між білками магнітосомного острівця. Виявилось, що в геномі *Desulfovibrio magneticus sp.* є специфічний оперон, який є гомологічним оперону *mamAB*, але основною відмінністю була відсутність гомологу білку *mamN*. Хоча спостерігались магнітні наночастинки різної форми та розміру. Єдиною відмінністю між цими двома бактеріями є їх тип дихання. Тобто можна припустити, що при анаеробному диханні бактерії для синтезу біогенних магнітних наночастинок Fe₃O₄ не завжди потрібен *mamN*. Його необхідність може бути пов'язана з метаболічними шляхами самої бактерії та типом її анаеробного дихання. Але однозначно це не пов'язано з її відношенням до кисню, оскільки, *mamN* не було знайдено в організмів з нітратним та карбонатним типом дихання.

Таблиця 2.

Значимі вирівнювання між білками МО МТБ: *MamM*, *MamN*, *MamO* бактерії *M. Gryphiswaldense* та анаеробними організмами.

Table 2.

Significant alignment between proteins IU MTB : *MamM*, *MamN*, *MamO* bacteria *M. Gryphiswaldense* and anaerobic organisms.

Тип дихання та вид мікроорганізму	MamM			MamN			MamO		
	Е-число	Gene ID	К-сть а.к.	Е-число	Gene ID	К-сть а.к.	Е-число	Gene ID	К-сть а.к.
Нітратне (факультативні анаероби)									
<i>Alcaligenes</i>	2e-31	ZP_10348822.1	263	4e-04	ZP_10347684.1	269	7e-11	ZP_10349530.1	199
<i>Bacillus licheniformis</i>	6e-32	YP_077908.1	274	0.004	ACP39675.1	61	5e-06	YP_080577.1	226
<i>Hyphomicrobium</i>	2e-19	YP_003754455.1	294	0.026	YP_003755952.1	81	8e-14	EHB77115.1	166
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	5e-12	NP_252652.1	280	0.007	YP_001346659.1	202	1e-11	EIE46524.1	174
<i>Thiobacillus denitrificans</i>	4e-16	YP_314872.1	264	0.14	YP_315816.1	47	4e-13	YP_315592.1	217
Сульфатне (факультативні анаероби)									
<i>Desulfobacter</i>	1e-12	ZP_10168664.1	289	5e-05	YP_002605567.1	136	4e-10	ZP_10169549.1	179
<i>Desulfotomaculum nigrificans</i>	6e-17	ZP_08113815.1	264	4e-56	ZP_08113794.1	432	3e-16	ZP_08112858.1	171
<i>Dm. orientis</i>	4e-15	YP_004970097.1	262	2e-51	YP_004969843.1	448	3e-11	YP_004968979.1	209
<i>Dm. ruminis</i>	3e-16	YP_004546771.1	272272	8e-54	YP_004545386.1	430	8e-16	YP_004546862.1	182
<i>Desulfovibrio desulfuricans</i>	9e-19	YP_002479784.1	260	1e-05	YP_005168903.1	169	2e-13	YP_002479475.1	172
<i>D. vulgaris</i>	6e-20	YP_010996.1		0.066	YP_002437317.1	31	1e-12	YP_965563.1	225
Сірчане (факультативні анаероби)									
<i>Desulfotomaculum acetoxidans</i>	2e-17	YP_003191451.1	318	1e-49	YP_003192493.1	423	8e-15	YP_003190498.1	169
<i>Wolinella succinogenes</i>	1e-19	NP_907791.1	256	3e-04	NP_907497.1	132	2e-12	NP_908314.1	162
Карбонатне (метаноутворюючі бактерії) строгі анаероби									
<i>Methanobacterium thermoautotrophicum</i>	2e-26	NP_276993.1	275	9e-05	NP_275929.1	291	8e-04	YP_004520695.1	92
<i>Methanosarcina</i>	4e-34	NP_634802.1	257	7e-05	NP_633073.1	166	0.004	NP_616267.1	94
<i>Methanospirillum hundatii</i>	8e-06	YP_501833.1	270	8e-04	YP_503376.1	261	0.005	YP_502864.1	67
Карбонатне (ацетогенні бактерії) строгі анаероби									
<i>Acetobacterium woodii</i>	7e-15	YP_005269361.1	154	0.030	YP_005269982.1	62	3e-11	YP_005268454.1	212
<i>Peptostreptococcus</i>	2e-14	ZP_07526256.1	157	0.075	ZP_07525511.1	104	4e-08	ZP_06425163.1	172
Фумаратне (строгі анаероби)									
<i>Bacteroides</i>	8e-33	ZP_05285646.1	269	1e-14	EIY91977.1	343	7e-18	ZP_06996181.1	174
<i>Escherichia</i>	3e-29	EIL54893.1	268	1e-10	YP_002384307.1	450	6e-14	ZP_09459255.1	173
<i>Klebsiella</i>	3e-34	ZP_06017541.1	271	9e-10	EHS90565.1	446	9e-15	YP_005225210.1	173
<i>Propionibacterium</i>	5e-21	AFN46187.1	282	0.011	ZP_08937905.1	275	2e-08	EFT14943.1	202
<i>Proteus</i>	3e-30	YP_002151676.1	252	3e-04	ZP_03802845.1	106	7e-10	ZP_03804833.1	175
<i>Salmonella</i>	2e-16	YP_218939.1	260	4e-13	YP_002217325.1	444	1e-13	YP_005211504.1	173

Залізне									
<i>Bacillus</i>	8e-38	NP_241578.1	278	2e-44	YP_003597074.1	441	2e-09	ZP_01860094.1	173
<i>Clostridium</i>	3e-40	EHN16834.1	257	2e-56	YP_005677083.1	431	2e-15	ZP_09202809.1	205
<i>Escherichia</i>									
<i>Geobacter metallireducens</i>	2e-42	YP_383825.1	257	0.061	YP_384773.1	50	4e-15	YP_383981.1	172
<i>Pseudomonas</i>	4e-28	ZP_10435190.1	270	5e-08	AFN77607.1	424	2e-11	YP_002871116.1	183
<i>Serratia</i>	9e-21	ZP_09968638.1	267	8e-07	YP_004501536.1	282	7e-14	ZP_06192256.1	169

Також в результаті проведених досліджень типу анаеробного дихання чи навіть одного роду було виявлено, що не всі представники одного мають гомологію з білками МО.

Таблиця 3.

Значимі вирівнювання між білками бактерії *M. Gryphiswaldense* та організмами, в яких виявлено магнітні властивості.

Table 3.

Significant alignment between proteins and bacteria *M. Gryphiswaldense* organisms which revealed magnetic properties.

Назва мікроорганізму	E-число					
	mamA	mamB	mamE	mamM	mamN	mamO
<i>Magnetospirillum magnetotacticum</i> AMB – 1	3e-150	3e-63	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Desulfovibrio magneticus</i> RS-1	3e-16	1e-47	3e-40	5e-46	9e-29	2e-19
<i>Candidatus Magnetoglobus multicellularis</i>	2e-08	6e-59	4e-46	6e-39	1.4	7e-20
<i>Bacillus cereus</i> *	4e-08	3e-38	9e-28	9e-35	3e-44	5e-09
<i>B. thuringiensis</i> *	7e-08	1e-37	2e-30	1e-34	2e-44	9e-08
<i>Escherichia coli</i> *	1e-06	7e-38	5e-39	3e-29	2e-05	1e-13
<i>Haloferax mediterranei</i> *	0.016	9e-27	0.027	5e-27	0.001	0.050
<i>H. volcanii</i> *		1e-27	0.015	2e-26	7e-04	0.035
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> *	9e-04	4e-14	5e-35	5e-12	0.007	1e-11
<i>Rhodopseudomonas palustris</i> *	9e-13	5e-22	2e-34	1e-21	8e-06	8e-14

Для мікроорганізмів, помічених * існують магнітотаксисні штами, а саме: *Bacillus cereus* B-504, *B. thuringiensis* B-439, *Escherichia coli* B-126, *Haloferax mediterranei* B-1791, *H. volcanii* B-1768, *Pseudomonas aeruginosa* B-552, *Rhodopseudomonas palustris* B-1620. Проте в базі даних Національного центру Біотехнологічної інформації не вказано який саме штам секвеновано – магнітотаксисний чи немагнітотаксисний. Тому відсутність впевненої гомології білків mamA та mamE у бактерії *M. Gryphiswaldense* з деякими з відповідних білків бактерій помічених * можна пояснити наступним чином: або в базі даних представлено геном немагнітотаксисного штаму, або білки mamA та mamE, аналогічно для білку mamN, не завжди потрібні для поцесу біомінералізації магнетиту.

Таблиця 4.

Порівняння відомих функцій білків магнітосомного острівця MamB, MamE, MamA, MamN, MamO, MamM та вирівняних із ними білків анаеробів.

Table 4.

Comparison known functions of proteins mahnitosomnoho island MamV, MamE, MamA, MamN, MamO, MamM and aligned them with proteins anaerobes.

Назва та функції білку МО МТВ	Гомологи білків МО МТВ анаеробних організмів та їхні функції
MamM – – транспортер катіонів Co, Zn, Cd.	Cation efflux family. Це складові мембранні білки, які підвищують чутливість до двохвалентних йонів металів, таких як Co, Zn, Cd. Ці білки є насосами викачки, що видаляють ці йони з клітини. Помічниками катіонної дифузії є родина транспортних білків, знайдених в багатьох організмах. На відміну від інших родин білків, усі білки характеризуються транспортом металів, переважно цинку. Одним з перших двох ідентифікованих білків був CzcD. Цей транспортер є частиною кобальт-цинк-кадмій резистентної системи та зменшує внутрішньоклітинну концентрацію цинку.
MamB – транспортер катіонів Co, Zn, Cd.	
MamE – серинова протеаза. PDZ домен трипсиноподібної серинової протеази залучений до відгуку на тепловий шок, функції шаперонів, апоптозу, може бути відповідальним за впізнавання субстрату і/або зв'язування.	Трипсин-подібна серинова протеаза Прокаріотичні серинові протеази беруть участь в кількох фізіологічних процесах, пов'язаних з сигнальною та захисною системою і розвитком клітини. Родина трипсин-подібних серинових протеаз, залучена до відповіді на тепловий шок, системи захисту від деяких бактерій та в процес росту бактеріальної клітини.
MamO – серинова протеаза	
MamA містить домен TPR, який є консенсусною послідовністю, знайденою у широкому різно-манітту організмів, включаючи бактерії, ціанобактерії, дріжджі, гриби. TPR домен залучений в різноманіття функцій, включаючи білок-білкові взаємодії, функції шаперонів, клітинний цикл, транскрипцію, транспорт білків.	Тетратрикопептид (TPR) існує в багатьох організмах та бере участь в різних реакціях, зокрема в білок-білкових взаємодіях, транспорті білків.
MamN – пермеаза P. Точна функція білку P невідома, допускають, що він необхідний для регулювання рН,	ArsB_NhaD_permease superfamily. Ці пермеази виконують транспорт арсенату і антимоніату в бактеріях. Типова permease ArsB

разом з АТФ-керованим протонним насосом.	містить 8-13 трансмембранні спіралі і може функціонувати самостійно, як осмотичний транспортер. Комплекс ArsAB багато в чому схожий на АТФ-зв'язуючий комплекс транспортер. ArsB білки транспортують натрій, арсенат, сульфати і органічні аніони через біологічні мембрани.
--	--

Висновки. Методами порівняльної геноміки виявлено гомологів у анаеробних організмів для всіх білків МО МТБ, без яких не може відбуватися синтез біогенного магнетиту: MamB, MamE, MamA, MamN, MamO та MamM. Гіпотезу про гомологію підтверджено на основі оцінки статистичної значимості відповідних вирівнювань по діапазону значень *E*-числа. Також виявлено, що білки MamB, MamE, MamA, MamN, MamO, MamM мають спільні відомі функції або належать до одного й того ж самого сімейства білків, що і вирівняні з ними білки анаеробів.

Знайдені в даній роботі гомологи білків МО МТБ MamB, MamE, MamA, MamN, MamO та MamM гіпотетично є білками, які беруть участь або впливають на біомінералізацію ендогенних магнітовпорядкованих наночастинок в анаеробних мікроорганізмах. Проведені дослідження дають змогу стверджувати, що механізм біосинтезу магнетиту є фундаментальним для більшості анаеробів. Але в результаті еволюції частина з них втратила частково або повністю даний механізм. Тобто можна припустити, що більшість представників мікроорганізмів з анаеробним типом дихання при певних умовах здатні тепер, або були здатні в минулому до біомінералізації Fe₃O₄.

Список літератури

1. Вайнштейн М.Б., Сузина Н.Е., Сорокин Е.Б. // Микробиол. 1998. Т.67. №6. С. 807.
2. Верховцева Н.В. // Успехи микробиол. 1992. Т.25. С.51
3. Горобець С.В., Горобець О.Ю., Сівенок Д.В. // Наук. вісті НТУУ «КПІ». 2012. №3. С. 18.
4. Современная микробиология. Прокариоты: В 2-х томах. Т1./ Под ред. Й. Ленглера, Г. Дрекса, Г. Шлегеля. М.: Мир, 2005. 342 с.
5. Современная микробиология. Прокариоты: В 2-х томах. Т2. / Под ред. Й. Ленглера, Г. Дрекса, Г. Шлегеля. М.: Мир, 2005. 245 с.
6. Сергійчук М.Г., Позур В.К., Фурзікова Т.М. Микробиологія / К.: Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2008. 541 с.
7. Сильные и сверхсильные магнитные поля и их применение / Под ред. Ф. Херлаха. М.: Мир. – 1988. 459с.
8. Arakaki A., Nakazawa H., Nemoto M. R. Formation of magnetite by bacteria and its application. // Soc. Interface. 2008. V. 5. P. 977.
9. Bazylnski D., Controlled biomineralisation of magnetic minerals by magnetotactic bacteria // Chemic. Geol. 1996. V. 1. P. 132
10. Bazylnski D. A., Frankel R. B., Heywood B. R. Controlled Biomineralization of Magnetite (Fe₃O₄) and Greigite (Fe₃S₄) in a Magnetotactic Bacterium // Appl Environ Microbiol. 1995. V 61(9). P. 3232.
11. Blakemore R.P. Magnetotactic bacteria // Science. 1975. V. 190. P.

- 377.
12. Chang S. R. Kirschvink J. L. // Annu. Rev. Earth Planet. Sci. 1989. V.17. P. 169.
13. Dobson J.P., Fuller M., Moser S., Magnetic fields and iron biomineralization in the human brain // Fund. Res. and Applications. 1995. V.5.P. 16.
14. Dobson J.P. and Grassi P. Magnetic Properties of Human Hippocampal Tissue - Evaluation of Artefact and Contamination Sources // Brain Res. Bull. 1996.V. 39.P. 255.
15. Dorothee M., Quinlan A., Vali H. Comprehensive genetic dissection of the magnetosome gene island reveals the step-wise assembly of a prokaryotic organelle // Proc Natl Acad Sci U S A. 2010. V. 12.P. 5593.
16. Heywood D. R., Bazylnski D. A., Garrattreed A. // Naturwissenschaften. 1990. V. 77. P. 536.
17. Hidekazu N. Whole genome sequence of *Desulfovibrio magneticus* strain RS-1 revealed common gene clusters in magnetotactic bacteria // Genome Res. 2009. V. 19. P.1801.
18. Jean-Baptiste, Philippe N., Pereira S. A Second Actin-Like MamK Protein in *Magnetospirillum magneticum* AMB-1 Encoded Outside the Genomic Magnetosome Island // PLoS One. 2010. V 5(2). P. 9151.
19. Komeili A., Vali H., Terrance J. Magnetosome vesicles are present before magnetite formation, and MamA is required for their activation // Proc Natl Acad Sci. 2004. V. 16; P. 3839.
20. Mann S., Sparks N. H. C., Walker M. M., Kirschvink J. L. Ultrastructure, morphology and organization of biogenic magnetite from sockeye salmon, *Oncorhynchus nerka*: implications for magnetoreception // J. Exp. Biol. 1988. V.40. P. 35.
21. Nishio H., Takahashi T. Magnetic Characterization of Bacterial Magnetic Particles // Journal de Physique. 1997. V. 3. P. 663.
22. Sakaguchi T., Arakaki A., Matsunaga T. Desulfovibriomagneticus sp. nov., anovel sulfate-reducingbacteriumthat produces intracellular single-domain-sizedmagnetite particles // Intern. Jour. of System. And Evolut. Microbiol. 2002.V. 52. P.215.
23. Sakaguchi T., Grant Burgess J., Matsunaga T. Magnetite formation by a sulphate-reducing bacterium // Nature. 1993. V. 365. P. 47.
24. Schuler D., Baeuerlein E. Iron Transport and Magnetite Crystal Formation of the Magnetic Bacterium *Magnetospirillum gryphiswaldense* // J. Phys. 1997. V. IV. P. 647.
25. Schultheiss-Grassi P.P., Heller F., Dobson J. Analysis of magnetic material in the human heart, spleen and liver // BioMetals. 1997. V.10. P. 351.
26. Schübbe S., Würdemann C., Peplies J. Transcriptional Organization and Regulation of Magnetosome Operons in *Magnetospirillum gryphiswaldense* // Appl Environ Microbiol. 2006. V.72(9). P.5757.
27. Vali H., Weiss B., Yi-Liang Li, Formation of tabular single-domain magnetite induced by *Geobacter metallireducens* GS-15 // Proc Natl Acad Sci U S A. 2004. V. 101(46). P. 16121.
28. Walcott C., Gould J. L., Kirschvink J. L. // Science. 1979. V. 184. P. 180.
29. Zeytuni N., Ozyamak E., Ben-Harush K. Self-recognition mechanism of MamA, a magnetosome-associated TPR-containing protein, promotes complex assembly // Proc Natl Acad Sci U S A. 2011. V. 108(33). P.480.

The genetic basis of a fundamental mechanism of the biosynthesis of nanomagnetite in the magnetotactic and anaerobic microorganisms

Gorobets S.V., Gorobets O.Yu., Chyzh Yu.M., Demjanenko I.V.

The similarity between the proteins of magnetosome island of magnetotactic bacteria and proteins of the anaerobic organism have been studied by means of bioinformatics methods to establish the degree of homology and defining functional class of proteins. We analyzed the most significant similarities between the proteins of magnetosome island bacteria *Magnetospirillum gryphiswaldense* and proteins of anaerobic organisms. It made a comparative analysis of amino acid sequences of proteins magnetosome island bacteria *M. Gryphiswaldense* and anaerobes, characterized by the type of breathing method for evaluating the statistical significance of adjacent protein sequences using the program «BLAST on-line» for standard parameters, which is a free software resources of the National Center for Biotechnology Information. Significant alignment found mainly among the first protein functional class, without which no possible process of magnetite biomineralization in MTB, namely MamB, MamE, MamA, MamN, MamO, MamM. These proteins are known to common functions or belong to the same family as their hypothetical homologues in anaerobes. The investigations give the suggests that the mechanism of biosynthesis of magnetite is fundamental for most anaerobes. But in the evolution of them lost part or all of this mechanism.

Keywords: biogenic magnetic nanoparticles, bioinformatics analysis, anaerobic organisms.

УДК 550.4

ХІМІЧНІ ЕЛЕМЕНТИ (Pb, Cd, Zn, Cu, Al, Ca, Mg, Mn, Fe) В ТОРФЯНИХ ВІДКЛАДАХ ОЛІГОТРОФНОГО БОЛОТА МІШОК (РЕГІОНАЛЬНИЙ ЛАНДШАФТНИЙ ПАРК «НАДСЯНСЬКИЙ», УКРАЇНСЬКІ КАРПАТИ)

О. АНДРЕЄВА, О. МАРИСКЕВИЧ, В. КОЗЛОВСЬКИЙ

Інститут екології Карпат НАН України, вул. Козельницька, 4, Львів 79026

e-mail: vkozlovskyu@gmail.com

Досліджено елементний склад оліготрофного болота з шарами торфу, датованими радіовуглецевим методом, періодом від 1920 року н.е. до 300 року до н.е. Верхня частина торфовища збагачена Pb, Cd, Zn, Cu. Кореляція вмісту техногенних важких металів із зольністю, вмістом літофільних і біофільних елементів (Al, Ca, Mg, Mn, Fe), відсутність істотної різниці вмісту металів відносно давніших шарів, коли суттєвого антропогенного впливу ще не було, свідчить про формування торфяної товщі під впливом природних факторів. Достовірної різниці вмісту металів і зольності між шарами торфу, сформованими у теплі і холодні фази субатлантичного періоду голоцену, не виявлено. Зольність торфу тісно корелює з вмістом Al, що є наслідком впливу на елементний склад торфу алюмосилікатного матеріалу, привнесеного в процесі вивітрювання гірських порід. Підвищення зольності, вмісту Al, Fe, Mn у нижніх шарах торфяного профілю спричинене, в першу чергу, близькістю мінерального дна (ложа) болота, збагаченого цими елементами.

Ключові слова: верхове болото, важкі метали, Українські Карпати.

Вступ. Верхові торфовища, завдяки особливостям свого розвитку, здатності фіксувати хімічні елементи, можливості датування шарів радіовуглецевим методом є хорошим об'єктом палеоботанічних досліджень й використовуються також для вивчення і ретроспективного відновлення геохімічного фону середовища починаючи з 90^x років минулого століття [12]. Визначення природної інтенсивності випадання хімічних елементів з атмосфери, інтенсифікація цього процесу під впливом антропогенних факторів і, відповідно, визначення ступеня забруднення атмосфери порівняно з природним геохімічним фоном минулого — ті завдання, які вирішуються під час аналізу розподілу хімічних елементів у розрізі оліготрофного торфовища.

Карпатські торфовища — це об'єкти, які віддалені від джерел забруднення, знаходяться на заповідних територіях і мінімально піддаються впливу людини, що не властиво для більшості існуючих болотних екосистем промислово розвинутої Західної Європи, де локальні джерела забруднення почали діяти ще з часів Римської імперії [11, 13]. Таке розташування може бути корисним для виявлення на регіональному рівні фонового стану природного середовища і його змін, як результату діяльності людини на сучасному етапі, так і в ретроспективі.

Метою роботи було встановити можливий вплив кліматичних змін та антропогенної діяль-

ності на елементний склад торфяних відкладів оліготрофного болота Мішок, як унікального об'єкта відображення геохімічного стану середовища та його змін на регіональному рівні.

Об'єкти та методи досліджень. Болото “Мішок” розташоване на висоті близько 600 м над рівнем моря на території Регіонального ландшафтного парку “Надсянський”, займає площу понад сім гектарів (22°43' сх.д., 49°10' пн.ш.). За схемою геоботанічного районування Українських Карпат територія болота належить до району смереково-ялицево-букових і ялицево-смереково-букових лісів [4]. У сучасному рослинному покриві торфовища переважають ценози асоціації *Sphagnetum (magellanicum) eriophorosum (vaginatum)*, *Sphagnetum (fusci et rubelli) empetrosum (nigrae)*, які в центральній частині торфовища, де й був закладений розріз, представлені у найбільш чистому вигляді (проективно вкриття мохового ярусу 100%). У чагарничково-трав'яному ярусі трапляються *Ledum palustre*, *Eriophorum vaginatum*, *Empetrum nigrum*, *Oxycoccus palustre*. Деревний ярус сформований поодинокими, у т. ч. мертвими, особинами *Picea abies*, *Pinus sylvestris*, *Betula pendula*.

Сучасний видовий склад рослинних угруповань болота, низькі зольність і вміст кальцію та магнію (таблиця) свідчать про оліготрофне походження болота [3]. Загальна глибина торфовища від поверхні до ложа сягає за нашими даними 4 м.

Увесь розріз за вмістом хімічних елементів і зольністю можна розділити на дві частини: сапропель (нижче 3 м) і власне торфові відклади, які і є предметом нашого дослідження. Торф'яна товща болота Мішок більш-менш однорідна від поверхні до глибини 3.0 м зі ступенем розкладу від 2-3 (майже нерозкладений-слабо розкладений) до 5 (середньорозкладений) балів ступенем розкладу за 10 бальною шкалою вон Поста (von Post) [9].

Торф відбирали в центральній частині болота буром Гелера з довжиною робочої частини 50 см у трьох повторностях. Для аналізу на вміст хімічних елементів зразки висушували за 40°C і спалювали за 450°C. Золю розчиняли в суміші кислот $\text{HNO}_3\text{-H}_2\text{SO}_4$ (1:1) при нагріванні (кінцева концентрація кислот у пробі – 2%). Pb, Cd, Zn, Fe, Mn, Cu визначали атомно-абсорбційним методом у полум'ї пропан-бутан-повітря, Al – колориметрично з алюміном [6], Ca та Mg – комплексонометрично з мурексидом і метилтиоловим синім [3]. Межа визначення методом ААС Pb – 2, Cu – 0,2, Mn – 1, Zn – 0,2, Cd – 0,1, Fe – 1 мкг/г; Al – 2 мкг/г; Ca і Mg – 0,1 мг/г. Визначення проводили у трьох повторностях. Відносна похибка визначення за $P=95\%$ не перевищувала 5%.

Для датування торфового профілю використовували як наші дані (345 см – 2312±80 [Ki-13544] – SA-1, 200 см – 1097±80 [Ki-13543] – SA-2, так і дані Безусько зі співавторами [5] (70 см – 470±50 [Ki-15390] – SA-3, 40 см – 280±50 [Ki-15389] – SA-3).

Результати та обговорення. Результати радіовуглецевого датування свідчать, що торфовище Мішок формувалося більше 2000 років. Цей проміжок часу охоплює практично весь субатлантичний період голоцену (0-2500 років тому). У межах субатлантичного періоду відбувалися значні кліматичні коливання, які впливали на рослинний світ і, відповідно, могли впливати на формування досліджуваного болота, на елементний склад, зокрема. Субатлантичний період почався від середини 1 тис. до н.е. завершенням похолодання залізного віку і початком римського кліматичного оптимуму, який тривав до початку 4 ст. н.е. (глибина 265-270 см і глибше). Наступний відносно короткий і слабо виражений холодний сухий період – кліматичний песимум раннього середньовіччя (шар 270-200 см). Після цього короткого песимуму від 800 до 1300 рр. (шар торфу 200-90 см) клімат знову потеплів (період середньовічного потепління) і середньорічна температура піднялася майже до рівня римського оптимуму. Далі, у період від початку 14 до початку 20 століття, потепління змінилося більш холодним песимумом, відомим як малий льодовиковий

період (шар торфу 90-10 см). Малий льодовиковий період на початку 20 століття змінився сучасним кліматичним оптимумом, підсиленим антропогенними факторами (парниковий ефект) (шар торфу 10-0 см, відсутній).

Історичні документи та палеопалінологічні матеріали свідчать, що заселення та ведення сільського господарства у верхніх долинах річки Сян розпочалося у 15–16 століттях [10]. Палеопалінологічні дослідження, проведені на болоті Мішок, також підтверджують, що, принаймні останні 500 років зміни рослинного покриву на території Регіонального ландшафтного парку “Надсянський” відбувалися як під впливом природних, так і антропогенних чинників [5].

Статистична обробка значень зольності і концентрацій досліджуваних елементів у шарах торфу (метод Холма) не виявила достовірної різниці вмісту металів і зольності між шарами, сформованими у теплі і холодні періоди субатлантичного періоду голоцену.

Зольність тісно корелює з вмістом алюмінію ($r=0.85$, $p=0,05$), що свідчить про вплив на зольність алюмосилікатного матеріалу привнесеного в процесі вивітрювання гірських порід. Підвищення зольності, вмісту алюмінію, заліза, марганцю у зоні близькій до глибини 270 см і нижче спричинене, в першу чергу, близькістю мінерального дна (ложа), збагаченого цими елементами.

Верхня частина торфовища (шар 10-60 см) збагачена практично всіма досліджуваними елементами, у тому числі можливого техногенного походження (Pb, Cd, Zn, Cu). Беручи до уваги, що кількість днів з вітрами західних румбів в Карпатах перевищує дві третини від загальної кількості [1; 7], то, гіпотетично, вміст важких металів у торфі міг би зростати з шарів, що відповідають середині IX століття (шар 10-20 см), коли у Західній Європі з розвитком промисловості відбулося різке збільшення кількості спаленого вугілля [8]. Однак, відсутність істотної різниці між шарами торфу 10-20 см і шарами 20-30, 50-60 см, коли суттєвого антропогенного впливу ще не було, не дає підстав стверджувати, що зазначене зростання промисловості у Західній Європі відобразилося на елементному складі болота Мішок. Крім того, підвищення вмісту Pb, Cd, Zn, Cu відбувається одночасно зі зростанням зольності та концентрації Ca, Mg, Mn – елементів-органогенів, що теж не дає змоги стверджувати про техногенне походження цих елементів. Значне зростання зольності та вмісту Ca, Mg, Mn паралельно із підвищенням концентрації Pb, Cd, Zn, Cu свідчить про вплив на елементний склад верхніх шарів торфу, передусім, природних факторів.

Табл.
Вміст хімічних елементів у торфі сфагнового бо-
лота Мішок (Регіональний ландшафтний парк
“Надсянський”, Українські Карпати, 2008 р.).

Tab.
The content of chemical elements in peat bog sphagnum
Bag (Regional landscape park "Nadsyansky "
Ukrainian Carpathians, 2008).

Датування, роки	Глибина, см	Ca	Mg	Zn	Cd	Fe	Mn	Pb	Cu	Al	Зольність, %
		мг/г		мкг/г							
	10-20	1,6	0,8	79,5	2,31	567	20,4	24,5	4,5	1428	4,84
	20-30	1,2	0,7	56,5	2,41	478	19,9	19,7	3,1	1110	5,10
1790-1725*	30-40	0,8	0,6	38,5	0,92	450	3,0	16,9	1,2	1192	3,25
	40-50	0,7	0,5	28,5	0,74	449	3,0	11,1	1,3	1176	3,09
	50-60	1,4	0,5	56,5	1,34	636	12,7	25,8	2,7	1099	3,76
1595-1530*	60-70	0,8	0,6	29,8	0,43	443	5,7	13,9	1,2	1082	3,33
	70-80	0,8	0,3	14,6	0,27	388	3,3	11,1	1,0	893	1,99
	80-90	1,0	0,7	11,7	0,30	348	2,9	11,1	1,3	875	1,91
	90-100	0,7	0,4	10,1	0,26	297	2,0	11,9	1,0	1127	3,05
	100-110	1,0	0,4	18,4	0,24	455	3,9	17,4	1,0	935	2,35
	110-120	0,8	0,5	14,2	0,21	427	2,8	13,6	0,6	938	2,65
	120-130	0,8	0,4	8,0	0,18	351	2,7	12,3	0,4	937	1,71
	130-140	0,8	0,4	10,3	0,19	393	4,7	10,2	0,6	644	1,64
	140-150	1,0	0,9	12,7	0,23	438	6,6	14,4	1,0	731	1,91
	150-160	1,0	0,4	11,3	0,25	416	8,0	13,7	1,1	705	1,87
	160-170	1,2	0,3	9,4	0,16	408	7,3	10,6	0,8	592	1,44
	170-180	1,5	0,4	8,6	0,21	478	11,8	12,3	0,7	529	1,35
	180-190	1,3	0,5	8,1	0,14	627	13,5	9,4	0,6	533	1,25
-900 р. н.е.**	190-200	1,3	0,5	8,4	0,20	724	16,6	8,8	0,7	639	1,59
	200-210	1,4	0,4	9,0	0,19	630	15,1	12,9	1,1	618	1,41
	210-220	1,8	0,5	9,1	0,26	1040	25,8	7,6	1,6	698	1,66
	220-230	1,1	0,3	5,8	0,08	819	18,5	4,6	1,3	503	1,08
	230-240	1,4	0,4	6,0	0,25	1112	24,2	3,9	2,0	499	1,58
	240-250	2,4	0,3	7,6	0,11	1376	56,9	3,3	1,7	551	1,74
	250-260	2,4	0,4	12,8	0,21	1371	65,0	4,5	1,5	612	1,86
	265-270	2,0	0,3	13,9	0,25	1064	76,5	8,8	2,0	719	1,96
	270-280	1,5	0,2	3,8	0,08	2524	38,2	0,9	1,8	992	3,25
	280-290	2,1	0,2	4,4	0,10	3528	49,2	1,9	2,1	1099	2,82
	315-325	2,0	0,3	4,5	0,09	5618	70,7	2,8	3,5	2687	11,72
300 р. до н.е.**	325-345	2,7	0,4	7,1	0,16	7463	88,1	3,4	2,7	5196	27,57
	350-370	1,3	0,3	3,6	0,04	3026	38,1	1,7	2,7	1350	4,93

Примітка: *датування відповідно до [Безусько, 2009]; ** - наші дані.

Висновки. Верхня частина торфовища, порівняно із давніше сформованими шарами, збагачена досліджуваними елементами, однак підстав для твердження про техногенне походження цих елементів недостатньо – кореляція вмісту важких металів із вмістом елементів-біофілів та зольністю, відсутність істотної різниці вмісту металів відносно давніших шарів, коли суттєвого антропогенного впливу ще не було свідчить про формування торфяної товщі під впливом природних факторів.

Достовірної різниці вмісту металів і зольності між шарами торфу, сформованими у теплі і холодні періоди субатлантичного періоду голоцену, не виявлено. Зольність торфу тісно корелює з вмістом Al ($r=0.85$, $p=0.05$), що є наслідком впливу на елементний склад торфу алюмосилікатного матеріалу привнесеного в процесі вивітрювання гірських порід. Підвищення зольності, вмісту Al, Fe, Mn у зоні торфових відкладів близькій до глибини 270 см і нижче спричинене, в першу чергу, близькістю мінерального дна (лож) болота, збагаченого цими елементами.

Список літератури

1. Алисов Б.П. Климатические области и районы СССР. М.: ОГИЗ, 1947. 210 с.
2. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. М.: МГУ, 1970. 488 с.
3. Геохимия озерно-болотного литогенеза. Под ред. акад. К.И. Лукашева. Минск: Наука и техника, 1971. 284 с.
4. Голубець М.А., Малиновський К.А. Рослинність. Природа Українських Карпат. Львів: Львівський ун-т, 1968. С. 125-155.
5. Безусько А. Г., Ярема І. В., Безусько Л. Г., Тасенкевич Л. О., Данилюк К. М., Ковалюх М. М. Палінологічні та радіохронологічні характеристики відкладів пізнього голоцену сфагнового болота Мішок (Львів-

ська область, Україна). Наукові записки. Біологія та екологія. Національний університет "Києво-Могилянська академія", 2009; 93: 3-10.

6. Практикум по агрохімії. Под ред. В.Г. Минеева. М: МГУ, 1989. 304 с.

7. Украинские Карпаты. Природа. Под ред. М.А. Голубца и др. Киев: Наукова думка, 1988. 208 с.

8. Martin Novak, Yigal Erel, Leona Zemanova, Simon H. Bottrell, Marie Adamova. A comparison of lead pollution record in Sphagnum peat with known historical Pb emission rates in the British Isles and the Czech Republic. Atmospheric Environment, 2008; 42: 8997–9006.

9. McKeague J.A. Manual on soil sampling and methods of analysis. Second edition. Soil Research Institute, Agriculture Canada, Ont., 1978. 212 p.

10. Ralska-Jasiewiczowa M. Vegetational changes in the montane grassland zone of the High Bieszczady mountains (southeast Poland) during the last millennium – pollen records from deposits in hanging peat-bogs. Veget. Hist. Archaeobot, 2006; 15: 391–401.

11. Shotyk W., Cheburkin A. K., Appleby P. G., Fankhauser A., Kramers J.D. Two thousand years of atmospheric arsenic, antimony and lead deposition recorded in an ombrotrophic peat bog profile, Jura Mountains, Switzerland. Earth Planet Sci Lett, 1996; 145: 1-7.

12. Weiss D., Shotyk W., Appleby P., Kramers J., Cheburkin A. Atmospheric Pb deposition since the Industrial Revolution recorded by five Swiss peat profiles: enrichment factors, fluxes, isotopic composition, and sources. Environmental Science & Technology, 1999; 33: 1340–1352.

13. Martínez Cortizas A., García-Rodeja E., Pontevedra Pombal X., Nóvoa Muñoz J.C., Weiss D., Cheburkin A. Atmospheric Pb deposition in Spain during the last 4600 years recorded by two ombrotrophic peat bogs and implications for the use of peat as archive. The Science of the Total Environment, 2002; 292: 33–44.

CHEMICAL ELEMENTS IN THE PROFILE OF SUBATLANTIC PERIOD OF HOLOCENE OF OLIGOTROPHIC BOG MISHOK (REGIONAL LANDSCAPE PARK NADSANSKY, UKRAINIAN CARPATHIANS)

Andriieva O., Maryshevych O., Kozlovskyy V.

Chemical elements composition of oligotrophic bog with peat layers dated by radiocarbon method to the period from 1920 to 300 BC was investigated. Distribution of Pb, Cd, Zn, Cu in peat slices increased considerably closer to the bog surface. Close correlation of technogenic heavy metals content with ash and Al, Ca, Mg, Mn, Fe (lithophilic and biophilic elements) content, no significant difference in metals content relatively to older layers, where significant human impact has not been evidence, indicates the formation of peat bog under the influence of natural factors. Changes in the ash content closely correlates with the aluminum content, what indicate a decisive influence of aluminasilicate material formed during local rock weathering processes on the chemical content of the peat profile. Increased ash, aluminum, iron and manganese content in the lower layers of peat profile is due to the proximity of mineral bottom enriched with these elements.

Key words: ombrotrophic peat bogs, heavy metals, Ukrainian Carpathians.

ВИДОВЕ РІЗНОМАНІТТЯ СТРЕПТОМІЦЕТІВ В ТЕХНОЗЕМАХ ХВОСТОСХОВИЩ ЗА ЇХ БІОЛОГІЧНОЇ РЕКУЛЬТИВАЦІЇ

О. В. СИЩИКОВА

Криворізький ботанічний сад НАН України, 50089, Кривий Ріг, вул. Маршака, 50,
e-mail: oksana741015@rambler.ru

Наведено результати дослідження впливу біологічної рекультивації хвостосховищ ВАТ “Північний гірничозбагачувальний комбінат” на структурний стан угруповання стрептоміцетів. Показано, що найбільше видове багатство стрептоміцетів відмічено на ділянці хвостосховища під насадженнями *Leymus sabulosus* (Bieb.) Tzvel (в 1,6 рази вище у порівнянні з *Rhus hirta* (L.) Sudw.), що може свідчити про створення найсприятливіших умов для формування сталого ценозу стрептоміцетів на даній моніторинговій ділянці. Серед виділених видів домінують були *S. grisinus*, *S. dayalbaghensis*, *S. sporostellatus*, *S. violobrunneus*, *S. conganensis* і *S. albocrustus*.

Ключові слова: стрептоміцети, біорізноманіття, техноземи, біологічна рекультивація

Вступ. Діяльність промисловості в Криворізькому залізорудному басейні призводить до значного впливу на природне середовище різних хімічних сполук та утворення штучних біогеохімічних провінцій – хвостосховищ з формуванням біоценозів з специфічними особливостями складових компонентів (Панас, 1989, Просандеев, Дигурко, 1991, Сищикова, 2009). Все це призводить до необхідності біологічної рекультивації порушених ґрунтів і вивчення сукцесійних перебудов мікробіоценозу в процесі рекультивації хвостосховищ. Дослідженнями І.Х.Узбека (Узбек, 2006) показано, що формування рослинного покриву значно впливають на пул мікроорганізмів в техногенних ґрунтах. Культурфітоценози сприяють збільшенню кількості мікроорганізмів у верхніх шарах едафотопів та стабілізації конструкції мікробного ценозу відповідно до фізико-хімічних властивостей різних техноземів. Л.В.Єтеревською (Єтеревская, Момот и др., 2006) доведено, що рослинний покрив активно впливає на ґрунтоутворний процес через збалансування структури і підвищення функціональної активності мікробних угруповань. На сьогодні на жаль роль рослинного фактору у формуванні сталих угруповань стрептоміцетів в техноземах практично не вивчалась, зокрема недостатньо досліджені зміни видового різноманіття стрептоміцетів під різною рослинністю (Chrapkova, Kristufek 2010, Kamnev, van der Lelie, 2000). Тоді як, розв'язання зазначеного питання сприятиме створенню штучних рослинних насаджень з оптимальними умовами мінерального живлення рослин.

Об'єкт і методи досліджень. Дослідження проводили на хвостосховищах ВАТ “Північний гірничозбагачувальний комбінат”, ділянки були закладені на дамбах з штучними насадженнями *Rhus hirta* (L.) Sudw. і *Leymus sabulosus* (Bieb.) Tzvel. та чорнозем звичайний – балка Північна

Червона (м.Кривий Ріг). Відбір ґрунтових зразків проводили за загальноприйнятими методиками (Якість ґрунту, 2008, Методы почвенной..., 1980). Для посіву і подальшого виділення стрептоміцетів готували ґрунтову суспензію, яку висівали на тверде поживне середовище – крохмале-аміачний агар. Виділення чистої культури стрептоміцетів здійснювали чашечним методом виснажувального штриха з подальшим перенесенням культури з ізольованої колонії в пробірку (Руководство к практическим занятиям..., 1995). Ідентифікацію мікроорганізмів роду *Streptomyces* проводили з використанням методичних вказівок визначника актиноміцетів Г.Ф.Гаузе (Определитель актиномицетов..., 1983), опису видів актиноміцетів роду *Streptomyces* (Валагурова, Козырицкая и др., 2003) та комп'ютерної програми їх ідентифікації *StmId*. Для аналізу структури угруповань стрептоміцетів техноземів використовували загальноприйняті в екології інформативні критерії. Ступінь домінування виду в угрупованні розраховували за індексом Бергера-Паркера. Для оцінки видового багатства угруповань стрептоміцетів застосовувався індекс Маргалєфа (Мэгарран, 1992).

Результати та їх обговорення. Нашими дослідженнями встановлено, що фіторекультивація техноземів дамб хвостосховищ колосняком чорноморським сприяє підвищенню видового багатства і зростанню біотичного різноманіття у порівнянні з іншими моніторинговими ділянками, яке досягає значень зонального ґрунту. Аналогічна закономірність показана в роботі А.Камнев та D.van der Lelie, якими доведена можливість використання рослин і пов'язаних з ними ґрунтових мікроорганізмів для фіторекультивації забруднених важкими металами ґрунтів (Kamnev, van der Lelie, 2000).

Табл.
Індекси екологічного різноманіття угруповань
стрептоміцетів моніторингових ділянок

Моніторингова ділянка	Dmg			I/d			Cs		
	Весна	Літо	Осінь	Весна	Літо	Осінь	Весна	Літо	Осінь
Ділянка 3	3,0	3,6	2,2	6,5	10,1	3,9	0,65	0,68	0,56
Ділянка 4	2,8	3,0	1,5	5,6	5,3	2,9	0,69	0,63	0,47
Ділянка 12	3,3	3,5	4,2	4,5	7,2	4,5	—	—	—

Примітка: ділянка 3 – дамба хвостосховища з насадженнями колосняку чорноморського; ділянка 4 – дамба хвостосховища з насадженнями сумаху пухнастого; 12 – балка Північна Червона; Dmg – індекс Маргалефа, I/d – індекс Бергера-Паркера, Cs – коефіцієнт Серенсена.

У весняний період на зазначеній моніторинговій ділянці відмічені максимальні значення індексів Маргалефа та Бергера-Паркера, що в свою чергу скоріш за все і обумовлює досить високий показник (0,65) ступеня схожості даного угруповання з ценозом чорнозему звичайного (табл.). В цей період в шарі технозему 0-10 см найбільш представленими були *S. griseus* – 26% та *S. spororutilis* – 18%, тоді як участь інших виділених видів в угрупованні стрептоміцетів не перевищувала 11% (рис.). В нижчих горизонтах частка *S. luteolucescens* у формуванні ценозу зростає до 18,5% та *S. dayalbaghensis* – до 25%. В літній період видове багатство технозему під насадженнями колосняку чорноморського продовжує зростати (Dmg = 3,6), а також в 1,6 рази збільшується біотичне різноманіття угруповання стрептоміцетів в порівнянні з весною, що і може пояснювати досить високий (0,68) рівень схожості угруповань техногенного і зонального ґрунтів. Серед видів з високим відсотком участі відмічені *S. violaceomaculatus* – 17,2% (0-10 см), *S. aerionidulus* – 21,3% (10-20 см) і *S. sporoherbeus* – 23,1% (20-30 см). Восени нами встановлене збіднення ценозу стрептоміцетів за рахунок зменшення кількості виділених видів. Зазначена закономірність підтверджується зниженням в 2,6 і 1,6 разів значень індексів Бергера-Паркера і Маргалефа, а також коефіцієнта Серенсена у порівнянні з попереднім періодом досліджень. Домінуючим видом в цей час є *S. violobrunneus*, доля участі якого варіює від 22,6% в шарі 10-20 см до 26,5% в шарах 0-10 та 20-30 см. Аналіз отриманих даних при вивченні структури угруповання стрептоміцетів в техноземі під насадженнями сумаху пухнастого показав, що на відміну від попереднього, на зазначеній ділянці видове різноманіття менше на протязі всього періоду досліджень (табл.). Індекс видового багатства зменшився на 7-32%, порівняно з використанням колосняку чорноморського для фіторекультиватії. Встановлена закономірність підтверджується зменшенням в 1,2-1,9 разів значень індексу Бергера-Паркера в залежності від сезону досліджень. Водночас коефіцієнт Серенсена для ценозу стрептоміцетів в пет-

Таб.
Indices environmental groups streptomycetes variety of
monitoring sites

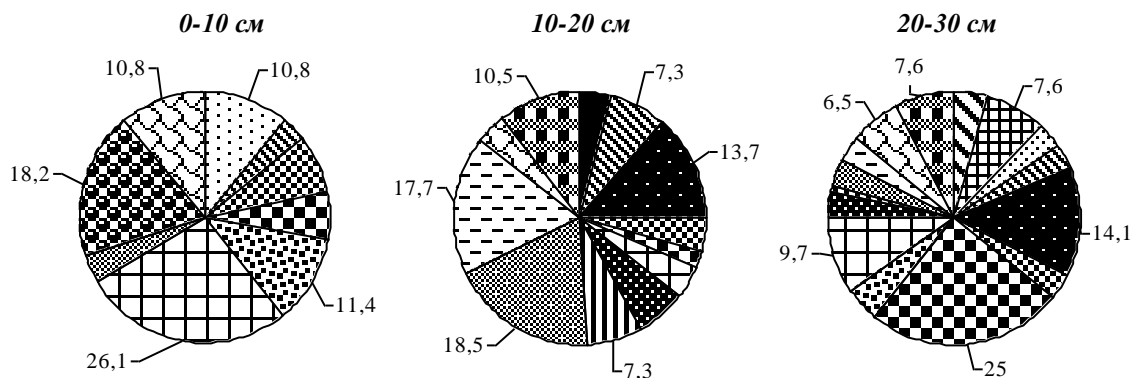
роморфному техноземі під насадженнями сумаху пухнастого практично не відрізняється від технозему з колосняком чорноморським, що свідчить про достатню схожість з угрупованням стрептоміцетів чорнозему звичайного. Видами, які навесні переважали в ценозі є *S. nigriaromaticus* – 26,5% (шар ґрунту 0-10 см), *S. sporostellatus* – 21,6% (10-20 см) і 16,5% (20-30 см); влітку – *S. aerionidulus* – 23,7% (0-10 см) і 22,7% (20-30 см), а також *S. enduracidicus* і *S. hofunensis* по 14,3% (10-20 см) (рис.). Восени відмічене значне звуження ценозу стрептоміцетів в усіх шарах технозему до 2 видів (*S. griseus* та *S. violobrunneus*) в шарі 20-30 см. В верхньому шарі домінують *S. violobrunneus* (31,4%) і *S. sporostellatus* (21,4%), в шарі 10-20 см – *S. violobrunneus* (44,8%) і *S. albocrustus* (25,9%). Таким чином, для фіторекультиватії техноземів хвостосховищ більш ефективним, у порівнянні з сумахом пухнастим, є колосняк чорноморський для відновлення видового різноманіття угруповання стрептоміцетів.

Висновки. Використання колосняку чорноморського в біологічній рекультиватії техноземів дамб хвостосховищ ефективніше, ніж сумаху пухнастого. Свідченням зазначеного є збільшення в 1,2 рази видового багатства і майже вдвічі різноманіття угруповання стрептоміцетів. Серед виділених видів домінантними були *S. griseus*, *S. dayalbaghensis*, *S. sporostellatus*, *S. violobrunneus*, *S. conganensis* і *S. albocrustus*.

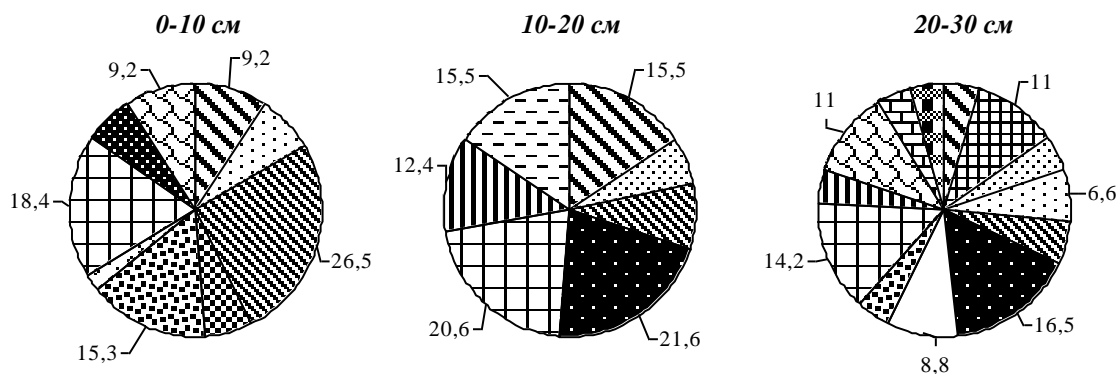
Список літератури

1. Валагурова Е.В. Актиномицеты рода *Streptomyces*, описание видов и компьютерная программа их идентификации / Валагурова Е.В., Козырицкая В.Е., Иутинская Г.А. – К.: Наукова думка, 2003. – 618 с.
2. Етеревская Л.В. Научные основы и прикладные аспекты восстановления почвенного покрова в техногенных ландшафтах Украины / Етеревская Л.В., Момот А.Ф., Лехциер Л.В. // История і сучасність ґрунтознавства і агрохімії в Україні. Харків, 2006. – С.112-129.
3. Методы почвенной микробиологии и биохимии / Под ред. Д.Г.Звягинцева. – М.: Изд-во МГУ, 1980. – 213 с.

Дамба хвостосховища з насадженнями *Leytus sabulosus*



Дамба хвостосховища з насадженнями *Rhus hirta*



Балка Північна Червона

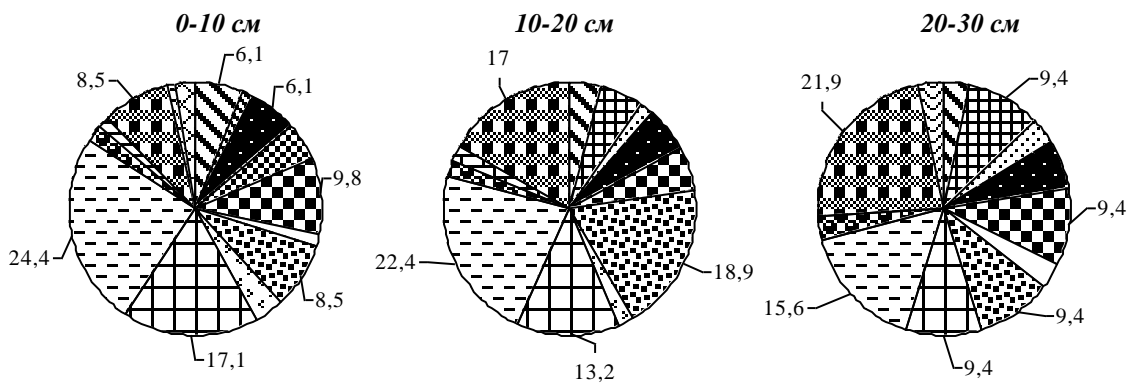
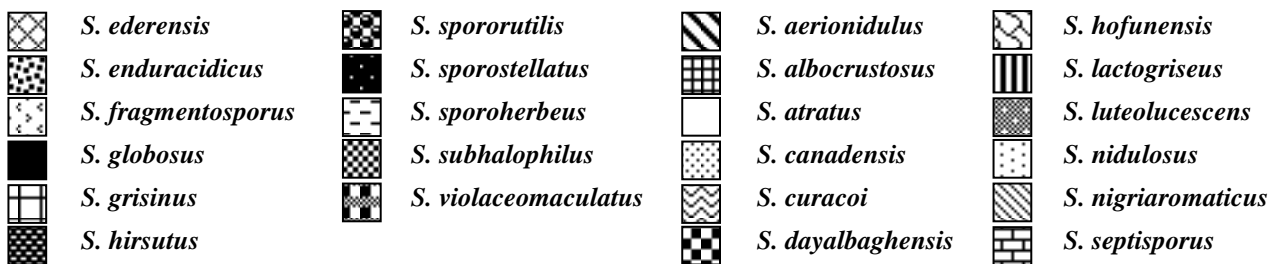


Рис. Участь видів в угрупованні стрептоміцетів (%) на моніторингових ділянках

Fig. 1. Participation species grouping streptomycetes (%) for monitoring areas



4. Мэгарран Э. Экологическое разнообразие и его измерение / Мэгарран Э. – М.: Мир, 1992. – 184с.
5. Определитель актиномицетов. Роды *Streptomyces*, *Streptoverticillum*, *Chainia* / [Г.Ф. Гаузе, Т.П. Преображенская, М.А. Свешникова и др.]. – М.: Наука, 1983. – 248 с.
6. Панас Р.Н. Агроекологические основы рекультивации земель / Панас Р.Н. – Львов: Изд-во Львов. ун-та, 1989. – 160 с.
7. Просандеев Н.И. Пути рационального использования земель при производстве горных работ / Н.И.Просандеев, В.М.Дигурко // Проблемы природопользования Приднепровья. – К.: Наукова думка, 1991. – С. 110-114.
8. Руководство к практическим занятиям по микробиологии / Под ред. Н.С.Егорова. – М.: Изд-во МГУ, 1995. – 224 с.
9. Сищикова О.В. Екологічні особливості видового різноманіття угруповань стрептоміцетів в техногенних едафотобах: автореф. дис. на здобуття наук. ступення канд. біол. наук: спец. 03.00.16 “Екологія” / О.В. Сищикова. – Київ, 2009. – 21с.
10. Узбек И.Х. Микробоценозы эдафотопов техногенных ландшафтов степной зоны Украины / И.Х. Узбек, В.И. Шемавнев // Грунтознавство. – 2006. – Т. 7, № 1-2. – С. 128-132.
11. Якість ґрунту. Відбирання проб: ДСТУ 4287:2004 – [Чинний від 2005-01-01]. – К.: Держспоживстандарт України, 2008. – 12с. – (Національні стандарти України).
12. Chronakova A. Biodiversity of streptomycetes isolated from a succession sequence at a post-mining site and their evidence in Miocene lacustrine sediment / A. Chronakova, V. Kristufek, M. Tichy // Microbiol. Reser. – 2010. – Vol. 165. – P. 594-608.
13. Jendrosser D. Bacterial degradation of natural rubber: a privilege of actinomycetes / D.Jendrosser, G.Tomasi, R.M.Kroppenstedt // FEMS Microbiol. Lett. – 1997. – Vol. 150, № 2. – P. 179-188.
14. Kamnev A.A. Chemical and biological parameters as tools to evaluate and improve heavy metal phytoremediation / A.A.Kamnev, D.van der Lelie // Biosci. Rep. – 2000. – Vol. 20, № 4. – P. 239-258.

STREPTOMYCETES SPECIFIC VARIETY IN TEKHOZEMS OF TAILING PONDS UNDER THEIR BIOLOGICAL RECULTIVATION

Syshchykova O. V.

Are presented the results of research of biological recultivation of tailing ponds “Northern ore mining and processing combine” influence on the structure of streptomycetes association. It is set that streptomycetes most specific riches are marked on the area of tailing ponds under planting of *Leymus sabulosus* (Bieb.) Tzvel (in 1.6 time higher by comparison to *Rhus hirta* (L.) Sudw.) that can testify to forming of the best conditions for functioning of streptomycetes steady cenosis on this monitoring area. Among the selected species a dominant were *S. grisinus*, *S. dayalbaghensis*, *S. sporostellatus*, *S. violobrunneus*, *S. conganensis* and *S. albocrustusus*.

Keywords: streptomycetes, biodiversity, technozems, biological recultivation

СТРУКТУРА ПОПУЛЯЦІЙ МОЛЮСКІВ РОДУ *XEROPICTA* MTROS. В УРБОЛАНДШАФТІ ПІВДНЯ УКРАЇНИ: ФАКТОРНИЙ АНАЛІЗ

Л. М. ХЛУС

Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича, вул. Лесі Українки, 25, м. Чернівці, 58012
e-mail: khlus_k@rambler.ru

Метами кореляційного та факторного аналізу досліджена морфометрична структура популяцій двох видів роду *Xeropicta Monterosato*, 1892 з біогеоценозів з різним рівнем антропогенної трансформації. Виявлені спільні риси та специфічні особливості факторної структури конхологічної мінливості, обумовлені клімато-географічними та біотопічними відмінностями місцеіснувань. Істотний внесок у морфометричну мінливість ксеропікт в умовах півдня України належить фактору загальних пропорцій черепашок.

Ключові слова: *Xeropicta derbentina*, *X. krynickii*, морфометрична структура, кореляційний аналіз, факторний аналіз

Вступ. На території України зареєстровано 2 види роду *Xeropicta Monterosato*, 1892 (Mollusca: Gastropoda: Geophila: Hygromiidae) – *X. derbentina* (Krynicky, 1836) та *X. krynickii* (Krynicky, 1833) (Сверлова, 2006; Sysoev, Schileyko, 2009). Ареал *X. derbentina*, згідно класичних малакологічних зведень, охоплює Південний берег Криму, Кавказ і Малу Азію (Лихарев, Раммельмейер, 1952; Шилейко, 1978). Ареал *X. krynickii* охоплює Крим (тут вид розповсюджений широко), окремі місця вздовж узбережжя Чорного моря (Одеса, Новоросійск, Анапа), Ленкорань (звідки по долинах гірських річок піднімається до нагірно-степової зони Талиша), околиці Астрахані та Копетдаг, а за межами колишнього СРСР – також Болгарію, Грецію, Малу Азію та Іран (Лихарев, Раммельмейер, 1952; Шилейко, 1978). Дослідження останніх десятиліть показали, що в умовах півдня України у ксеропікт спостерігається розширення ареалу (значною мірою обумовлене антропохорним розселенням) і зміна спектра заселених біотопів (Попов, Коваленко, 2000). В даний час *X. derbentina*, яка раніше зустрічалася в Україні виключно на території Кримського півострова, широко розселилася в Північно-Західному Причорномор'ї. Вид відзначений також у Запорізькій області (Сверлова и др., 2006; Сон, 2009). Інвазійне розширення ареалу виду спостерігається і в Європі, де в даний час *X. derbentina* поширена в Східному Середземномор'ї і Чорноморському басейні: на Балканах, у Греції, Болгарії, Румунії, Туреччині, Грузії, на півдні Росії, а також у Провансі (Франція) (Aubry et al., 2005). *X. krynickii* відмічена в Одеській, Миколаївській та Херсонській областях (Сон, 2009). Поряд із розширенням ареалів обох видів роду, на території Кримського півострова змінився також спектр біотопів, які вони заселяють: моллюски регулярно реєструються на лісових галяви-

нах, вздовж лісосмуг, на трав'янистих газонах в населених пунктах, на пустирях вздовж автомобільних шляхів, на солончаках поблизу пляжів, де можуть утворювати щільні скупчення (Попов, Коваленко, 2000). Таким чином, в даний час обидва види ксеропікт не лише широко розселилися по Криму та Північно-Західному Причорномор'ю, але й входять тут до складу домінантного ядра наземної малакофауни більшості біоценозів. Окрім цього, спостерігається добре виражена схильність ксеропікт до синантропізації (Сверлова и др., 2006). Однак спеціальні дослідження мінливості цих моллюсків до недавнього часу не проводились.

Мета даної роботи – порівняльний аналіз структури метричної конхологічної мінливості просторово розмежованих популяцій двох видів роду *Xeropicta* Mtro. з природних та урбанізованих місцеіснувань на північних межах ареалу.

Об'єкт і методи. Проаналізовано 1065 черепашок статевозрілих моллюсків з повністю сформованою губою, зібраних в періоди активної життєдіяльності з природних та урбанізованих місцеіснувань на території Херсонської, Миколаївської та Одеської областей. *X. derbentina* – 4 вибірки з 3-х популяцій: м. Херсон – 2009 р. – 194 ос., 2011 р. – 54 ос. (околиця, берег Дніпра, з весни 2010 р. – пляжна зона, рекреаційне навантаження); Голопристанський р-н Херсонської обл. (степ, вдалині від населених пунктів) – 2011 р. – 22 ос.; с. Михайло-Ларино Жовтневого р-ну Миколаївської обл., 2011 р. – 33 ос. Збір *X. krynickii* здійснений в адміністративних межах м. Одеса на схилах берега моря вздовж пляжу «Аркадія» (рекреаційна зона, 2002 р. – 645 ос.) та на перелогах з трав'янистою рослинністю в Кілійському р-ні Одеської обл. (вдалині від населених пунктів, 1997 р. – 117 ос.).

Для морфологічної характеристики вибірок, частково описаної нами раніше (Хлус, Солонинко, 2012), використовували п'ять пластичних конхологічних ознак: висоту черепашки (ВЧ), її великий (ВД) та малий (МД) діаметри, висоту (ВУ) та ширину (ШУ) устя; та одну меристичну – кількість обертів (КО). Обраховували парні коефіцієнти параметричної кореляції (за Пірсоном) згаданих метричних ознак (Лакин, 1990). Отриману матрицю інтеркореляцій використовували як вихідний масив для факторного аналізу (Афифи, Ейзен, 1982), в ході якого визначали: 1) порядок факторної матриці (кількість змінних, використовуваних в аналізі); 2) власні значення вихідних змінних; 3) кількість ітерацій, достатню для вивчення спільностей та факторних навантажень; 4) спільність вихідних змінних (дисперсії, обумовлені наявністю спільних факторів); 5) факторні навантаження вихідних змінних; 6) кількість спільних факторів; 7) індивідуальні та кумулятивні частки загальної мінливості (дисперсії) для кожного з факторів. Факторний аналіз здійснювали із застосуванням пакета прикладних статистичних програм NCSS 2000. З метою полегшення інтерпретації факторів та спрощення структури факторних навантажень здійснювали ортогональну ротацію факторної матриці за методом varimax (Халафян, 2007). При проведенні факторного аналізу дотримувалися загальноприйнятих обмежень: відповідність досліджуваного набору ознак багатомірному нормальному закону розподілу, відсутність прямих причинно-наслідкових зв'язків між ними; кількість факторів та ознак задовільняє співвідношенню $p+m < (p+m)^2$; кореляційна матриця вихідного набору змінних зберігає стійкість при переході від однієї вибірки до іншої (обсяг вибірок забезпечує надійні оцінки коефіцієнтів кореляції) (Афифи, Ейзен, 1982). Спинялися на ітерації, яка першою дозволяла виділити три фактори.

Результати та їх обговорення. Проведений нами раніше конхіометричний аналіз показав, що в умовах Північного Причорномор'я черепашки *X. derbentina* з урбоценозу істотно більші, ніж у тварин, що населяють природні місцеіснування, при близьких їх загальних пропорціях (Хлус, Солонинко, 2012). Зокрема, інтегральний показник загальних розмірів – об'єм черепашки (ОЧ) молюсків з Херсону на 34,5 % більший, ніж у ксеропікт з Михайло-Ларина та на 36,1 % – ніж у молюсків з території невиснажливого використання (для коректності оцінки порівняння проводили тільки з вибіркою збору 2011 р.). Відмінності в ПлУ в цих парах порівняння досягають 26,9 % і 33,7 %, а ПрУ – 14,4 % і 18,4 % відповідно. *X. krynickii* з Одеси за інтегральними параметрами також виявилися більшими за тварин з неурбані-

зованого місцеіснування в Одеській обл. (ОЧ – на 14,6 %, ПлУ – на 9,6 %, ПрУ – на 6,2 %).

Для більш детальної характеристики структури мінливості черепашок видів роду *Xeropicta* з маргінальних популяцій оцінили кореляційні зв'язки пластичних та меристичної (КО) ознак вибірок з популяцій, що населяють селітебні та рекреаційні зони в адміністративних межах міст та сіл, а також – із зон невиснажливого використання. Виявилось, що, в цілому, загальна структура кореляційних зв'язків досліджуваних конхологічних параметрів обох видів має спільні риси: основні габітуальні показники в усіх популяціях достатньо тісно скорельовані між собою (табл. 1). Водночас, шестимірні матриці інтеркореляцій метричних конхологічних параметрів як різних видів, так і кожної з популяцій одного виду характеризуються специфічними рисами. Найбільш оригінальною є кореляційна матриця *X. derbentina* з Херсону-2009: тут тісно скорельовані лише радіальні параметри черепашки; кореляція середньої тісноти властива парам ВЧ-ВД та ВЧ-МД. Особливістю цієї популяції є повна відсутність кореляції устьових параметрів з усіма іншими та слабкий позитивний зв'язок між КО та габітуальними ознаками.

Сумарна частка тісно- та середньоскорельованих пар близька в усіх популяціях *X. derbentina* збору 2011 р. При цьому у ксеропікт з Херсону та Михайло-Ларина тісно скорельовані по 7 пар ознак: габітуальні, устьові, а також ВЧ-ШУ, ВД-ВУ, ВД-ШУ, а у молюсків зі степового біогеоценозу – тільки чотири: ВЧ-ВД, ВЧ-МД, ВЧ-ШУ, ВД-ШУ (див. табл. 1). У молюсків з усіх місцеіснувань кількість обертів слабо корелює з великим діаметром та шириною устя; у *X. derbentina* зі слабо урбанізованої та неурбанізованої територій слабка кореляція характеризує, крім цього, також пару ВУ-КО. Узагальнюючи вищевикладене, можна констатувати, що по мірі зменшення урбанізаційного навантаження у *X. derbentina* послаблюється зв'язок устьових параметрів з кількістю обертів черепашки.

У досліджених популяцій *X. krynickii* позитивна кореляція різної сили властива усім парам ознак. При цьому у молюсків з урбоценозу тісно скорельовані 13 пар ознак; кореляція середньої тісноти властива лише парам ВУ-КО та ШУ-КО. Найбільш оригінальною рисою кореляційної матриці ксеропікт з Одеси є наявність тісної позитивної кореляції між кількістю обертів та габітуальними параметрами черепашки. У молюсків з неурбанізованої території усі габітуальні ознаки тісно скорельовані між собою та з висотою устя. Ширина устя слабо корелює з КО (див. табл. 1).

При порівнянні кореляційних матриць *X. krynickii* з урбоєкосистем в межах нативної (АР Крим, міста Судак та Білогорськ, (Хлус,

Олійник, 2003) та інвазійної (Одеса) частин ареалу спостерігається зменшення тісноти кореляції устьових параметрів з габітуальними та між собою. КО у молюсків з Судака не корелює з пластичними ознаками, а у неспом'янутих ксеропікт з Білогорська між КО та пластичними ознаками існує кореляція середньої тісноти (Хлус, Олійник, 2003). В-цілому, 6-мірна матриця інтеркореляцій *X. krynickii* з природного місцезнаходження у Північному Причорномор'ї дуже близька до кореляційної матриці ксеропікт з Білогорська (міс-

то у передгір'ї, помірно рекреаційне навантаження), а від такої молюсків з Судака відрізняється лише зв'язками КО. раніше нами із залученням різних статистичних процедур (морфометричного, кореляційного, факторного аналізів, а також за допомогою узагальненої дисперсії та узагальненого коефіцієнта варіації) було продемонстровано негативний вплив рекреаційного навантаження на структуру згаданої популяції *X. krynickii* з Судака (Хлус, Олійник, 2003; Хлус, Олійник, 2005; Хлус, 2010).

Табл. 1.
Матриця інтеркореляцій метричних конхологічних параметрів молюсків роду *Xeropicta Mtro*.

Tab. 1.
Matrix interkorelyatsiy metric konholohichnyh parametriv mol'yuskiv kind *Xeropicta Mtro*

		ВЧ	ВД	МД	ВУ	ШУ	КО
Херсон – 2009							
ВЧ	Херсон – 2011	-	0,758	0,776	0,048	0,087	0,284
ВД		0,850	-	0,831	0,013	0,036	0,215
МД		0,861	0,845	-	0,037	0,078	0,276
ВУ		0,748	0,799	0,661	-	-0,009	-0,051
ШУ		0,838	0,860	0,728	0,827	-	-0,001
КО		0,578	0,317	0,531	0,560	0,404	-
Херсонська обл.							
ВЧ	Михайло-Ларино	-	0,857	0,850	0,704	0,805	0,582
ВД		0,837	-	0,744	0,731	0,822	0,224
МД		0,839	0,863	-	0,526	0,628	0,532
ВУ		0,745	0,806	0,681	-	0,795	0,359
ШУ		0,835	0,861	0,738	0,825	-	0,379
КО		0,574	0,336	0,505	0,342	0,414	-
Одеса							
ВЧ	Одеська обл.	-	0,938	0,952	0,954	0,872	0,806
ВД		0,944	-	0,990	0,912	0,863	0,801
МД		0,949	0,980	-	0,924	0,864	0,820
ВУ		0,919	0,947	0,943	-	0,853	0,762
ШУ		0,782	0,772	0,772	0,752	-	0,679
КО		0,624	0,601	0,609	0,571	0,435	-

Примітка: напівжирним шрифтом виділені коефіцієнти, що характеризують високу тісноту кореляції, напівжирним курсивом – кореляцію середньої тісноти.

Узагальнюючи вищевикладене, можна констатувати, що у обох досліджуваних видів роду зменшення сприятливості клімато-біотопічних умов та/або підвищення рівня антропогенного (зокрема, рекреаційного) навантаження призводить до збільшення тісноти кореляції конхіометричних параметрів.

На наступному етапі для оцінки структури морфометричної мінливості ксеропікт здійснили факторний аналіз, первинним масивом для якого була описана вище 6-мірна матриця інтеркореляцій конхіометричних параметрів. Отримана в ході аналізу факторна структура системи досліджуваних ознак обох видів показала, що морфометричну мінливість черепашок досліджуваної гру-

пи популяції істотно визначають три фактора (F1, F2, F3) (табл. 2).

Аналіз факторних навантажень показав, що у *X. derbentina* F1 визначається усіма основними габітуальними ознаками черепашок (окрім МД у популяції з неурбанізованої території) та обома устьовими (окрім ШУ у вибірці 2009 р. з Херсону); виходячи з цього, його було інтерпретовано нами як фактор загальних розмірів (враховуючи, що факторні навантаження всіх змінних від'ємні, F1 можна інтерпретувати як фактор загальних розмірів дрібних черепашок). Його внесок у мінливість усіх досліджуваних популяцій *X. derbentina* близький та становить від 42,16 до 50,58 %. Змістовно близький фактор (фактор за-

гальних пропорцій черепашок) був зареєстрований нами в усіх досліджених популяціях *X. krynickii* з Криму; його індивідуальна частка складала від 20,31 до 75,54 % (Хлус, 2008).

F2 змістовно може бути інтерпретований як фактор «спіралізації»; його внесок у загальну структуру мінливості зменшується в умовах невиснажливого використання (при відповідному зростанні внеску F3). F3 у трьох з чотирьох вибірок *X. derbentina* визначається усіма габітуальними ознаками, тому може бути інтерпретований як фактор загальних пропорцій черепашки; згідно величини основних факторних навантажень, в урбанізованих місцеснуваннях він більш істотно визначається радіальними параметрами, а у вибірці 2009 р. з Херсону значущими є тільки вони і F3 у цьому випадку відповідає фактору радіальних пропорцій черепашки. В усіх випадках факторні навантаження значущих змінних від'ємні. Хлус, 2008).

У *X. krynickii* F1 та F2 змістовно близькі до відповідних факторів *X. derbentina*. Проте у молюсків з Одеси в F1 значущими є факторні навантаження усіх шести змінних і усі вони – позитивні. Отже, це – фактор загальних розмірів крупнорозмірних черепашок, і саме їх мінливість значною мірою (>40 %) визначає варіабельність усієї системи досліджуваних ознак. F3 в обох популяціях *X. krynickii* змістовно близький до фактору

радіальних пропорцій черепашки; його внесок у загальну мінливість досліджуваної системи ознак менший у природному місцеснуванні (за рахунок збільшення внеску F1). Таким чином, істотні відмінності факторної структури конхологічної мінливості досліджуваних популяцій *X. krynickii*, ймовірно, насамперед, обумовлені рекреаційним навантаженням.

Узагальнюючи результати факторного аналізу, можна з упевненістю констатувати істотний внесок в морфометричну мінливість обох видів ксеропікт на північних межах їх сучасних ареалів фактора загальних розмірів черепашок.

Висновки. Отже, кореляційний аналіз показав, що морфометрична конхологічна мінливість досліджених маргінальних популяцій *Xeropicta derbentina* та *X. krynickii* характеризується як спільними рисами, так і специфічними особливостями структури. В умовах Північного Причорномор'я у обох досліджуваних видів роду *Xeropicta* Mtros. зменшення сприятливості клімато-біотопічних умов та/або підвищення рівня антропогенного (зокрема, рекреаційного) навантаження призводить до збільшення тісноти кореляції конхіометричних параметрів. Істотний внесок в морфометричну мінливість обох видів ксеропікт на північних межах їх сучасних ареалів належить фактору загальних розмірів черепашок

Табл. 2.

Характеристика основних факторів мінливості морфометричних показників *Xeropicta Mtros.*

Tab. 2.

Characteristics of the main factors of variability of morphometric parameters *Xeropicta Mtros.*

Популяції	Фактор	власне значення	індивідуальна частка	кумулятивна частка
<i>Xeropicta derbentina</i> Kryn.				
Херсон – 2009	F1	1,431	50,58	50,58
	F2	0,777	27,45	78,02
	F3	0,624	22,06	100,09
Херсон – 2011	F1	2,410	47,83	47,83
	F2	1,260	25,01	72,84
	F3	1,373	27,25	100,09
Херсонська обл.	F1	2,150	42,16	42,16
	F2	1,190	23,33	65,50
	F3	1,765	34,61	100,11
Михайло-Ларино	F1	2,419	48,65	48,65
	F2	1,252	25,18	73,84
	F3	1,305	26,24	100,08
<i>Xeropicta krynickii</i> Kryn.				
Одеса	F1	2,215	40,70	40,70
	F2	1,811	33,28	73,98
	F3	1,416	26,02	100,00
Одеська обл.	F1	2,157	43,13	43,13
	F2	1,774	35,46	78,59
	F3	1,071	21,42	100,01

Табл. 3.
Результати факторизації матриці інтеркореляцій морфометричних показників черепашок *Xeropicta Mtros.*

Tab. 3.
Results matrix factorization interkorelyatsiy morphometric parameters shells *Xeropicta Mtros.*

Параметри	Спільність	факторні навантаження		
		фактор 1	фактор 2	фактор 3
Херсон – 2009				
ВЧ	0,840	-0,658	-0,614	-0,174
ВД	0,927	-0,831	-0,219	-0,433
МД	0,949	-0,937	-0,515	-0,631
ВУ	0,001	-0,534	-0,009	-0,005
ШУ	0,011	-0,030	-0,100	-0,017
КО	0,105	-0,017	-0,277	-0,088
Херсон – 2011				
ВЧ	0,913	-0,607	-0,558	-0,483
ВД	1,008	-0,713	-0,141	-0,692
МД	0,888	-0,432	-0,498	-0,673
ВУ	0,760	-0,782	-0,250	-0,294
ШУ	0,899	-0,840	-0,303	-0,318
КО	0,576	-0,170	-0,726	-0,140
Херсонська обл.				
ВЧ	0,953	-0,543	-0,468	-0,662
ВД	1,006	-0,671	0,007	-0,746
МД	0,817	-0,302	-0,445	-0,727
ВУ	0,754	-0,798	-0,224	-0,257
ШУ	0,852	-0,806	-0,231	-0,385
КО	0,722	-0,161	-0,818	-0,166
Михайло-Ларино				
ВЧ	0,731	-0,611	-0,587	-0,429
ВД	0,844	-0,715	-0,178	-0,675
МД	0,892	-0,452	-0,476	-0,675
ВУ	0,850	-0,773	-0,241	-0,316
ШУ	0,900	-0,839	-0,331	-0,299
КО	0,425	-0,168	-0,695	-0,142
Одеса				
ВЧ	0,990	0,717	-0,579	-0,374
ВД	0,991	0,534	-0,544	-0,640
МД	0,995	0,544	-0,590	-0,592
ВУ	0,926	0,716	-0,504	-0,399
ШУ	0,812	0,669	-0,362	-0,483
КО	0,728	0,400	-0,667	-0,351
Одеська обл.				
ВЧ	0,981	-0,674	-0,656	-0,312
ВД	0,977	-0,614	-0,554	-0,542
МД	0,975	-0,611	-0,576	-0,519
ВУ	0,922	-0,614	-0,513	-0,531
ШУ	0,695	-0,714	-0,325	-0,282
КО	0,452	-0,259	-0,580	-0,220

Список літератури:

1. Афифи А., Эйзен С. Статистический анализ: Подход с использованием ЭВМ. – М.: Мир, 1982. – 488 с.
2. Лихарев И.М., Раммельмейер Е.С. Наземные моллюски фауны СССР. – М.: Изд-во АН СССР, 1952. – 512 с.
3. Лакин Г.В. Биометрия. – М.: Наука, 1990. – 352 с.

4. Попов В.Н., Коваленко И.С. Географическое распространение наземных моллюсков рода *Xeropicta* Montecosato, 1892, в Крыму – естественное расселение и влияние антропогенных факторов // Чтения памяти А.А. Браунера. Матер. конф. – Одесса: АстроПринт, 2000. – С. 23-29.

5. Сверлова Н.В. О распространении некоторых видов наземных моллюсков на территории Украины // *Ruthenica*. – 2006. – Т.16, № 1-2. – С. 119-139.
6. Сверлова Н.В., Хлус, Л.Н., Крамаренко С.С. и др. Фауна, экология и внутривидовая изменчивость наземных моллюсков в урбанизированной среде – Львов, 2006. – 226 с.
7. Сон М.О. Моллюски-вселенцы на территории Украины: источники и направления инвазии // Российский журнал биологических инвазий. – 2009. - № 2. – С. 37-48.
8. Халафян А.А. STATISTICA 6. Статистический анализ данных. – М.: ООО «Бином-Пресс», 2007. – 512 с.
- 9 Хлус Л.Н. Конхиологическая изменчивость наземного брюхоногого моллюска *Xeropicta krynickii* Кгун. (факторный анализ) // Проблемы почвенной зоологии (Материалы XV Всероссийского совещания по почвенной зоологии). – М.: Т-во научных изданий КМК, 2008. – С. 162-165.
10. Хлус Л.Н. Некоторые аспекты математико-статистического анализа морфометрической структуры популяций *Xeropicta krynickii* Кгун. (Geophila: Hygromiidae) // Поволжский экологический журнал. – 2010. – № 1. – С. 94-102.
11. Хлус Л.Н. Солонинко А.В. Структура популяций *Xeropicta derbentina* Кгун. в урболандшафте степной зоны Украины // Полевые и экспериментальные исследования биологических систем: матер. Всероссийской науч.-практ. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых. – Ишим: Изд-во ИГПИ им. П.П. Ершова, 2012. – С. 78-82.
12. Хлус Л.М., Олійник О.Д. Конхологічна мінливість *Xeropicta krynickii* Кгун. (кореляційний аналіз) // Біорізноманіття як ключовий елемент збалансованого розвитку: регіональний аспект. Матер. Всеукр. конф. молодих вчених. Миколаїв, 30-31 жовтня 2003 р. – Миколаїв: МДУ, 2003. – С. 210-213.
13. Хлус Л.М., Олійник О.Д. Структура конхологічної мінливості локальної популяції *Xeropicta krynickii* (Geophila: Hygromiidae) в урболандшафті // Біорізноманіття та роль зооценозу в природних і антропогенних екосистемах. Матер.3 Міжнар. конф. – 4-6 жовтня 2005 р., м. Дніпропетровськ. – Днепропетровск: изд-во ДНУ, 2005. – С.225-227.
14. Хлус Л.М., Солонинко А.В. Структура популяцій моллюсків роду *Xeropicta* Кгун. в урболандшафтах півдня України // Вісник Прикарпатського нац. ун-ту ім. Василя Стефаника. Серія – Біологія, 2012. – Вип. XVII. – С. 100-103.
15. Шилейко А.А. Наземные моллюски надсемейства Helicoidea. – Л., 1978. – 384 с. – (Фауна СССР. Моллюски; Т.3, вып. 6. Нов. сер. № 117.
16. Aubry S., Labaune C., Magnin F., Kess L. Habitat and integration within indigenous communities of *Xeropicta derbentina* (Gastropoda: Hygromiidae) a recently introduced land snail in South-Eastern France // Diversity and Distributions. – 2005. – V. 11, Iss. 6. – P. 539-547.
17. Sysoev A., Schileyko A. Land Snails and Slugs of Russia and Adjacent Countries. – Sofia – Moscow: Pensoft, 2009. – Series Faunistica. – № 87. – 454 p.

The structure of *Xeropicta Monterosato* populations in urbollandscape of the south of Ukraine: factor analysis

Khлus. L.M.

Morphometric structure of Xeropicta Monterosato, 1892 populations from habitats with different levels of anthropogenic transformation has been studied using the methods of correlative and factor analysis. Common and specific features of the factor structure of conchological variability of populations from different habitats have been revealed. Significant contribution to the morphometric variability of the species in the south of Ukraine makes the factor of general proportions of shells.

Key words: Xeropicta derbentina, X. krynickii, morphometric structure, correlative analysis, factor analysis

АКТИВНІСТЬ КАТАЛАЗИ У ТКАНИНАХ КОРОПІВ ЯК БІОМАРКЕР ГЕРБІЦИДНОГО ЗАБРУДНЕННЯ ВОДОЙМ

Т.В. МІЩЕНКО, А.В. ЗАВОРОТИНСЬКИЙ, А.О. ЖИДЕНКО

*Чернігівський національний педагогічний університет імені Т.Г. Шевченка
14001, Україна, м. Чернігів, taimi@inbox.ru*

Встановлено зміни активності каталази у тканинах цьоголіток коропів під впливом раундапу відносно контролю, проведено кореляційний, дисперсійний, регресійний аналізи для виявлення взаємозв'язку між показниками активності ферменту і концентрацією гербіцидів та прогнозування взаємозалежних змін цих величин. Найбільший зв'язок між корелюючими параметрами характерний для нирок, а тому у моніторингу забруднення водойм раундапом доцільно використовувати саме тканину цього органу. Виведено моделі лінійної регресії різної складності для розрахунку концентрації раундапу у воді за показниками активності каталази у тканинах коропів.

Ключові слова: короп, каталаза, раундап, кореляційний аналіз, дисперсійний аналіз, регресійний аналіз.

Вступ. Сьогодні існує потреба в оцінюванні наслідків антропогенних впливів на гідроекосистеми, причому необхідні результати не лише гідрохімічного аналізу, а й інтегральні, біологічні показники (Биологический..., 2007). Одним з важливих напрямків такого оцінювання є біоіндикація. Цей метод дозволяє оцінити екологічний стан середовища за реакціями організмів, що в ньому перебувають, на всіх рівнях їх біологічної організації. Переважна більшість методик біомоніторингу базується на використанні водних безхребетних (дафній, молюсків, гіллястовусих ракоподібних, фітопланктону, фітофільних макробезхребетних, зоопланктону та ін.), мікро- і макроводоростей, вищих водних рослин (Методи..., 2006; Перспективи..., 2008). Використання іхтіофауни розвинено значно гірше, хоча має свої переваги: відносно великі розміри об'єктів і тривалість життя, зручність використання, легкість визначення видової приналежності, можливість проведення досліджень з використанням мінімуму лабораторного обладнання, відносна легкість визначення структурних характеристик популяцій риб (Брагинский, Игнатюк, 2005). Взагалі, за умов комплексного використання природних вод та погіршення їх екологічного стану як тест-об'єкти доцільно використовувати організми, що інтегрують у собі особливості екосистеми, несприятливі ефекти комплексу різноманітних впливів, у тому числі токсичних, мають досить високу чутливість до змін умов середовища. Цим вимогам відповідають риби, що є кінцевим продуктом трофічних ланцюгів більшості водних екологічних систем (Котова и др., 1989). До того ж риби володіють резистентністю до сублетальних впливів різних речовин, можуть бути використані для прогнозування дії поллютантів на

водну екосистему і здоров'я людини, що вживає цю рибу в їжу (Кашулин и др., 1999).

Недоцільне використання пестицидів може призвести до значної трансформації екосистем. У невеликих кількостях вони пригнічують імунну систему організму, в більш високих проявляють мутагенний і канцерогенний ефекти (Broch at al., 2000; Tsui, Chu, 2003). Процеси пероксидного окислення ліпідів і стан антиоксидантної системи є інформативними показниками оцінки ступеня впливу токсикантів на організм, які можуть бути використані в розробці програм біомоніторингу. Метою нашого дослідження було виявлення найбільш показових маркерів забруднення водойм гербіцидами за допомогою статистичних методів аналізу серед показників активності каталази у тканинах цьоголіток коропів під впливом гербіциду раундап.

Об'єкт і методи. Дослідження проводилися на цьоголітках коропів (*Cyprinus carpio*), вирощених ВАТ «Чернігіврибгосп». Риба знаходилася в акваріумах ємністю 200 дм³ з відстояною водопровідною водою, яку постійно аерували і змінювали кожні три доби. Величина рН становила 7,50 ± 0,25, вміст кисню 5,6 ± 0,4 мг/дм³, температура відповідала природній (6,5-9,1 °С). Коропів розміщували з розрахунку 20 дм³ води на одну особину в трьох варіантах: 1) контроль (без внесення раундапу), 2) дія 1 ГДК раундапу (гранично допустима концентрація, 0,02 мг/дм³), 3) дія 2 ГДК раундапу. Діюча речовина раундапу – ізопропіламінна сіль гліфосату, 480 г/дм³, N-(фосфонометил)-гліцин. Необхідну концентрацію гербіциду створювали шляхом внесення розрахованої кількості 36% розчину раундапу і підтримували 14 діб. Активність каталази визначали у гомогенатах п'яти тканин: м'язів, печінки, мозку, зябер, нирок.

Визначення активності каталази проводили шляхом додавання до досліджуваної проби розчину пероксиду водню, реакцію зупиняли рівно через 10 хвилин внесенням розчину молібдату амонію. Через 5 хвилин додавали розчин трихлороцтової кислоти і центрифугували при 3000 об./хв. протягом 15 хвилин, після чого вимірювали оптичну густину досліджуваних та контрольної проб щодо відповідних нульових проб при 410 нм. Активність каталази розраховували за отриманими значенням оптичної густини (Агеев и др., 2008).

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; зв'язок між показниками метаболізму коропів і концентрацією гербіцидів визначали за допомогою кореляційного аналізу даних; вплив концентрації гербіцидів на показники коропів перевіряли однофакторним дисперсійним аналізом; прогнозування залежності між величинами показників коропів і концентрацією гербіциду здійснювали за допомогою лінійного регресійного аналізу та множинного регресійного аналізу.

Результати та їх обговорення. Отримані результати визначення активності каталази за дії 2 ГДК раундапу показали наступне. Активність ферменту достовірно знижується в зябрах в 1,5 і нирках – у 2,3 рази щодо контролю, в інших досліджуваних тканинах достовірні зміни не відбуваються. При цьому концентрація продуктів ПОЛ в тканинах змінюється по-різному. Так, відбувається накопичення гідропероксидів ліпідів: збільшення в мозку в 1,9 рази, в зябрах – в 1,6 і нирках – в 1,6 рази щодо контролю, а в м'язах і печінці, навпаки, спостерігається зниження величини показника відповідно в 2,3 і 2,0 рази. Отже, для перших трьох тканин характерний розвиток ПОЛ на стадії утворення гідропероксидів

ліпідів, що може бути пов'язано зі зниженням активності каталази в зябрах і нирках. Відомо, що у тварин збільшення рівня поліненасичених жирних кислот (ПНЖК) корелює з посиленням процесів ПОЛ. Риби є сприйнятливими до ПОЛ і більш залежними від антиоксидантного статусу організму, оскільки в складі ліпідів риб вміст ПНЖК вище, ніж у ссавців.

Для встановлення взаємозв'язку між показниками активності каталази у тканинах цього літоку коропів і концентрацією гербіцидів (0 ГДК, 1 ГДК, 2 ГДК) та прогнозування подальших взаємозалежних змін цих величин нами були проведені кореляційний, дисперсійний і регресійний аналізи ($p < 0,05$). Кореляційний аналіз активності каталази у тканинах коропів та концентрації раундапу показав, що найбільший зв'язок між цими величинами характерний для нирок ($r = -0,972$, сильний негативний зв'язок) (табл. 1). Виходячи з цього, були проведені дисперсійний та регресійний аналізи для даного показника. Дисперсійний аналіз засвідчив, що дійсно, середні значення активності каталази в нирках залежать від концентрації раундапу ($p < 0,05$). Регресійний аналіз дозволяє спрогнозувати концентрацію раундапу у воді залежно від зміни активності каталази у нирках. Рівняння регресійної залежності має вигляд:

$$K_p = 0,07 - 0,23 * T_n, \quad (1)$$

де K_p – концентрація раундапу (мг/дм^3) у водному середовищі; T_n – активність каталази у нирках коропів ($\text{ммоль H}_2\text{O}_2/\text{см}^3 \cdot \text{с}$). Величина адекватності регресійного рівняння $R^2 = 0,94$, що свідчить про високу апроксимацію.

Отже, з усіх досліджуваних тканин для моніторингу забруднення водою гербіцидом раундапу найбільш доцільно використовувати показник активності каталази у нирках цього літоку коропів. Рівняння регресійної залежності дозволяє розрахувати вміст раундапу у воді за експериментально встановленим показником активності каталази у нирках коропів.

Табл. 1.

Кореляційна матриця залежності між концентрацією раундапу (мг/дм^3) та активністю каталази у тканинах коропів ($\text{ммоль H}_2\text{O}_2/\text{см}^3 \cdot \text{с}$)

Tab. 1.

The correlation matrix relationship between the concentration of roundup (mg/dm^3) and catalase activity in carp tissues ($\text{mmol H}_2\text{O}_2/\text{sm}^3 \cdot \text{sec}$)

	Раундап	М'язи	Печінка	Мозок	Зябра	Нирки
Раундап	1					
М'язи	0,463	1				
Печінка	-0,768	-0,483	1			
Мозок	-0,783	-0,289	0,562	1		
Зябра	-0,870	-0,314	0,756	0,703	1	
Нирки	-0,972	-0,358	0,748	0,762	0,860	1

Також був проведений множинний регресійний аналіз даних показників: залежна змінна – концентрація раундапу; незалежні змінні – показники активності каталази у м'язах, печінці, мозку, зябрах, нирках. Результати лінійного регресійного аналізу отримано за допомогою програми SPSS. Оскільки для виконання аналізу був обраний метод включення незалежних змінних в регресійну модель STEPWISE, в результаті отримано кілька регресійних моделей. Відповідно до мети дослідження, основним результатом аналізу є друга регресійна модель, яка включає дві незалежні змінні (табл. 2).

Табл. 2.
Зведена таблиця моделі

Модель	<i>H</i>	<i>R</i> -квадрат	Скоригований <i>R</i> -квадрат	Стд. помилка оцінки
1	0,972 ^a	0,945	0,943	0,00395
2	0,980 ^b	0,960	0,958	0,00341

Примітка:

a. Предиктори: (конст) нирки

b. Предиктори: (конст) нирки, м'язи

c. Залежна змінна: концентрація раундапу

У зведеній таблиці моделі представлені показники, які характеризують якість побудованих регресійних моделей. Значення коефіцієнта детермінації (*H*) складає 0,980 (можливі значення від нуля до одиниці), що свідчить про наявність сильного лінійного взаємозв'язку між показником концентрації раундапу та активністю каталази у тканинах нирок та м'язів. Коефіцієнт *R*-квадрат складає 0,960. Це означає, що регресійна модель описує 96,0 % випадків, тобто концентрації раундапу у воді. Показники коефіцієнта детермінації та коефіцієнта *R*-квадрат для першої моделі нижчі, ніж для другої. Також значення стандартної помилки розрахунків першої моделі вище, ніж другої. Це вказує на доцільність включення в регресійну модель зазначених незалеж-

Табл. 3
Коефіцієнти множинної лінійної регресійної моделі

Модель	Нестандартизовані коефіцієнти		Стандартизовані коефіцієнти	t	Знч.	
	<i>B</i>	Стд. помилка				
1	(Константа)	0,065	0,002	32,786	0,000	
	нирки	-0,231	0,010	-0,972	-24,108	0,000
2	(Константа)	0,048	0,005	9,298	0,000	
	нирки	-0,220	0,009	-0,924	-24,834	0,000
	м'язи	0,336	0,094	0,133	3,569	0,001

a. Залежна змінна: концентрація раундапу

них змінних. Регресійні моделі, побудовані на основі отриманих даних, вірні для всієї генеральної сукупності в цілому.

Стандартизовані коефіцієнти регресії (Бета) показують відносну значимість незалежних змінних, включених в регресійну модель, тобто вони вказують на те, як сильно впливають досліджувані фактори (незалежні змінні) на стогову величину (залежну змінну) (табл. 3).

У нашому випадку найбільшу значимість має перша незалежна змінна (Бета = -0,924). Це означає, що практично концентрація раундапу визначається значенням активності каталази в нирках з поправкою на значення активності каталази в м'язах. У табл. 3 також представлені нестандартні коефіцієнти регресії (*B*). Вони є найбільш важливими показниками результатів аналізу, оскільки використовуються для побудови регресійної моделі (регресійного рівняння).

Результатом лінійного регресійного аналізу є модель лінійної регресії (регресійне рівняння):

$$Y=0,048-0,220*X_1+0,336*X_2, \quad (2)$$

де

Y – концентрація раундапу;

*X*₁ – значення активності каталази у нирках;

*X*₂ – значення активності каталази у м'язах.

Регресійна модель є універсальною, оскільки описує 96,0 % випадків, тобто концентрації раундапу. Вона може бути використана спеціалістами-екологами для прогнозування концентрації раундапу у воді на основі значень активності каталази в нирках та м'язах коропів.

Висновки. Таким чином, активність каталази у тканинах цьоголіток коропів під впливом раундапу зазнає змін відносно контролю, що дозволило провести детальний статистичний аналіз для встановлення взаємозв'язку між показниками активності ферменту і концентрацією гербіцидів та прогнозування подальших взаємозалежних змін цих величин.

Табл. 3.
The indexes of multiple linear regression model

У результаті проведення кореляційного, дисперсійного та регресійного аналізів виявлено, що найбільший зв'язок між даними величинами характерний для нирок, залежність є суттєвою, а тому для моніторингу забруднення водою раундапом доцільно використовувати саме цю тканину. Виведено моделі лінійної регресії різної складності (в тому числі множинна регресійна модель з двома незалежними змінними), що дозволяють спрогнозувати концентрацію раундапу у воді за показниками активності каталази у певних тканинах і можуть бути використані з цією метою спеціалістами-екологами.

Список літератури:

1. Агеев В. О. Антиоксидантний та імунний статус молодняку ВРХ за дії пробіотичних препаратів БПС-44 та БПС-Л / В.О. Агеев, С.В. Дерев'яко, Г.М. Дяченко // Наук. вісн. Львів. нац. ун-ту ветеринар. медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького. – 2008. – Т. 10, № 3. – Ч. 1. – С. 10–17.
2. Биологический контроль окружающей среды: биоиндикация и биотестирование / О.П. Мелехова, Е.И. Егорова, Т.И. Евсеева и др. – М.: Издательский центр «Академия», 2007. – 288 с.
3. Брагинский Л.П. Визуально фиксируемые реакции пресноводных гидробионтов как экспресс-индикаторы токсичности водной среды / Л.П. Брагинский, А.А. Игнатюк // Гидробиологический журнал. – 2005. – Т.41. – №4. – С. 89–103.
4. Кашулин Н.А. Рыбы пресных вод Субарктики как биоиндикаторы техногенного загрязнения / Н.А. Кашулин, А.А. Лукин, П.А. Амундсен. – Апатиты: Кол. Науч. Центр РАН, 1999. – 142 с.
5. Котова Л.И. Биологический контроль качества вод / Л.И. Котова, Л.П. Рыжков, А.В. Полина. – М.: Наука, 1989. – 144 с.
6. Методи гідроекологічних досліджень поверхневих вод / О.М. Арсан, О.А. Давидов, Т.А. Дяченко та ін. – К.: ЛОГОС, 2006. – 408 с.
7. Перспективы использования характеристик особей, популяций и сообществ рыб в системе биоиндикации качества воды и состояния гидросистем / А.Г. Антоновский, В.А. Демченко, Н.А. Демченко, Н.Н. Сурядная // Вісник запорізького національного університету. – 2008. – №1. – С. 30–34.
8. Broct T.C.M. Ecological risks of pesticides in freshwater ecosystems. Part 1: Herbicides / T.C.M. Broct, J. Lahr, P. Van den Brink. – The Netherlands. Alterra-Report 088, Wageningen, 2000. – 237 p.
9. Tsui M.T. Aquatic toxicity of glyphosate-based formulations: comparison between different organisms and the effects of environmental factors / M.T. Tsui, L.M. Chu // Chemosphere. – 2003. – V. 52. – P. 1189–1197.

CATALASE ACTIVITY IN CARP TISSUES AS BIOMARKER OF HERBICIDE WATER POLLUTION

T.V. Mishchenko, A.V. Zavorotynskyy, A.O. Zhidenko

Changes the activity of catalase in carp tissues under yearlings under the influence of roundup to control are examined, carried out the correlation, variance, regression analysis to identify the interrelation between enzyme activity and concentrations of herbicides and forecasting interrelated changes in these quantities. The biggest connection between correlating parameters is characterized for kidney, and therefore in monitoring water pollution roundup should be used this tissue of the body. Linear regression models of varying complexity to calculate the concentration of roundup in the water in indexes of catalase activity in tissues of carp is displayed.

Keywords: carp, catalase, roundup, correlation analysis, analysis of variance, regression analysis.

Отримано редколегією 30.05.2012

ДИФЕРЕНЦІАЦІЯ ЕКОТОПІВ ПОСТТЕХНОГЕННИХ ЛАНДШАФТІВ (ГІГРО- ТА ЛІТОХІМІЧНИЙ АСПЕКТ)

О. М. СМЕТАНА, О. О. ДОЛИНА, Ю. В. ЯРОЩУК

Криворізький ботанічний сад НАН України, м. Кривий Ріг, вул. Маршака, 50

Метою даної роботи є виявлення закономірностей диференціації екотопів в межах посттехногенних ландшафтів на прикладі відвалу залізрудного кар'єру. Вивчена просторова, літогеохімічна диференціація екотопів. Проведено аналіз екотопів за факторами рельєфу, розподілу снігового покриву та запасів води, локального коефіцієнту зволоження, фільтраційної здатності та літохімічної приналежності порід. Виявлено, що екотопічна неоднорідність посттехногенних ландшафтів є одним з важелів керування розвитком їх біологічного різноманіття.

Ключові слова: біогеоценотичний покрив, посттехногенний ландшафт

Вступ. Оптимізація довкілля в індустріальних містах неможлива без чітких даних про закономірності, глибину та характер впливу техногенезу на біогеоценотичний покрив. Відомості про закономірності розвитку біогеоценотичного покриву в цілому є фундаментом для розробки системи заходів з оптимізації стану навколишнього середовища регіону. Як відомо, в техногенних ландшафтах за допомогою техніки докорінно перебудовуються всі компоненти, зокрема едафічна та літологічна основи. Раціональне використання закономірностей екосистем індустріальних ландшафтів Криворіжжя є запорукою екологічно-збалансованого розвитку індустріальних регіонів.

Дотримання оптимального балансу між територіями, які інтенсивно експлуатуються, та такими, щодо яких запроваджуються спеціальні режими охорони та відтворення, забезпечить сталий розвиток України, підвищення її природно-ресурсного потенціалу, збереження цінних природних територій, біологічних ресурсів, що знаходяться на них, генетичного фонду тваринного та рослинного світу. Для забезпечення такого балансу в Україні формується екологічна мережа. Згідно закону України про екологічну мережу (Закон України, 2004) формування екомережі України відбувається шляхом створення єдиної територіальної системи, яка складається зі структурних елементів чотирьох типів: ключові, сполучні, буферні та відновлювані території.

В регіонах з інтенсивним техногенним навантаженням особлива увага приділяється саме відновлюваним територіям, адже до них відносяться території, для яких мають бути виконані першочергові заходи щодо відтворення їх первинного природного стану. Це передусім законсервовані землі – території виведені з господарського обороту (сільськогосподарського або промислового) на певний термін для здійснення заходів щодо відновлення родючості та екологічно задовільно-

го стану ґрунтів, а також для встановлення або повернення (відновлення) втраченої екологічної рівноваги. До відновлюваних територій екомережі увійдуть порушені, деградовані і малопродуктивні землі, а також землі, що зазнали впливу негативних процесів та стихійних явищ, зокрема, радіоактивно забруднені землі, що не використовуються та підлягають охороні як природні регіони з окремим статусом.

При розробці залізних руд Криворізького басейну технологічними нормами передбачено створення зовнішніх відвалів. При цьому повністю знищується рослинний та ґрунтовий покрив території, де складаються розкривні породи. В свою чергу, за рахунок утворення мікро- та мезорельєфу відбувається збільшення площі поверхні, доступної для відновлення ґрунтового та рослинного покривів. Саме такі посттехногенні території можна віднести до категорії відновлювальних елементів екомережі.

Рішенням Дніпропетровської обласної ради у 2006 р. затверджено програму формування регіонального компонента національної екомережі Дніпропетровської області на 2006 - 2015 рр., в рамках якої створюється Інгулецький екокоридор до складу якого в якості відновних елементів внесені і посттехногенні ландшафти. Дане рішення у значній мірі втілюється силами спеціалістів Інституту проблем природокористування та екології НАН України і Криворізького ботанічного саду НАН України. Потреба у створенні повноцінних, реально діючих відновних елементів з власною інфраструктурою, яка враховує природні і соціально-економічні передумови для їх функціонування, не викликає сумнівів.

Для створення відновлюваних елементів екомережі необхідним є визначення критеріїв оцінки та розроблення механізмів управління екологічним потенціалом посттехногенних ландшафтів. Дана робота демонструє систему оцінки ек-

топічних умов на одному з відвалів Кривбасу, який вже протягом 15 років є елементом моніторингової мережі Криворізького ботанічного саду НАН України.

Метою даної роботи є виявлення закономірностей диференціації екотопів за умовами зволоження та літохімічними параметрами в межах посттехногенних ландшафтів на прикладі відвалу Першотравневого кар'єру ПАТ «Північний гірничо-збагачувальний комбінат».

Об'єкт і методи. Основними проблемами, що виникають при проведенні робіт даного плану в посттехногенних ландшафтах є складність виявлення площ об'єктів зі складно розсіченим рельєфом та значна динамічність стану ґрунтового та рослинного покривів, пов'язана з інтенсивним вивітрюванням гірських порід. Для об'єктивного відображення розподілу площ територій з різним літохімічним складом та фільтраційною здатністю, які детермінують склад рослинного покриву з відповідною фіто- та мортмасою, для яких характерна відповідна інтенсивність взаємного обміну і потенціал самовідновлення та експансії, нами було застосовано тривимірне моделювання площі поверхні відвалу.

Побудова моделі поверхні та розрахунок площ виконані програмно з використанням геоінформаційної системи K-MINE, яка розроблена та люб'язно надана науково-виробничим підприємством «КРИВБАСАКАДЕМІНВЕСТ», за що автори виражають свою подяку. В основу моделі рельєфу були покладені матеріали маркшейдерської зйомки, які актуально були уточнені з використанням системи глобального позиціонування. Модельні ділянки для визначення основних параметрів екологічного потенціалу також мають точну GPS прив'язку.

Для оцінки умов конкретних місцезнаходжень використовувався локальний коефіцієнт зволоження (ЛКЗ), який є співвідношенням між опадами, стоком, зволоженням ґрунту і основи, а також випаровуванням для кожного гіротопу, що утворені специфічними особливостями і характерні для кожного певного типу біогеоценозу. Методика визначення його величини наведена в літературі (Травлев, 1980). Сольовий стан порід визначався за стандартними методиками (Ариноушкина, 1970). Коефіцієнти фільтрації порід визначались згідно довідника (Справочник, 1983).

Результати та їх обговорення. Відвал Першотравневого рудника сформований в 1968-1973 рр. із залістистих кварцитів, сланців, суглинків та частково глин. Він має 3 берми. Мікрорельєф відвалу представлений складним комплексом пагорбів, западин, схилів та плато (рис. 1). Кут нахилу мезосхилів 32 - 35°, мікросхилів сильно варіює. Значна розчленованість поверхні зумов-

лена неоднорідністю автомобільної відсипки. З західної сторони відвал межує з Першотравневим кар'єром, зі східної – з балкою Грядкувата, яка виконує на сьогодні функцію водовідсічного дренажного каналу.

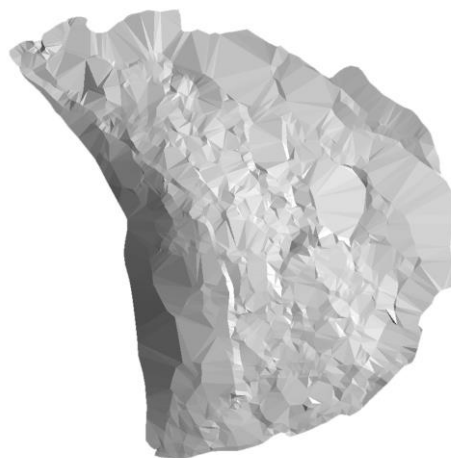


Рис.1. Рельєф відвалу Першотравневого кар'єру ПАТ «Північний гірничо-збагачувальний комбінат»

Fig. 1. Relief May blade first-career PJSC "SevGOK"

Багаторічні спостереження за розподілом снігового покриву показали, що запас води в ньому на горизонтальних плато в середньому складає 60-80 мм. На верхній частині схилів товща снігового шару досягає 40 мм, а безпосередньо на схилах коливається в межах 40-60 мм. Біля підніжжя схилів в середньому накопичується більше 80 мм снігового покриву. Максимальна величина цього показника спостерігалась біля підніжжя третьої берми і складала 192,7 мм. Експозиція та крутизна схилів, зміна фільтрації, що зумовлена складом розкритих порід, впливають на величину локального коефіцієнту зволоження. Максимально можлива величина ЛКЗ для місцезнаходжень розташованих на схилах різної експозиції і крутизни подана в таблиці 1. Нерівномірність автомобільної відсипки різноманітних розкритих порід у відвал зумовила високу літохімічну строкатість території (рис. 2). Літохімічні конури ми виділяємо за домінуванням гірської породи та ступенем її дисперсності. З північно-східного боку відвал обмежений суглинисто-глинистим контуром балки Грядкувата.

В межах балки збереглися рештки лучного та лучно-солончакувато-болотного комплексу природних ґрунтів. В межах поверхні відвалу ми виділяємо переважно суглинисті контури, які відсипані сумішшю бурих засоленних глин, суглинків і карбонатних лесовидних суглинків. У мінеральному складі переважає монтморилоніт, нонтроніт та гідролусиди, значна частка кальциту, кварцу і

зерен польових шпатів різної дисперсності, присутні гіпс, гетит тощо.

Табл. 1. Максимально можлива величина локального коефіцієнту зволоження площин різних експозицій та кутів нахилу (згідно Травлеєва, 1980)

Кут нахилу	Експозиція				
	Північна	Північно-східна, північно-західна	Східна, західна	Південно-східна, південно-західна	Південна
10°	0,93	0,87	0,83	0,82	0,8
20°	1,00	0,93	0,87	0,82	0,78
30°	1,17	1,04	0,93	0,85	0,76
40°	1,53	1,22	1,00	0,9	0,82

Tab. 1. The maximum value of the local moisturizing factor planes of various exposures and angles (according Travleeva, 1980)

цих порід менша 15%. Сланцева відсипка утворена сумішшю сланців, що слабо диференціюється, різного мінерального складу та генезису тут відмічені талькові, тальк-хлоритові, тальк-хлорит-біотитові, хлорит-куммінгтонітові та хлорит-кварцові сланці. Дані породи одразу після відсипки є біологічно інертними і несприятливими для вищих рослин через незначну диспергованість. На етапі інтенсивного гіпергенезу коли фізико-хімічне руйнування призводить до нагромадження часток діаметром 1-2 см дані породи стають фітотоксичними внаслідок активного вивільнення легкорозчинних солей.

Відсипка переважно кварцитовими породами представлена двома типами контурів: крупноуламковими кварцитами – з розмірами переважачих окремоостей 20-25 см у поперечнику і розщепененими кварцитами. Кварцити повільно вивітрюються, бідні на легкорозчинні солі. Відсипка крупноуламковими кварцитами сприяє нагромадженню вологи у проміжках між камінням.

Значна частина контурів відсипана сумішами кварцитів і сланців, сланців і суглинків та кварцитів і суглинків.

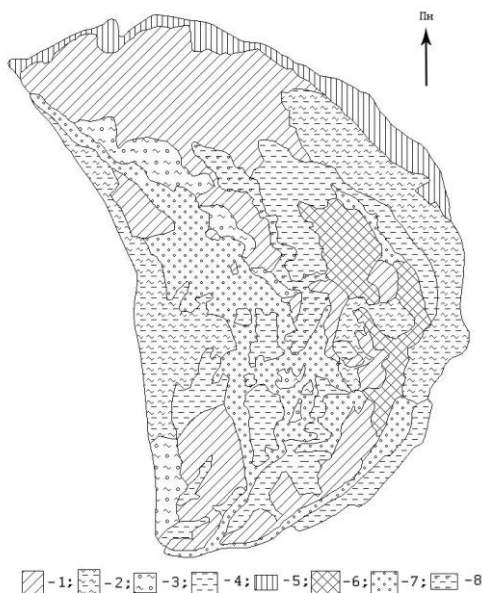


Рис. 2. Картошхема літохімічної диференціації відвалу Першотравневого кар'єру ПАТ «ПівнГЗК»
Примітка: 1 – суглинки; 2 – суміш суглинків та сланців; 3 – суміш суглинків та щабенистих кварцитів; 4 – сланці; 5 – глинисті та суглинисті породи в природному заляганні; 6 – крупно уламкові кварцити; 7 – кварцитовий щабінь; 8 – суміш кварцитів зі сланцями

Fig. 2. Kartoshema lithohimi - chnoyi differentiation dump Pershotravnevyi career PJSC "SevGOK"
Note 1 - loam ; 2 - a mixture of loam and shale ; 3 - a mixture of loam and schebenysti quartzite ; 4 - shale ; 5 - hlynysti and loamy rock in natural occurrence ; 6 - Common clastic quartzite ; 7 - Quartzite gravel ; 8 - a mixture of slate quartzite

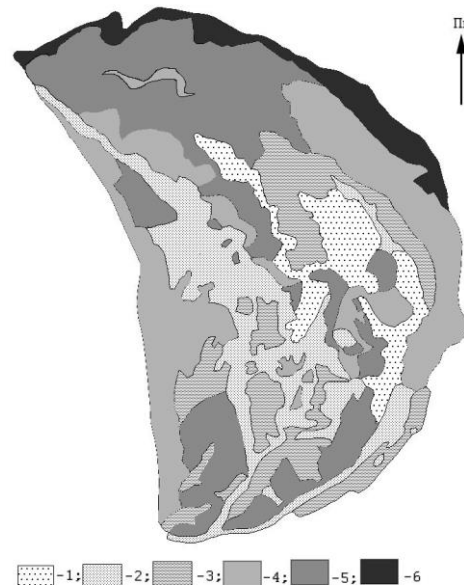


Рис. 3. Картошхема розподілу ділянок з різним рівнем фільтрації на відвалі Першотравневого кар'єру ПАТ «ПівнГЗК»
Примітка: Коефіцієнти фільтрації: 1 -> 10 м/добу; 2 -10-1 м/добу; 3 - 1-0,01 м/добу; 4 - 0,01-0,001 м/добу; 5 - <0,001 м/добу; 6 - обводнені з поверхні суглинисто-глинисті контури балки Грядкувата

Fig. 3. Kartoshema distribution areas with different levels filtration to dump Pershotra - vnevoho career PJSC "Half-nHZK"
Note: Odds fil - tratsiyi 1 -> 10 m / day; 2 -10-1 m / day; 3 - 1-0,01 m / day; 4 - 0,01-0,001 m / day; 5 - <0,001 m / day; 6 - flooded with loamy - clay surface contours beams Hryadkuvata

Легкорозчинні солі представлені хлоридами і в меншій мірі сульфатами натрію. Кам'янистість

В таких сумішах частка суглинку варіює від 15 до 50%. Проте суміші з участю сланцевих порід динамічно нестабільні у співвідношеннях внаслідок активного вивітрювання сланців на поверхні.

Неоднорідність літооснови зумовлює і диференціацію локалітетів з різним рівнем фільтрації води (рисунок 3).

Очевидно, що найбільш високі значення коефіцієнтів фільтрації приурочені до ділянок відсипаних крупноуламковими кварцитами, які належать до першої категорії водопроникності – більше 10 м/добу (Справочник, 1983). Деяко менша фільтраційна здатність характерна для контурів відсипаних переважно щєбенистими кварцитами, ці контури віднесені до другої категорії з коефіцієнтом фільтрування – 10-1 м/добу. До третьої категорії – з незначним рівнем водопроникності (1-0,01 м/добу) віднесені контури з переважно вивітрілими сланцями. На сучасному етапі дані породи значною мірою зруйновані до тонкодисперсних мінералів. До слабопроникних порід (0,01-0,001 м/добу) нами віднесені суміші суглинків з уламками щільних порід. Контури у північній частині відвалу складені глинами і суглинками – переважно непроникними та практично водоупорними породами з коефіцієнтом фільтрування <0,001 м/добу. З північно-східного боку відвал обмежений обводненим з поверхні суглинисто-глинистим контуром балки Грядкувата.

Отже екологічна неоднорідність посттехногенного ландшафту, зокрема неоднорідність в рельєфі, розподілі запасів води та локального коефіцієнту зволоження, літохімічна строкатість наявність ділянок з різним рівнем зволоження, є одним з важелів керування розвитком їх біологічного різноманіття. Літогеохімічні умови здійснюють детермінуючий вплив на розподіл екологічного потенціалу.

Висновки. В межах посттехногенних ландшафтів гідро- та літохімічна складові екологічного потенціалу значною мірою залежить від характеру відсипки поверхні відвалів – мікрорельєфу, розміру уламків тощо. Умови зволоження, обумовлені положенням ділянки у рельєфі та складом гірських порід є найбільш значущими факторами диференціації рослинності.

Список літератури

1. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. – М.: Изд-во МГУ, 1970. – 388 с.
2. Закон України про екологічну мережу / Відомості Верховної Ради України (ВВР), 2004, N 45. – ст.502
3. Справочник по проектированию и бурению скважин на воду [Электронный ресурс]/ Под ред. Белецкого А.С. – Электрон. дан. – М. 1983 –Режим доступа: <http://byrim.com/proektskvajin/17.html>, свободный. – Загл. с экрана.
4. Травлев Л.П. К вопросу количественной оценки гиротопов с помощью локальных коэффициентов увлажнения // Вопросы биологической диагностики лесных биоценозов Присамарья. – Днепропетровск: ДГУ.- 1980. – С. 65-74.

DIFFERENTIATION OF POST-INDUSTRIAL LANDSCAPE ECOTOPES (HUMIDITY AND - LITHOCHEMICAL ASPECT)

Smetana A. N., Dolina A. A., Yaroschuk Y. V.

The aim of this work is to identify patterns of differentiation within ecotypes posttehnohennyh landscapes for example dump Pershotravnevy career PAT "North GOK." The spatial, lithochemochemical differentiation of ecotypes posttehnohennyh landscapes. The spatial differentiation of lithochemochemical posttechnogenic landscape ecotopes was studied. An analysis of ecotopes by relief factors, snow cover distribution, water reserves, local moisture coefficient, filtration capacity and lithochemical rock attachment was carry out. Revealed, that the heterogeneity of ecotopes of posttechnogenic landscape is one of the levers for guiding the development of their biological diversity.

Keywords: differentiation of ecotopes, lithochemochemical conditions, posttechnogenic landscape

УЗЛІСНІ УГРУПОВАННЯ КЛАСУ TRIFOLIO-GERANIETEA SANGUINEI TH. MÜLLER 1961 НА ЦЕНТРАЛЬНОМУ ПОДІЛЛІ

Ю. А. ВАШЕНЯК

Державна екологічна інспекція в Хмельницькій області, вул. І. Франка, 2/2, Хмельницький, 29000
vasheniyak@mail.ru

Охарактеризовано узлісну рослинність на основі флористичної класифікації. За основу взяті власні описи, виконані на площі 10 м² на узліссях грабових, грабово-дубових та дубових лісів, а також описи з літературних джерел. Створено базу даних описів узлісної рослинності за допомогою програми TURBOVEG та проведено виділення синтаксонів за допомогою прикладної програми JUICE. Картування описів здійснено за допомогою програми ArcGIS. Рослинність представлена двома порядками *Origanetalia* та *Antherico ramosi-Geranietalia sanguinei*, двома союзами *Trifolion medii* та *Geranion sabguinei*, десятьма асоціаціями. Мезофітні угруповання союзу *Trifolion medii* є типовим і дуже поширеним у регіоні, зростають на плакорних ділянках біля лісу. Ксеротермофільні угруповання союзу *Geranion sanguinei* фрагментарно представлені лише у долинах річок Дністер та Південний Буг, трапляються на південних та південно-західних схилах. За допомогою DCA-ординації виявлено, що на розподіл союзів *Trifolion medii Geranion sanguinei* впливають едафічні фактори: вологість ґрунту, вміст карбонатів, аерованість, вміст азоту та кислотність. В угрупованнях узлісної рослинності відмічено локалітети рідкісних видів *Astragalus cicer*, *Chamaecytisus albus*, *Ch. blockianus*, *Geranium sanguineum*, *Poa versicolor*.

Ключові слова: класифікація, синтаксономія, *Trifolio-Geranietea*, узлісна рослинність, Центральне Поділля

Вступ. Центральне Поділля за геоботанічним районуванням охоплює територію Центрально-подільського геоботанічного округу, і відноситься до Лісостепової зони (Дідух, Шеляг-Сосонко, 2003). За геологічною та геоморфологічною специфікою регіон ділиться на два райони: долину р. Південний Буг та долину р. Дністер, що, в свою чергу, зумовлює диференціацію рослинного покриву. Долина р. Південний Буг співпадає з положенням Українського кристалічного щита, основу якого формують осадові породи. Геологічну основу долини р. Дністер формують вапнякові та лесові породи. Така геологічна гетерогенність відображається на різноманітті ґрунтів, зокрема в долині річки Дністер, на схилах поширені рендзини та чорноземи типові, а в долині річки Південний Буг – лучні ґрунти, лучні чорноземи, чорноземи опідзолені; однак загальну площу Центрального Поділля займають сірі лісові ґрунти. Вчені припускали (Дідух, Шеляг-Сосонко, 2003), що раніше дана територія була переважно охоплена лісовою рослинністю, тому тут панують сірі лісові ґрунти, небагаті на гумус та поживні речовини. Таке припущення може мати під собою основу, оскільки нами було виявлено цілий ряд післялісових угруповань, які зростають в суміжних з лісовими екотопами. Такі угруповання розглядалися помилково як лучно-степові та лучні, проте містять у видовому складі характерні види, що трапляються лише на узліссях.

Рослинність узлісь є маловивченою, оскільки розглядалась фрагментарно для декількох регіонів України, зокрема, для Полісся та Західного Поділля (Лукаш, Якушенко, 2008; Якушенко, 2004). Для регіону досліджень цей клас не наводиться, оскільки на домінуючій основі він не розглядався. Також вивчення такої рослинності є актуальним, оскільки на узліссях зростає ряд рідкісних видів, віднесених до Червоної книги України (Червона книга, 2009), списку регіонально рідкісних видів Вінницької та Хмельницької області (Андрієнко та ін., 2006).

Об'єкт і методи. Об'єктом досліджень є узлісна рослинність Центрального Поділля, яку ми описували за стандартною методикою геоботанічних описів з врахуванням вищих рослин та михоподібних та деяких властивостей ґрунтів. Місце опису визначали за наявністю характерних для узлісної рослинності видів. Описи здійснювались на площі 100 м² з присвоєнням балу кожного виду за шкалою Браун-Бланке, де бали відповідали процентному показнику покриття видів. Географічні координати угруповань визначались за допомогою GPS-навігатора у системі WGS 1984, у разі їх відсутності для описів, виконаних раніше – за допомогою карт GoogleEarth. Всього було використано 93 описи, серед них 2 неопублікованих описи, люб'язно надані Я.П.Дідухом (№№31, 418), а також 4 описи О.О.Орлова (№№ 1103, 1104, 1105, 1106) та 1

опис (№1107) Ф.О.Гриня (Воробйов та ін., 2008). Крім того, для уточнення синтаксономічного статусу виділеної асоціації до бази даних були введені 2 описи з інших регіонів А.А. Куземко (№ 1111) та Т.В. Фіцайло (№ 1110).

Створення бази даних здійснювалось за допомогою бази даних TURBOVEG з транспортуванням до прикладної програми JUICE 7.0 (L.Tichý, 2002) для подальшої обробки даних. Кластери створювали за допомогою програми TWINSPLAN. Діагностичні види визначали за на основі методики визначення коефіцієнта ϕ_i для кожного виду (Chýtrý, 2002). Екологічну характеристику методом DCA-ординації здійснювали за допомогою прикладної програми R-project на основі шкал Я.П.Дідуха (Didukh, 2011). Наявні описи рослинності узлісь наносили на карту за допомогою програми ArcGIS.10.

Інтерпретація синтаксонів здійснювалась на основі праць вітчизняних та іноземних вчених (Соломаха, 2008; Якушенко, 2004; Brzeg, 2005; Čarní, 1997; Matuszkiewicz, 2001; Schubert, 2001) з подальшим виділенням асоціацій за списком діагностичних видів.

Результати та їх обговорення. За нашими даними ми склали синтаксономічну схему рослинності узлісь, з якої видно що така рослинність представлена двома порядками, двома союзами та десятьма асоціаціями.

Cl. *Trifolio-Geranietea* Th.Müller 1962

Ord. *Origanetalia vulgaris* Th.Müller 1962

All. *Trifolion medii* Th.Müller 1962

Ass. *Trifolio medii-Astragaletum ciceris* Reichh.in Hilb.,Knapp, H.-D. u Reich. 1982

Ass. *Vicetum sylvaticae-dumetorum* Oberd.et Th.Müller in Th.Müller 1962

Ass. *Agrimonio eupatoriae-Vicetum cassubicae* Passarge 1967

Ass. *Galio albi-Astragaletum glycyphylli* Schwarz 2001

Ass. *Trifolio medii-Melampyretum nemorosi* Di-erschke 1973

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

All. *Geranion sanguinei* R.Tx.in Th.Müller 1962

Ass. *Geranio-Trifolietum alpestris* Th.Müller 1962

Ass. *Campanulo bononiensis-Vicetum tenuifoliae* Krausch in Th.Müller 1962

Ass. *Peucedanetum cervariae* Kaiser 1926

Ass. *Trifolio-Melampyretum cristati* Rameau 1974

Ass. *Inuletum salicinae* Marker 1969

На основі аналізу DCA-ординації (Рис.1) нами було встановлено, що два союзи *Trifolion medii* та *Geranion sanguinei* не є подібними за екологічними показниками та чітко розмежовані у гіперпросторі екологічних факторів. Це пов'язано з тим, що угруповання союзу *Trifolion medii* займають переважно узлісся мезофітних лісів класу *Quercus-Fagetum* союзу *Carpinion betuli*, а угруповання союзу *Geranion sanguinei* займають узлісся термофілних лісів класу *Quercus pubescenti-petraea* союзу *Quercion pubescenti-petraea*.

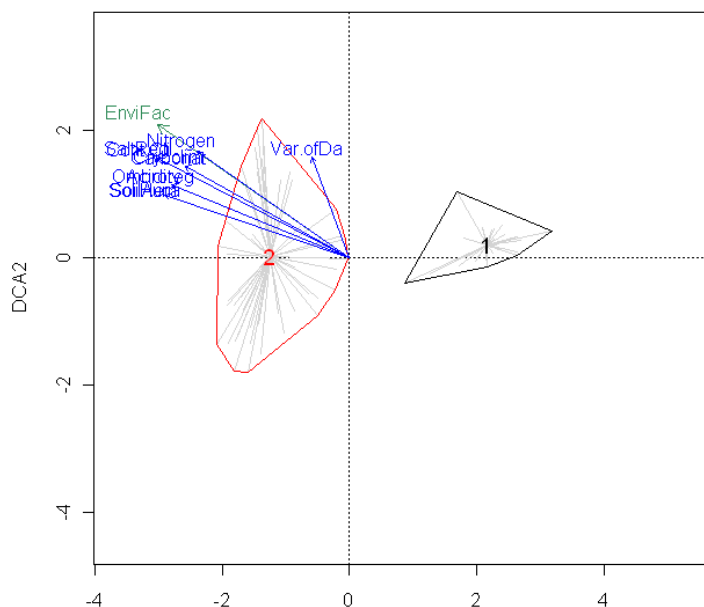


Рис.1. DCA-ординація рослинності союзів *Trifolion medii* та *Geranion sanguinei* на Центральному Поділлі

Примітка: 1-*Trifolion medii*, 2-*Geranion sanguinei*

DCA1

Fig. 1. DCA-ordination of *Trifolion medii* and *Geranion sanguinei* alliances o Central Podillya

Note: 1-*Trifolion medii*, 2-*Geranion sanguinei*

Проте деякі угруповання союзу *Geranion sanguinei* формуються в ксерофільних умовах на схилах гранітних скель на узліссях лісів союзу *Carpinion betuli*. Спостерігається чітка ординація вздовж вісі DCA 1, яка характеризує диференціацію рослинного покриву за вологістю. Основу трав'яного ярусу у таких угрупованнях формують лучні та лучно-степові види, які і визначають таку закономірність розподілу союзів вздовж осі. Головний екологічний вектор (Envifac) співпадає майже з усіма векторами екологічних факторів, але найбільше з двома векторами: вмісту карбонатів (Carbonat) та азоту (Nitrogen). Це пояснюється тим, що більшість узлісних угруповань союзу *Geranion sanguinei* зростають на схилах річки Дністер, ґрунти яких багаті на карбонати, на відміну від угруповань союзу *Trifolion medii*, що зростають на сірих лісових ґрунтах, чорноземах опідзолених та лучних чорноземах. Оскільки для трав'яних угруповань прослідковується оберненопропорційна залежність між вмістом азоту та вмістом карбонатів, то вектор вмісту азоту також співпадає з головним вектором.

Розглянемо більш детально ці два союзи на рівні асоціацій, які представлені у регіоні досліджень (рис.2).

Значного поширення досягають угруповання союзу *Trifolion medii* (табл.1), що займають узлісні екотопи в центральній частині регіону. Угруповання союзу є дуже вразливими до витоптування, викошування, випасання з випаданням характерним видів і появою нітрофільних рудеральних видів. Моховий ярус в угрупованнях формують види: *Plagiomnium affine*, *P.undulatum*, *Oxxyrhyrachium hians*, *Brachytecium rutabulum*, *B.salebrosum*, *Callieronella cuspidata*, *Cirriphyllum piliferum*.

Угруповання асоціації *Trifolio medii-Astragaletum ciceris* нами відмічені у долині річки Вовчок на лучних чорноземах, що за своїм складом є середнім суглинком. За флористичним складом нагадують угруповання союзу *Fragario viridi-Trifolion montani* класу *Festuco-Brometea*. А.Д.Булоховим із співавтором (Булохов, Харин, 2008) описана схожа асоціація *Salvio pratensis-Astragaletum ciceris*, що є синонімом вищезгаданої. Діагностичні види асоціації: *Astragalus cicer*, *Ranunculus polyanthemos* ag., *Bromopsis inermis*, *Salvia pratensis*, *Elytrigia repens*, *Stellaria graminea*, *Plantago media*.

Угруповання асоціації *Vicetum sylvaticae-dumetorum* зростають у найбільш затінених умовах, під розрідженим покривом деревного ярусу. У своєму складі вони містять значну кількість лісових видів, на основі чого їх помилково відне-

сено до варіантів лісових асоціацій (Воробйов та ін., 2008). Разом з тим, у них наявний ряд характерних видів класу *Trifolio-Geranietaea*, що дозволяє відносити цю асоціацію саме до цього класу. Діагностичні види асоціації: *Vicia sylvatica*, *V.dumetorum*, *Acer platanoides*, *Scrophularia nodosa*, *Epilobium montanum*, *Clinopodium vulgare*, *Betula pendula*, *Stachys sylvatica*, *Glechoma hirsuta*, *Festuca gigantea*, *Viola odorata*, *Corylus avellana*, *Asarum europaeum*, *Aegopodium podagraria*, *Carpinus betulus*. Разом з тим є певна відмінність, яка полягає в тому, що константність *Vicia dumetorum* досить низька (коефіцієнт phi становить 0,207), що не зовсім відповідає типовим умовам (Chýtrý, 2002). J.Dengler із співавтором пропонує (Dengler, Boch, 2006) на основі такого діагностичного виду виділяти іншу асоціацію *Galio aparines-Vicetum dumetorum*, проте на даному етапі, за браком достатньої кількості описів, обмежимося її загальноприйнятою назвою.

Асоціація *Agrimonio eupatoriae-Vicetum casubicae* представлена угрупованнями, які також трапляються на узліссях грабових лісів союзу *Carpinion betuli* на лучних ґрунтах, що за механічним складом відповідають важкому суглинку. Діагностичні види асоціації: *Ranunculus repens*, *Ajuga reptans*, *Vicia cassubica*, *Viola reichinbachiana*, *Torilis japonica*, *Leucanthemum vulgare*, *Rubus idaeus*, *Centaurea jacea*, *Geum urbanum*, *Pulmonaria obscura*, *Poa nemoralis*, *Vicia cracca*, *Cruciata glabra*. На відміну від попередньої асоціації у видовому складі наявні лісові та лучні види, добре виражені властивості узлісних угруповань, що показує їх перехідний екотонний характер.

Угруповання асоціації *Galio albi-Astragaletum glycyphylli* приурочені до різних типів ґрунтів, зокрема до чорноземів опідзолених, чорноземів типових, лучних чорноземів та сірих лісових ґрунтів, що за механічним складом є легким та середнім суглинком. Діагностичні види асоціації: *Ajuga genevensis*, *Artemisia absinthium*, *Achillea millefolium* agg., *Leonurus cardiaca*, *Populus tremula*, *Acer pseudoplatanus* (juv.), *Fragaria viridis*, *Carpinus betulus* (juv.), *Thymus sepyllum*, *Potentilla anserina*, *Veronica chamaedrys*, *Astragalus glycyphyllos*, *Galium album*. Як і в угрупованнях асоціації *Trifolio medii-Melampyretum nemorosi*, константними видами виступають види-багаторічники, які зростають на нітрифікованих субстратах і належать до союзу *Arction lappae* класу *Artemisietea vulgaris*, що також пов'язано із засміченням узлісь.

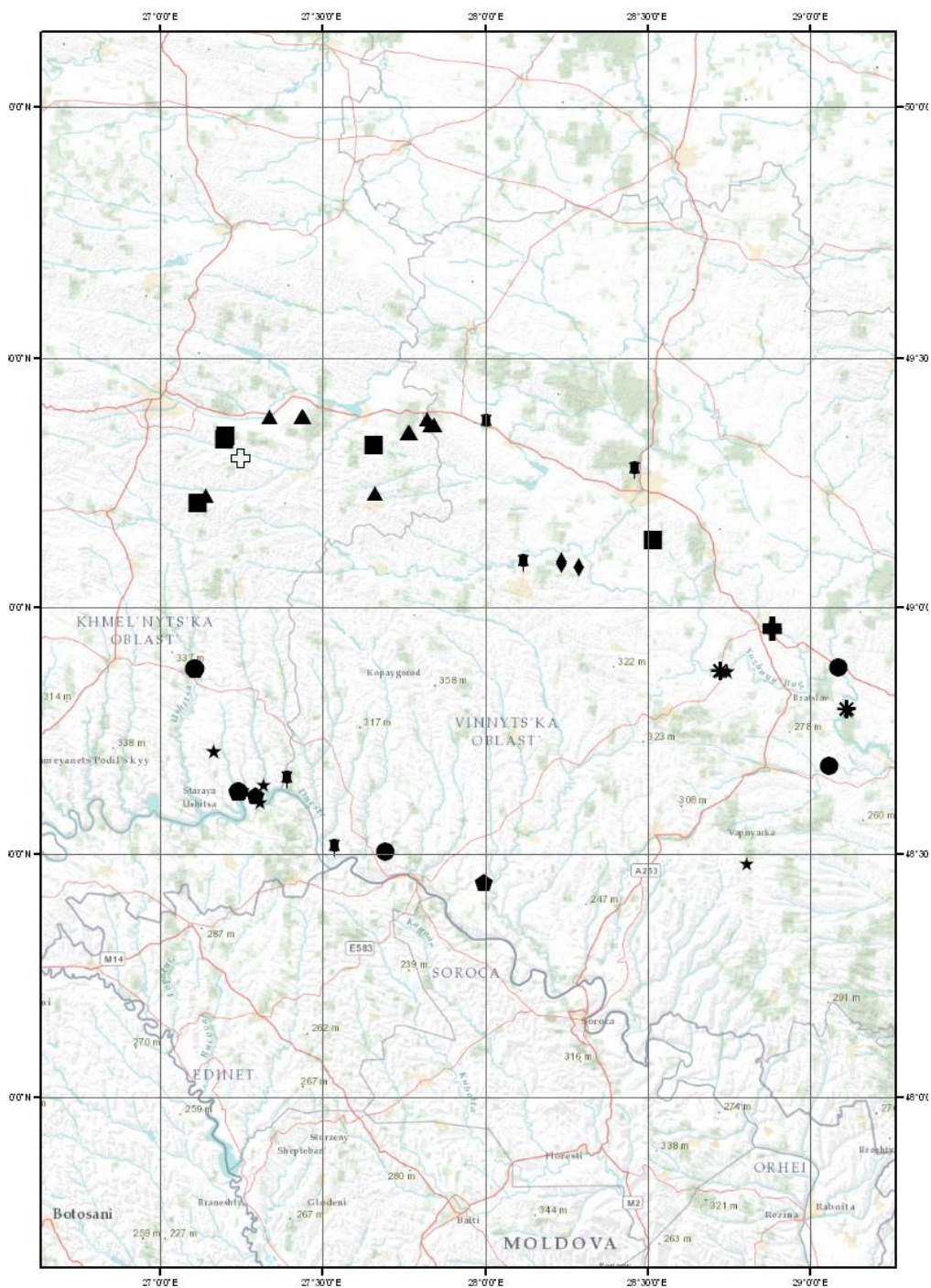


Рис.2 Асоціації класу *Trifolio-Geranietea* на топографічній карті Центрального Поділля, М 1:500000

Fig.2 Associations of *Trifolio-Geranietea* class on topographical map of Central Podilla, M 1:500000.

Умовні позначення / Symbols

- ⊕ - *Trifolium medii-Astragaletum ciceris*
- - *Vicetum sylvaticae-dumetorum*
- ▲ - *Agrimonio eupatoriae-Vicetum cassubicae*
- ◆ - *Galio albi-Astragaletum glycyphylli*
- - *Trifolium medii-Melampyretum nemorosi*
- ★ - *Geranio sanguinei-Trifolietum alpestris*
- - *Campanulo bononiensis-Vicetum tenuifoliae*
- - *Peucedanetum cervariae*
- ◆ - *Trifolio-Melampyretum cristati*
- ★ - *Inuletum salicinae*

Угрупування асоціації *Trifolio medii-Melampyretum nemorosi* поширені на узліссях грабово-дубових та дубових лісів союзу *Carpinion betuli* на лучних чорноземах та сірих лісових ґрунтах, що за механічним складом відповідають середньому та важкому суглинку. Діагностичні види асоціації: *Melampyrum*

nemosum, Chaerophyllum aromaticum, Poa pratensis, Rosa canina, Anthriscus sylvestris. Значна частка видів класу *Galio-Urticetea* та випадіння характерних діагностичних видів свідчить про нітрифікацію екотопів внаслідок засмічення узлісних ділянок.

Табл. 1.
Фітоценотична характеристика союзу *Trifolion medii*

Table. 1.
Phytocenotic characterization of *Trifolion medii* alliance

Кількість видів	42	33	32	42	45	37	34	45	23	22	25	19	18	20	22	27	18	31	14	20	18
Номер опису в базі	1110*	1108	1109	1107	1103	1104	1105	1106	764	706	724	708	710	207	118	183	694	31	763	769	762
Номер опису в таблиці	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Номери синтаксонів	1			2					3					4			5				
Ass. <i>Trifolio medii-Astragalium ciceris</i>																					
<i>Astragalus cicer</i>	+	3	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Ranunculus polyanthemos</i>	1	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Bromopsis inermis</i>	+	+	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Salvia pratensis</i>	2	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3	.	.	.	.	.
<i>Elytrigia repens</i>	2	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.
<i>Stellaria graminea</i>	2	1	1	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	+
<i>Plantago media</i>	1	1	1	.	.	.	.	.	.	.	1	1	.	.	.	2	.	.	.	.	.
Ass. <i>Vicetium sylvaticae-dumetorum</i>																					
<i>Vicia sylvatica</i>	.	.	.	1	+	+	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Acer platanoides</i>	.	.	.	+	5	+	4	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Scrophularia nodosa</i>	.	.	.	+	+	+	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Epilobium montanum</i>	.	.	.	.	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Clinopodium vulgare</i>	.	.	.	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Betula pendula</i>	.	.	.	.	+	+	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Stachys sylvatica</i>	.	.	.	+	+	.	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Glechoma hirsuta</i>	.	.	.	.	+	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Festuca gigantea</i>	.	.	.	.	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Viola odorata</i>	.	.	.	.	+	+	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Corylus avellana</i>	.	.	.	.	1	+	+	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Asarum europaeum</i>	.	.	.	1	.	1	1	3	.	.	.	.	.	2	.	.	.	.	.	.	.
<i>Aegopodium podagraria</i>	.	.	.	.	+	4	5	3	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Vicia dumetorum</i>	.	.	.	+	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Carpinus betulus</i>	.	.	.	5	.	5	5	5	.	.	.	.	.	2	.	.	.	.	.	.	.
Ass. <i>Agrimonio eupatoriae-Vicetium cassubicae</i>																					
<i>Ranunculus repens</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	+	1	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1
<i>Ajuga reptans</i>	.	.	.	.	+	+	.	.	.	1	+	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Vicia cassubica</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	1	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Torilis japonica</i>	.	.	.	+	.	.	+	.	.	+	.	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Leucanthemum vulgare</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	1	+	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Rubus idaeus</i>	.	.	.	.	+	.	.	.	+	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Centaurea jacea</i>	.	+	+	.	.	.	.	.	+	1	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	+
<i>Poa nemoralis</i>	.	.	.	.	+	+	.	.	.	.	.	2	1	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Cruciata glabra</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	1	1	.	1	.	.	.	.	.	1	.	.	.
Ass. <i>Galio albi-Astragalium glycyphyllo</i>																					
<i>Ajuga genevensis</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	1	1	.	.	.	.	.
<i>Artemisia absinthium</i>	.	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	2	.	.	.	.	.
<i>Achillea millefolium</i>	.	+	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	1	.	.	.	.	.
<i>Ranunculus acris</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.

Продовження табл. 1.
Фітоценотична характеристика союзу *Geranion sanguinei*

Cont. of table 1.
Phytocenotic characterization of *Geranion sanguinei*

Кількість видів	16	28	16	23	18	25	35	29	31	30	16	13	14	14	20	25	14	15	24	29	16	
Номер опису в базі	677	83	678	676	644	139	537	488	436	418	70	69	68	806	811	938	812	808	134	85	1111*	
Номер опису в таблиці	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	
Номери синтаксонів	6					7					8			9			10					
Ass.Geranion sanguinei-Trifolietum alpestris																						
<i>Trifolium alpestre</i>	4	1	1	2	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	+
<i>Botriochloa ischaemum</i>	1	.	2	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	.
<i>Dianthus membranaceus</i>	.	+	.	+	.	.	.	+	1	.	.	
<i>Galatella linosyris</i>	3	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.
Ass.Campanulo bononiensis-Vicietum tenuifoliae																						
<i>Campanula bononiensis</i>	1	2	2	+	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Vicia tenuifolia</i>	.	.	.	+	.	1	2	.	1	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Ranunculus cassubicus</i>	+	.	.	+	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Phlomis tuberosa</i>	1	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Solidago virgaurea</i>	+	.	+	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Seseli libanotis</i>	+	.	.	+	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Ass.Peucedanetum cervariae																						
<i>Onobrychis arenaria</i>	1	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Peucedanum cervaria</i>	1	3	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Thalictrum minus</i>	1	.	1	.	+	1	.	.	.	.	.
<i>Geranium pratense</i>	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Dianthus superbus ag.</i>	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Taraxacum serotinum</i>	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Carex stenophylla</i>	3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Dianthus speciosus</i>	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Pedicularis kaufmannii</i>	2	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Campanula sibirica</i>	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Ass.Trifolio-Melampyretum cristati																						
<i>Melilotus officinalis</i>	+	+	+	
<i>Melampyrum cristatum</i>	2	4	+	2	1	.	.	
<i>Polygonatum odoratum</i>	2	.	1	5	4	.	.	
<i>Galium campanulatum</i>	+	1	.	+	1	.	.	
<i>Hylotelephium maximum</i>	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	.	1	.	.	.	
Ass.Inuletum salicinae																						
<i>Veronica spicata ag.</i>	.	+	1	1	.
<i>Inula salicina</i>	+	+	+
<i>Steris viscaria</i>	2	+	.	+
<i>Viola arvensis</i>	2	.	.
<i>Inula britannica</i>	.	2	1	.
<i>Calamagrostis epigeios</i>	1	.
<i>Achillea nobilis</i>	.	1	1	1	.
<i>Allium oleraceum</i>	+	.
<i>Salvia verticillata</i>	2	1	1	1	.
<i>Festuca rubra</i>	4	.
<i>Peucedanum oreoselinum</i>	+	+	1	.
<i>Hypericum perforatum</i>	.	1	+	+	1
<i>Ranunculus polyanthemus</i>	+	.	+	1	.	.
<i>Falcaria vulgaris</i>	1	1	2	+	1	.	.
<i>Verbascum lychnitidis</i>	.	+	+	.	.	1	1	+	.
All.Geranion sanguinei																						
Ord.Antherico ramosi-Geranietales sanguinei																						

<i>Geranium sanguineum</i>	1	1	3	4	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Teucrium chamaedrys</i>	2	2	1	2	+	.	2	2	1	2	2	2	.	1	1	1	.	1	.	3
<i>Artemisia marschalliana</i>	1	.	1	1	.	1	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Anthericum ramosum</i>	.	2	2	.	3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	1	1
<i>Euphorbia cyparissias</i>	+	1	.	.	.	.	1	1	.	.	.	.	.	+	+	.	+	1	2	+
<i>Veronica incana</i>	3	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.
<i>Koeleria cristata</i>	.	.	+	1	.	2	.	1	.	.	.	4	.	.	+	.	.	.	2	.
<i>Chamaecytisus blockianus</i>	.	2	.	2	.	.	.	.	2	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2
<i>Thymus marschallianus</i>	2	3	1	.	.	1	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	1
<i>Valeriana stolonifera</i>	.	.	.	.	.	1	+	.	2	1	.	.	.	1	.	1	.	.	2	.
<i>Stachys recta</i>	+	+	.	.	.	.	1	1	1	1	.	.	.	.	+	1	+	+	.	1
<i>Centaurea stoebe</i>	.	1	1	1	.	1	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1
<i>Chamaecytisus austriacus</i>	.	.	.	.	1	.	2	1	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.
<i>Festuca valesiaca</i>	.	.	1	1	1	2	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3	.
<i>Galium verum</i>	.	1	.	.	.	2	2	1	1	1	.	2	2	.	.	.	.	.	2	1
Cl.Trifolio-Geranieta																				
<i>Origanum vulgare</i>	.	.	.	.	.	.	.	2	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Achillea submillefolium</i>	.	.	.	1	1	.	.	1	+	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	+
<i>Galium album</i>	1	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.
<i>Agrimonia eupatoria</i>	.	.	.	.	.	1	+	.	1	1	+	.	.	.	.	.	.	.	+	1
<i>Poa angustifolia</i>	.	2	.	+	.	2	2	2	1	1	.	.	.	.	2	.	.	.	2	2
<i>Elytrigia intermedia</i>	.	2	.	.	.	.	.	3	.	.	4	1	3	.	1	2	+	3	.	.
<i>Phalacrolooma annuum</i>	.	.	.	.	.	.	.	1	1	+	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+
<i>Vincetoxicum hirundinaria</i>	.	.	.	.	.	3	.	.	2	2	.	.	.	1	3	1	1	1	+	.
<i>Securigera varia</i>	.	+	.	.	.	.	2	.	2	2	.	.	.	.	1	.	+	1	.	1
<i>Taraxacum officinale ag.</i>	.	.	.	.	.	+	.	.	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Інші види																				
<i>Bromopsis inermis</i>	.	.	.	.	.	.	.	3	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+
<i>Salvia pratensis</i>	.	.	.	.	.	.	1	1	1	1	.	.	.	.	.	.	.	2	1	.
<i>Elytrigia repens</i>	.	.	.	.	.	.	.	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2
<i>Plantago media</i>	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1
<i>Leucanthemum vulgare</i>	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Centaurea jacea</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+
<i>Geum urbanum</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	+	.	.
<i>Ajuga genevensis</i>	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Artemisia absinthium</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Achillea millefolium</i>	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Fragaria viridis</i>	1	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	2	.	.	.	.	.	.	.
<i>Poa pratensis</i>	.	.	.	.	.	.	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Veronica chamaedrys</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.
<i>Dactylis glomerata</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1
<i>Trifolium medium</i>	.	.	.	.	.	.	2	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.

Номери асоціацій: 1-Trifolio medii-Astragaletum ciceris, 2-Vicietum sylvaticae-dumetorum, 3-Agrimonia eupatoria-Vicietum cassubicae, 4-Galio albi-Astragaletum glycyphylis, 5-Trifolio medii-Melampyretum nemorosi, 6-Geranio sanguinei-Trifolietum alpestris, 7-Campanulo boniniensis-Vicietum tenuifoliae, 8-Peucedanetum cervariae, 9-Trifolio-Melampyretum cristati, 10-Inuletum salicinae

Примітка: номери із зірочкою вказані для описів, взятих з інших регіонів.

Види, що не увійшли до таблиці 1: *Acer campestre* (4:5; 5:5; 6:5; 7:1), *A. tataricum* (18:2), *Achillea setacea* (15:1; 40:5), *Aegonychon purpureo-caeruleum* (39 :+), *Agrostis gigantea* (5:5; 6:5), *Alchemilla acutiloba* (11:1), *Allium podolicum* (24:5), *Allium sphaerocephalon* (29:2; 36:5), *Alyssum calycinum* (25:5), *A. murale* (39:5), *Anchusa barellieri* (38:5), *Anemone sylvestris* (28:2), *Anisantha tectorum* (17:5), *Anthriscus sylvestris* (5:5; 20:5; 21:1), *Arctium lappa* (9:5; 17:1; 27:1), *Aristolochia clematidis* (9:5; 20:5), *Artemisia austriaca* (29:1), *A. abrotanum* (23:2), *Asparagus officinalis* (29:5), *Asperula cynanchica* (23:5; 41:1), *Aster amellus* (32:5; 34:2; 37:1; 41:1), *Astragalus onobrychis* (28:1; 29:1), *Berteroa incana* (1:1; 2:1; 28:1; 29:5), *Betonica officinalis* (18:2), *Betula pubescens* (5:5), *Brachypodium pinnatum* (30:3; 31:3), *B. sylvaticum* (4:5; 7:5; 18:5), *Bromopsis benekenii* (4:5), *Bromus secalinus* (17:4), *Bupleurum falcatum* (31:1; 33:1), *Camelina microcarpa* (36:1; 37:1), *Campanula persicifolia* (11:5), *C. trachelium* (7:5; 8:5), *Carex brevicollis* (4:1), *C. digitata* (18:1), *C. hirta* (9:1; 20:1), *C. pilosa* (4:3; 7:4; 8:5), *C. spicata* (4:5; 15:1; 18:1), *C. sylvatica* (5:5; 6:1; 8:5), *Centaurea scabiosa* (23:1; 32:2; 33:1; 34:2; 41:1), *Cerastium arvense* (1:5; 3:5; 11:5; 12:5; 27:2; 28:1; 40:2), *Cerasus avium* (7:1), *C. mahaleb* (26:1), *Cerinthia minor* (37:1), *Chamaecytisus albus* (23:2; 30:3), *Cichorium intybus* (1:1; 2:5; 3:5; 14:1; 15:5; 19:1; 20:5; 21:5), *Circaea lutetiana* (8:5), *Cleistogenes bulgarica* (25:1), *Convallaria majalis* (7:5), *Convolvulus arvensis* (3:1; 15:1; 16:1; 19:5; 21:5), *Cornus mas*(37:4), *Crataegus curvisepala* (4:5; 6:5; 18:5; 37:3), *C. fallacina* (26:5), *C. leiomonogyna* (3:5; 20:4), *Daphne mezereum* (8:5), *Daucus carota* (16:1; 28:1; 40:5), *Dentaria bulbifera* (4:1), *Deschampsia caespitosa* (5:5), *Dianthus deltoides* (12:1; 27:1), *Dryopteris carthusiana* (8:5), *D. filix-mas* (8:5), *Echium vulgare* (1:5; 2:5; 16:1; 28:5), *Equisetum arvense* (18:2), *Eragrostis minor* (19:5), *E. pilosa* (21:1), *Erigeron acris* (1:5), *Eryngium campestre* (1:1; 23:1; 25:5; 33:2; 34:1), *Erysimum cuspidatum* (38:5), *Euonymus europaea* (5:5; 6:5; 8:5), *E. verrucosa* (4:5; 7:5; 8:5), *Eupatorium cannabinum* (17:1), *Festuca ovina* (23:2; 29:2), *Festuca pratensis* (12:2; 14:2; 16:3; 20:1; 28:3; 30:2; 31:1), *F. pseudovina* (30:2; 31:1), *Fili-*

pendula vulgaris (1:1), *Fraxinus excelsior* (4+: 7:1), *Fumaria officinalis* (17:+), *Galium aparine* (4+: 5+: 7+: 12:1; 17:1; 30:2; 31:2), *G. mollugo* (28:1), *G. odoratum* (4:1; 6+: 8:2; 10:1), *G. tinctorium* (37:1), *Glyceria maxima* (17:2), *Grossularia uva-crispa* (8:+), *Helichrysum arenarium* (1:1), *Hepatica nobilis* (8:+), *Hieracium umbellatum* ag. (27:1; 28:+), *Hypericum hirsutum* (4+: 5:+), *H. montanum* (5:+), *Knautia arvensis* (1:1; 2:1; 3:1; 18:1; 28:1; 34:1), *Lamium galeobdolon* (4:1; 7+: 8:1), *Lapsana communis* (5+: 6+: 20:+), *Lathyrus niger* (18:2), *L. pratensis* (9:2; 20:+), *L. tuberosus* (16:1; 27:1), *L. vernus* (8:+), *Leontodon hispidus* ag. (1:2; 26:1; 27:1), *Leopoldia comosa* (25:+), *Lilium martagon* (8:+), *Linaria genistifolia* (36:+), *L. vulgaris* (4+: 9+: 27+: 42:+), *Lotus corniculatus* ag. (1:2; 15:1; 16:1; 30:1; 31:2), *Lysimachia vulgaris* (17:+), *Majantemum bifolia* (8:+), *Medicago lupulina* (11+: 14+: 19:1), *M. romanica* (15:1; 16:1; 22:1; 25+: 29:2; 32:1; 33:1; 34:2; 40:1) *Melica nutans* (4:+), *M. transsilvanica* (37:+) *Mercurialis perennis* (7:+), *Mycelis muralis* (8:+), *Neottia nidus-avis* (8:+), *Nonea pulla* (27:1), *Padus avium* (8:+), *Paris quadrifolia* (6+: 8:+), *Pastinaca sativa* (9:+), *Persicaria hydropiper* (6:+), *Peucedanum lubimenkoanum* (30+: 31:1), *Pilosella echioides* ag. (24+: 25:1), *Pilosella officinarum* (1:1; 2:1; 3:1), *Pimpinella major* (39:+), *Pimpinella saxifraga* (1+: 2+: 11+: 17+: 35:+), *Pimula elatior* (39:+), *Plantago lanceolata* (11:1), *Poa bulbosa* (1:1), *P. versicolor* (38:+), *Polygonatum hirtum* (7:+), *P. multiflorum* (8:+), *Potentilla alba* (18:1), *P. anserina* (16:1), *P. argentea* (1:1; 2:1; 16:1; 42:+), *P. incana* (24:1; 25:1), *P. pilosa* (23+: 25+: 34:2), *Prunella vulgaris* (1:1; 3:1; 6+: 18+: 42:+), *Prunus spinosa* (26:1), *P. stepposa* (3+: 20:1; 37:2), *Pulmonaria mollis* (10:1; 18:2), *Pulsatilla pratensis* (26:1), *Pyrethrum corymbosum* (18:1), *Pyrus communis* (18:1), *Quercus robur* (18:5), *Rhinanthus vernalis* (1:1), *Rosa corymbifera* (37:+), *Rumex acetosella* (1:2; 24:1; 26:1), *Salvia nemorosa* ag. (30:1; 31:1; 33:2; 34:1), *S. nutans* (26:+), *Sambucus nigra* (6+: 8:+), *Sanicula europaea* (6+: 8:+), *Scabiosa ochroleuca* (12+: 26:1), *Sedum acre* (1:1), *Seseli annuum* (15:+), *S. hippomarathrum* (37:+), *S. i libanotis s. intermedium* (30:1), *Silene nutans* (30:1; 31:1), *S. vulgaris* (12:1), *Sonchus arvensis* (17:+), *Sorbus torminalis* (4:+), *Staphyllea pinnata* (7:5), *Stellaria holostea* (4:1; 6:1; 7+: 21 :+), *Swida sanguinea* (7+: 8+: 18:2), *Symphitum officinale* (17:+), *Taraxacum serotinum* ag. (12+: 19:+), *Thymus pulegioides* ag. (1:3), *Th. pulegioides x Th. serpyllum* (28:2), *Th. serpyllum* (16:3), *Tilia cordata* (juv.) (6+: 7:+), *Tragopogon podolicus* (9:1; 19:+), *Trifolium arvense* (1:1), *T. montanum* (1:1; 28:1; 34:1), *T. pratense* (1:1; 2:1; 11:1), *T. repens* (6+:), *Turritis glabra* (27:+), *Tussilago farfara* (14:1; 27:1), *Ulmus glabra* (7:+), *U. minor* (29:+), *Urtica dioica* (5:1; 6+: 8:+), *Veronica officinalis* (18:1), *V. serpyllifolia* (11:1), *Viburnum lantana* (4+: 7+: 18:1; 37:2), *Vicia angustifolia* (29:1), *V. tetrasperma* (3:1; 13+: 17+: 29:1; 31:1), *Vinca minor* (8:+), *Viola ambigua* (27:+), *V. hirta* (7+: 18:1), *V. mirabilis* (5+: 7+: 8:+), *Xanthium strumarium* (20:+)

Угруповання союзу *Geranion sanguinei* (табл.1) малопоширені в регіоні і зосереджуються на півдні та крайньому сході Центрального Поділля. Діагностичні види союзу: *Geranium sanguineum*, *Trifolium alpestre*, *Chamaecytisus albus*, *Ch. podolicus*, *Leopoldia tenuiflora*, *Vicia tenuifolia*, *Campanula bononiensis*, *Peucedanum lubimenkoanum*, *P. Cervaria*, *Pedicularis kaufmanii*, *Melampyrum cristatum*, *Polygonatum odoratum*, *Inula salicina*, *I. britannica*. Моховий ярус формують види *Abietinella abietina*, *Tortula medica*. Угруповання зростають на південних та південно-західних схилах 30-50°, що добре прогриваються, у долині річки Дністер та Південний Буг. Вони формуються на рендзинах, еродованих чорноземах та на чорноземах типових. В межах союзу виділяється п'ять асоціацій, специфіка яких залежить від геологічних та геоморфологічних факторів.

Угруповання асоціації *Geranio-Trifolietum alpestris* трапляються на узліссях термофільних лісів союзу *Quercion pubescenti-petreae* на стрімких схилах 50° південного та південно-західного напрямку на псаммоземах та еродованих чорноземах на вапняках та пісковицях. Діагностичні види асоціації: *Geranium sanguineum*, *Pulsatilla pratensis*, *Potentilla incana*, *Rumex acetosella*, *Scabiosa ochroleuca*, *Pilosella echioides* ag., *Sedum sexangulare*, *Chamaecytisus podolicus*, *Cleistogenes bulgarica*, *Salvia nutans*, *Leontodon hispidus*, *Galactella linosirys*. Вони займають суміжні екотопи з угрупованнями союзу *Alyso-Sedion albi* класу *Sedo-Scleranthetea*, а також з угрупованнями союзу *Bromo-Festucion pallentis* класу *Festuco-Brometea*, тому багато видів з цих союзів входять до видового складу асоціації. У регіоні така асоціація є ксерофітною, хоча для території України згадується лише її бореальний варіант (Лукаш, Якушенко, 2008).

Угруповання асоціації *Campanulo bononiensis-Vicietum tenuifoliae* поширені на післялісових ділянках і трапляються спорадично на Центральному Поділлі. Формуються на вирівняних територіях, що прилягають до грабових лісів союзу *Carpinion betuli* на чорноземах типових та чорноземах опідзолених. Діагностичні види асоціації: *Campanula bononiensis*, *Vicia tenuifolia*, *Ranunculus cassubicus*, *Phlomis tuberosa*, *Solidago virgaurea*, *Seseli libanotis*. За флористичним складом дуже подібні до угруповань союзу *Cirsio-Brachypodion pinnati* класу *Festuco-Brometea*, зокрема асоціації *Origano-Brachypodietum*, що викликає дискусії з цього приводу (Willner, 2011). У таких асоціаціях відмічені види, що занесені до Європейського Червоного Списку та Червоної книги України (Червона книга, 2009): *Chamaecytisus albus*, *Ch. blockianus*, *Ch. podolicus*, *Trifolium rubens*, тому варто варто створити заказники для їх охорони.

Асоціація *Peucedanetum cervariae* включає у себе угруповання, які приурочені до добре прогрітих схилів на змитих чорноземних ґрунтах в середній частині долини річки Південний Буг. На відміну від угруповань попередньої ксерофітної асоціації, містять у своєму складі види, характерні для остепнених лук порядку *Galietales veri* союзу *Agrostion vinealis*. Діагностичний блок слабо виражений і представлений такими видами як *Peucedanum cervariae*, *Onobrychis arenaria*, *Carex stenophylla*, *Pedicularis kaufmanii*, *Dianthus superbus*.

Асоціація *Trifolio-Melampyretum cristati* представлена ксерофітними угрупованнями, що формуються на узліссях лісів союзу *Quercion pubescenti-petreae* на рендзинах, багатих на гумус та карбонати. Відмічені нами у верхній частині південного схилу 40° схилу долини річки Дністер. Діагностичні види асоціації, визначені на основі високого показника коефіцієнта *phi*: *Melilotus of-*

ficinalis, *Melampyrum cristatum*, *Polygonatum odoratum*, *Cornus mas*, *Camelina microcarpa*, *Poa versicolor*, *Ulmus laevis*, *Galium campanulatum*, *Hylotelephium maximum*, *Eryngium planum*, *Quercus petraea*. Як видно з переліку, високий ступінь присутності мають види, що є також діагностичними для союзу *Quercion pubescenti-petraeae*, які також відмічені нами на узліссях. Разом з тим тут висока частка степових видів, які також формують трав'яний ярус угруповань.

Угруповання асоціації *Inuletum salicinae* відмічені у східній частині Центрального Поділля. Вони займають південні пологі схили на еродованих опідзолених чорноземах. Діагностичні види асоціації: *Veronica spicata* ag., *Inula britannica*, *I. salicina*, *Steris viscaria*, *Viola arvensis*, *Calamagrostis epigeios*, *Achillea nobilis*, *Allium oleraceum*, *Salvia verticillata*, *Peucedanum oreoselinum*. Займають суміжні екотопи з угрупованнями союзу *Agrostion vinealis* класу *Molinio-Arrhenatheretea*, а також з угрупованнями союзу *Thymo pulegioidi-Sedion sexangulare* класу *Sedo-Scleranthetea* на схилах долини річки Південний Буг.

Отже, рослинність узлісь на Центральному Поділлі характеризується багатим різноманіттям, представленим двома порядками, двома союзами та десятьма асоціаціями. Такі угруповання характеризуються високим видовим різноманіттям та містять у своєму складі багато рідкісних та зникаючих видів. З метою їх збереження тут доцільно організувати заповідні об'єкти.

Список літератури

- Булохов А.Д., А.В.Харин Сообщества класса *Trifolio-Geranietea sanguinei* Th.Müller 1962 на территории города Брянска и его природной зоны / Растительность России, СПб. – 2008, № 13. – С.14-26
- Воробйов Є.О., Любченко В.М., Соломаха В.А., Орлов О.О. Класифікація грабових лісів України. – Київ: Фітосоціоцентр, 2008. – 252 с.
- Дідух Я.П., Шеляг-Сосонко Ю.Р. Нове геоботанічне районування України та суміжних територій // Укр. ботан. журн. — 2003. — **60**, № 1. — С. 6-17
- Лукаш О.В., Якушенко Д.М. Асоціація *Geranio-Trifolietum alpestris* Th.Müller 1962 на східному Поліссі // Укр.ботан.журн. – 2008. – **65**, № 3. – С.336-350
- Офіційні переліки регіонально рідкісних рослин адміністративних територій України (довідкове видання) / Укладачі: докт.біол.наук, проф. Т.Л.Андрієнко, канд.біол.наук М.М.Перегрим. – Київ: Альтерпрес, 2012. – 148 с.
- Соломаха В.А. Синтаксономія рослинності України. Третє наближення. – Київ: Фітосоціоцентр, 2008. – 296 с.
- Червона книга України. Рослинний світ. / Міністерство охорони навколишнього природного середовища України, Інститут ботаніки ім. М.Г.Холодного / під ред. Я.П. Дідуха. – К.: Глобалконсалтинг, 2009 – 912с.
- Якушенко Д.М. Узлісні угруповання класу *Trifolio-Geranietea sanguinei* Th.Müller 1962 півдня Житомирського Полісся // Укр.ботан.журн. – 2004 – **61**, №4. – С.30-37
- Brzeg A. Zespoły kserotermofilnych ziółorosli okrajkowych z klasy *Trifolio-Geranietea sanguinei* Th.Müller 1962 w Polsce. – Poznan, 2005. – 237 s.
- Čarni, A. Syntaxonomy of the *Trifolio-Geranietea* (saum vegetation) in Slovenia / A. Čarni // Folia Geobotanica Phytotaxonomica. — 1997. — **32** (2). — S. 207–219
- Chytrý M. Determination of diagnostic species with statistical fidelity measures / Chytrý M., Tichý L., Holt J., Botta-Dukát Z. // J. Veg. Sci. — 2002, **13**. — P. 79–90
- Dengler J., Boch S. Forest-edge communities (*Trifolio-Geranietea sanguinei*) on the island of Saaremaa (Estonia). Phytosociology and biodiversity patterns / Mitt.Arbeitsgem. Geobot. Schleswig – Holstein Hamb. – 65. – 2006. - P. 257-285
- Matuszkiewicz W. Przewodnik do oznaczania zbiorowisk roślinnych Polski. – Warszawa: PWN, 2001. – 537 pp.
- Schubert R. Prodromus der Pflanzengesellschaften Sachsens-Anhalts. Sonderheft, 2. – 2001. – 330 pp.
- Tichý L. JUICE, software for vegetation classification. – J. Veg. Sci. -2002, **13**. – P.451-453
- Valachovich V. Syntaxonomy of the fringe vegetation in Slovakia in relation to surrounding areas-preliminary classification / Hacquetia, 3/1, - 2004. – P. 9-25
- Willner W. Unambiguous assignment of relevés to vegetation units: the example of the *Festuco-Brometea* and *Trifolio-Geranietea sanguinei* / Tuexenia, 31. Göttingen. – 2011.– P. 271-282.

FOREST-EDGE COMMUNITIES OF THE CLASS TRIFOLIO-GERANIETEA SANGUINEI TH. MÜLLER 1961 IN CENTRAL PODILLYA

Vashenyak Yu. A.

Forest-edge vegetation in Central Podillya is characterized in the article on basis of floristic classification. It is represented by 2 orders, Origanetalia, Antherico ramosae-Geranietalia, 2 alliances, Trifolion medii and Geranion sanguinei, and 10 associations. Own relevées of 10 m² plots documented on hornbeam and oak forest edge and relevées from literary sources made the basis of forest edge vegetation. By means of TURBOVEG and JUICE software was created data base of forest edge vegetation and allocation of syntaxons. Relevées of the vegetation were mapping by means of ArcGIS software. The mesophitic communities of Trifolion medii alliance are typical and widely spread in the region and occurred on upland plots. The xerothermophilic communities of Geranion sanguinei alliance are fragmentary represented in the vallies of Dnister River and Pivdenniy Bug River and occurred on south and south-west slopes. By means of DCA-ordination it was found that edafic factors (humidity, carbonat content, acidity, nitrogen content, aeration) influenced on forest edge vegetation allocation. It was noted localities of rare species: Astragalus cicer, Chamaecytisus albus, Ch.blockianus, Geranium sanguineum, Poa versicolor.

Key words: classification, syntaxonomy, Trifolio-Geranietea, forest-edge vegetation, Central Podillya

ВІКОВА ТА ВІТАЛІТЕТНА СТРУКТУРИ ПОПУЛЯЦІЙ *PULSATILLA PRATENSIS* L. В СЕРЕДНЬОМУ ПОБУЖЖІ

М. М. ЧЕКАНОВ, І. П. ДІДЕНКО

Національний дендрологічний парк «Софіївка» НАН України
вул. Київська, 12а, м. Умань, Черкаська обл., 20300 Україна
e-mail: didenko_ip@mail.ru

Проведені комплексні дослідження на популяційному рівні (вікова, віталітетна, просторова структури, щільність), в результаті чого визначили стан популяцій рідкісного виду флори України *Pulsatilla pratensis* в Середньому Побужжі.

Вікові спектри популяцій досліджуваних видів рослин мають багато спільних рис. Вони є нормальними, неповночленними і, як правило, моноmodalними, лівосторонніми або центрованими, що свідчить про інтенсивне розмноження виду.

Ценопопуляції *P. pratensis* в Середньому Побужжі характеризуються стабільною структурою, високим рівнем життєвості і добрим самовідтворенням, можуть довго існувати в складі фітоценозу. Провідну роль у самопідтриманні та відновленні популяцій під час несприятливих умов відіграє вегетативне розмноження.

Ключові слова: ценопопуляція, самопідтримання, вікові стани.

Вступ. Вивчення структури популяцій рідкісних та зникаючих видів рослин є одним з важливих напрямків моніторингових досліджень, які включають сукупність ознак і властивостей, характерних для досліджуваної популяції в певних ґрунтово-кліматичних і ценотичних умовах (Внутрішньопопуляційна різноманітність, 2004). Вікова структура є однією з важливих характеристик ценопопуляцій, оскільки вона відображає структурно-функціональний стан популяцій у конкретних екологічних умовах. Від вікового складу ценопопуляції залежить її здатність до самопідтримання та стійкість існування у фітоценозі. Не меншу роль відіграє віталітетна структура. Віталітет, являє собою оцінку життєвості рослин, здійснену за кількісними морфопараметрами особин (Злобін, 1989). Основою віталітетного аналізу є продукційний процес, ріст і морфологічна структура особини, які виражені в кількісних показниках і дають узагальнену оцінку її життєвості. Тому проведення комплексних досліджень на популяційному рівні є актуальним питанням.

Метою наших досліджень було дослідити вікову та віталітетну структури, щільність, життєвість та просторове розміщення ценопопуляцій *P. pratensis* Середнього Побужжя та на основі отриманих даних з'ясувати їх сучасний стан.

Об'єкт та методи досліджень. Нами було досліджено популяції *P. pratensis* у наступних локалітетах:

1. Ульяновський р-н, окол. смт. Ульяновка, нижня течія р. Бондаруха, острів «Скалка»
2. Ульяновський р-н, окол. смт. Ульяновка, лівий берег р. Кам'янка

3. Ульяновський р-н, окол. колишнього села Василівка
4. Ульяновський р-н, окол. с. Синицівка, правий берег р. Синиця
5. м. Гайворон, лівий берег р. Південний Буг

Фенологічні спостереження проводили згідно методики І.М. Бейдеман (1974). Віковий стан і щільність популяцій визначали на основі морфометричних вимірів на облікових ділянках площею 1м² за методикою Т.О. Работнова (1950), з доповненнями О.В. Смирнової (1976). Як ключі для визначення приналежності особин до певного онтогенетичного стану для кожного модельного виду використовувалися літературні джерела (Бакаліна, 1997; Нікітіна, 1978) та власні спостереження авторів. Для однієї популяції закладалося від 2 до 10 ділянок випадковим методом. На ділянках підраховувались кількість рослин різних вікових станів. Класифікація популяцій наведена у відповідності з роботами Т.О. Работнова (1969), О.О. Уранова та О.В. Смирнової (1969). Інтегральну оцінку вікової структури досліджених видів проводили на основі трьох індексів: індекс віковості вираховували по формулі О.О. Уранова:

$$\Delta = \frac{\sum K_i m_i}{\sum K_i}$$

Δ - індекс віковості;

K_i - кількість особин у віковій групі;

m_i - ціна віковості

Індекс відновлення (I_v) – визначали як відношення кількості прегенеративних особин до генеративних (Жукова, 1987). Індекс генеративнос-

ті популяцій розраховували як частку особин генеративного вікового стану до загальної кількості особин всіх вікових груп, вираженої у відсотках (Коваленко, 2003).

Для дослідження віталітетної структури використовували метричні та меристичні морфометричні параметри (Злобін та ін., 2009). Для аналізу життєздатності досліджуваного виду у популяціях обчислювали індекс якості популяцій (Q), який є базою для диференціації ценопопуляцій на процвітаючі, рівноважні та депресивні (Жилев, 1989; Злобін, 1989; Малиновський, 1998). Віталітетний аналіз проведено за методикою Ю.А. Злобіна (1989) з використанням комп'ютерної програми VITAL. Статистичні розрахунки виконані в межах комп'ютерної програми Statistica, версія 5.5.

Результати та їх обговорення. Вікові стани *P. pratensis* виділено на основі описів онтогенезу виду Л.В. Бакаліною (1997):

- j – однопагінні особини з 3-5 простими трійчасто-розсіченими в обрисі широкояйцевидними листками;
- im – мають один розетковий пагін першого порядку з 4-5 пальчасто-розсіченими довгочерешковими листками;
- v – однопагінні особини, утворюють розетку з 4-5 довгочерешковими трійчастоперистими листками, в обрисі видовжено-яйцевидні, з лінійними загостреними часточками;
- g1 – мають 2-5 розеткових і напіврозеткових пагонів, листя дорослого типу на довгих черешках;
- g2 – у особин присутні вісі 2-4 порядків, на каудексі видно сліди відмерлих генеративних пагонів минулих років, листки такі як у g1, але більших розмірів;
- g3 – мають дуже зруйнований каудекс, розеткові пагони переважають над напіврозетковими, старі частини рослини – над молодими, листки і квіти дрібнішають;
- ss – особини мають бокові зруйновані партикули з пригніченими розетковими пагонами. Листки малі, дорослого й іматурного типу.

Всі досліджені популяції *P. pratensis* ми відносимо до неповночленного типу, оскільки у них відсутні проростки і сенільні особини (таб. 1).

Вікова структура та щільність пов'язані між собою. Динаміка щільності є важливим показником, який дає змогу з'ясувати процеси регулювання чисельності та функції ценопопуляцій в угрупованні (Динаміка ценопопуляцій, 1985). Середня щільність в досліджених ценопопуляціях значно варіює від 2,2 до 29,25. Це свідчить про різний антропогенний вплив на популяції, які знаходяться на території заказників або дуже віддалені від населених пунктів, мають більшу

щільність та кращі індекси інтегральної оцінки вікових станів: це популяції №2,4,5 та малочисельні – №1 та 3 (таб.1). Більшість ценопопуляцій (крім 3), мають високий індекс генеративності, що характеризує їх високий потенціал відновлення. Переважання генеративних особин у ценопопуляції №2 свідчить про високу насінневу продуктивність і врожайність насіння, у №1,3,5 переважає вегетативний спосіб розмноження.

Інтегральною характеристикою вікової структури є віковий спектр (Уранов, 1960), який вказує на співвідношення особин різних вікових груп (рис.1). З аналізу вікового спектру (рис. 1) ми бачимо, що всі популяції мають піки чисельності на v, g₁, g₂ та g₃, що свідчить про добру пристосованість виду до умов існування.

Вікові спектри популяцій досліджуваних видів рослин мають багато спільних рис. Вони є нормальними, неповночленими і, як правило, мономодальними, лівосторонніми (1, 5) або центрованими (2, 3), що свідчить про інтенсивне розмноження виду. Для ценопопуляції 4 характерним є правосторонній віковий спектр з переважанням g₂, g₃. Її можна охарактеризувати як таку, що може довго існувати у складі фітоценозу.

Для дослідження віталітетної структури нами були обрані морфометричні параметри, які дозволяють діагностувати віталітетний стан *P. pratensis*. Оскільки даний вид занесений до Червоної книги України (2009), то в якості популяційних рахівних одиниць виступали кількість листків та висота рослини. Для всіх досліджуваних популяцій були характерні спектри процвітаючого та рівноважного типу з високим індексом якості популяції, однак стан першої популяції близький до депресивного типу, ймовірно через рекреаційне навантаження на території даного локалітету (таб. 2). Ценопопуляції №2 і 3 належать до процвітаючого типу, що свідчить про близькі до оптимальних еколого-ценотичні умови та добру пристосованість видів до зростання в степових травостоях, які не зазнають активної діяльності людини (таб. 2).

В результаті досліджень віталітетної структури встановлено динаміку у співвідношенні класів віталітету і якості популяції (таб. 2). Особини вищого класу переважають у ценопопуляції №1, проміжного – у №2, 3 і 5, і нижчого класу – у №4. Щодо індексу якості, то його найвищий показник у ценопопуляції №3, у решти – майже однаковий.

Таким чином, віталітетна структура ценопопуляції *P. pratensis*, як і вікова, змінюється залежно від еколого-ценотичних умов та ступеня антропогенного навантаження.

Табл. 1. Вікова структура ценопопуляції *Pulsatilla pratensis* у Середньому Побужжі

№ популяції	Вікові стани							Щільність ос./м ²	I 2-сті	I 6-ня	I в-сті
	j	im	v	g1	g2	g3	ss				
1	7,5	15,4	31,2	20,0	12,4	12,0	1,5	2,2	54,1	44,4	0,25
2	20,0	18,0	6,0	33,3	13,5	7,9	1,3	20,0	54,7	44,0	0,21
3	2,2	14,7	13,2	41,0	20,4	6,5	2,0	7,7	30,1	67,9	0,28
4	8,6	10,2	18,4	12,6	30,2	11,3	8,7	29,25	37,2	54,1	0,54
5	9,0	26,4	24,6	16,2	20,3	2,3	1,2	18,6	60,0	38,8	0,06

Tab. 1. The age structure of populations in the Middle *Pulsatilla pratensis* Pobuzhya

Табл. 2. Показники вітальності та структури популяцій *P. pratensis*

№ популяції	Відносна частота вищого класу A	Відносна частота проміжного класу B	Відносна частота нижчого класу C	Відносна частота найнижчого класу D	Якість популяції	Тип популяції
1	0,35	0,30	0,38	0,37		рівноважна
2	0,30	0,40	0,30	0,35		процвітаюча
3	0,17	0,67	0,17	0,42		процвітаюча
4	0,31	0,20	0,45	0,28		рівноважна
5	0,22	0,43	0,36	0,32		рівноважна

Tab. 2. Indicators vitality structure of populations of *P. pratensis*

Для аналізу просторової структури враховують характер розміщення особин на площі ценозу (Грант, 1984). Для всіх популяцій *P. pratensis* характерне контагіозне розміщення на площі ценозів, на нашу думку, це пов'язано зі здатністю насіння поширюватися лише на обмежену відстань від материнської особини.

Висновки. В результаті проведених досліджень можна зробити висновки про те, що цено-

популяції *P. pratensis* в Середньому Побужжі характеризуються стабільною структурою, високим рівнем життєвості і добрим самовідтворенням, можуть довго існувати в складі фітоценозу. Провідну роль у само підтриманні та відновленні популяцій під час несприятливих умов відіграє вегетативне розмноження.

Список літератури

1. Бакалина Л.В. Онтогенез і популяційна структура сонів широколистої і чорної чоги в екосистемах Канівського природного заповідника // Заповідна справа в Україні. – 1997. – Т. 3, вип. 2. – С. 16-22.
2. Внутрішньопопуляційна різноманітність рідкісних, ендемічних і реліктових рослин Українських Карпат / Царик Й.В., Жилиєв Г.Г., Кияк В.Г. – Львів: Поллі, 2004. – 198с.
3. Грант В. Видообразование у растений. – М.: Мир, 1984. – 528с.
4. Жилиєв Г.Г., Царик Й.В. Структура популяцій травянистих рослин в растительных сообществах Карпат // Ботан. журн. – 1989. – Т. 74, №1. – С. 88-89.
5. Жукова Л.А. Динамика ценопопуляцій лугових рослин в естественных фитоценозах // Динамика ценопопуляцій травянистих рослин. – Киев: Наук. думка, 1987. – С. 9-19.

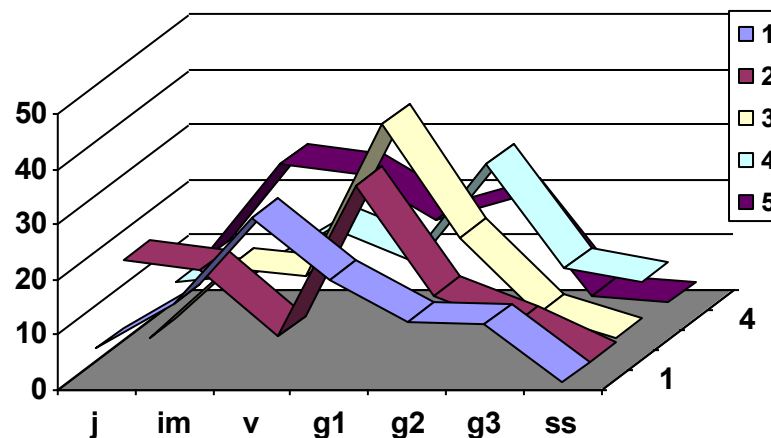


Рис. 1. Вікові спектри досліджених ценопопуляцій *P. pratensis*

Fig. 1. Age range of research populations *P. pratensis*

6. Злобин Ю.А., Скляр В.Г., Бондарева Л.М., Кирильчук К.С. Концепція морфометрії у сучасній ботаніці // Чорноморський ботанічний журнал. – 2009. – Т. 5, №1. – 22с.
7. Злобин Ю.А. Принципы и методы изучения ценологических популяций растений. – Казань: Изд-во Казанского ун-та, 1989. – 146с.
8. Злобин Ю.А. Структура фитопопуляций // Усп. совр. биол. – 1996. – 116, вып. 2. – С. 133-146.
9. Злобин Ю.А. Теория и практика оценки виталитетного состава ценопопуляции растений // Ботан. журн. – 1989. – 74, №6. – С. 769-781.
10. Динамика ценопопуляций растений / под. ред. Т.И. Серебряковой. – М.: Наука, 1985. – 207с.
11. Коваленко І. М. Структура популяцій домінантів трав'яно-чагарникового ярусу в лісових фітоценозах Деснянсько-Старогутського національного природного парку // Укр. ботан. журн. - 2005. - Т. 62, № 5. - С. 707–714.
12. Малиновський К.А., Царик Й.В., Жиляєв Г.Г. Структура популяцій рідкісних видів флори Карпат. – К.: Наукова думка, 1998. – 176с.
13. Никитина С.В. Прострел раскрытый / Никитина С.В., Денисова Л.В., Вахрамеева // Биологическая флора Московской области. – 1978. – Вып. 4. – С. 79-85.
14. Работнов Т.А. Жизненный цикл многолетних травянистых растений // Тр. Ботан. ин-та АН СССР. – 1950. – Сер.3, вып. 6. – С. 7-204.
15. Уранов А.А. Жизненное состояние вида в растительном сообществе // Бюл. МОИП. Отд. биол. – 1960. – Т. 67, вып. 3. – С. 77-92.
16. Уранов А.А., Смирнова О.В. Классификация и основные черты развития популяций многолетних растений // Бюл. Моск. о-ва испытат. природы. Отд. биологии. – 1969. – Т.74, №1. – С. 119–134.
17. Червона книга України. Рослинний світ / за ред. Я.П. Дідуха – К.: Глобалконсалдинг, 2009. – 900с.

POPULATION AGE STRUCTURE *PULSATILLA PRATENSIS* L. AVERAGE POBUZHZA

M.M. CHEKANOVA, I.P. DIDENKO

National arboretum "Sofiyivka", NAS of Ukraine
st. Kiev, 12 a, m. Uman, Cherkasy region., 20300 Ukraine
e-mail: didenko_ip@mail.ru

The complex research on population level (age, vitality, spatial structure, density), resulting in a determined state of populations of rare species of flora Ukraine Pulsatilla pratensis in the Middle Pobuzhza.

The age spectra of populations studied species have much in common. They are normal, and nepovnochlennymy usually monomodalnymy, left-hand or centered, indicating that intensive breeding species.

Coenopopulations P. pratensis in the Middle POBUZHZA characterized by stable structure, high level of vitality and good self, can long subsist in the phytocenotic. The leading role in samopidtrymanni and restoring populations during adverse conditions plays cloning.

Keywords: coenopopulations , samopidtrymannya , age-related conditions.

ПОШИРЕННЯ ТА РЕСУРСИ *ARNICA MONTANA* L НА ТЕРИТОРІЇ ЧЕРНІВЕЦЬКОЇ ОБЛАСТІ

І.В. ВАНТЮХ

Інститут ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України
вул. Терещенківська, 2, Київ, 01601, Україна e-mail: <igorvan@mail.ru>

Подані результати вивчення поширення та участі у фітоценозах *Arnica montana* на території Чернівецької області. В роботі використані методи ботанічного ресурсознавства: маршрутного ходу, трансепт, облікових площ та облікових ділянок.

Найбільші за площею локалітети (14 місцезростань) виявлені на території Вижницького району на луках та полонинах г. Томнатик, г. Лісничка, г. Фрунтя; по хребту Чихоелька, перевалу Шурдин. Визначено, що площа угруповань, де популяції *A. montana* мають сировинне значення у межах Путильського, Вижницького та Сторожинецького адміністративних районів складає близько 43 га. *A. montana* зростає тут переважно в лучних угрупованнях з домінуванням *Nardus stricta* L. і *Festuca rubra* L. на схилах різної експозиції і крутості у діапазоні висот 400 – 1400 м.н.р.м. Встановлено, що близько 70% ценопопуляцій арніки на дослідженій території характеризуються низькою ресурсною значущістю з проективним покриттям у межах 5%. У сировинно значущих популяціях її проективне покриття переважно варіює у межах 5-10%, при щільності запасу сировини 1,55-2,95 г/м²; частка таких популяцій серед досліджених складає майже 27 %.

На даний час ценопопуляції *A. montana* найбільше потерпають від антропогенного навантаження неподалік населених пунктів, де присутнє надмірне пасовищне навантаження і здійснюється неконтрольована заготівля її суцвіть та кореневищ. У віддалених від населених пунктів районах експлуатаційне навантаження на біотопи арніки зменшується і стан її ценопопуляцій визначається переважно природними чинниками: заростання лук і пасовищ високотрав'ям, чагарниками та деревами. Високими ресурсними показниками характеризуються ценопопуляції арніки, де пасовищне навантаження відсутнє чи слабе. Усереднені показники сировинної продуктивності суцвіть арніки для Чернівецької області складають близько 18±1,5 кг/га.

Визначено, що обсяг щорічного допустимого щорічного використання ресурсів *A. montana* для Сторожинецького, Вижницького та Путильського адміністративних районів Чернівецької області складає 70-75 кг. Для оптимізації використання збереження та відновлення популяцій і ресурсів *A. montana* у Чернівецькій області є актуальним: дослідження стану та динаміки її популяцій, посилення контролю за використанням, запровадження режиму охорони у залежності від ступеня загрози її популяціям на регіональному рівні.

Ключові слова: *Arnica montana*, поширення, ресурси, використання, Чернівецька область.

Вступ. *Arnica montana* L. – багаторічна трав'яниста лікарська рослина з родини Айстрових (*Asteraceae*), поширена в горах Середньої Європи – Альпах, Татрах, Карпатах і по гірських масивах заходить до Південної Європи. Арніка гірська широко використовується в народній та офіційній медицині країн Європи та Північної Америки, як протизапальний і знеболюючий засіб; а також у косметології та гомеопатії. Лише на фармацевтичному ринку Німеччини налічується не менше 443 лікарських та косметичних засобів, до складу яких входить арніка [4].

У більшості країн Західної та Центральної Європи відзначається тенденція скорочення ареалу арніки та зменшення частоти її трапляння у зв'язку з порушенням місцезростань та надмірної експлуатації ресурсів. *Arnica montana* занесена до Червоного списку МСОП – Міжнародного Союзу охорони природи (Least Concern, LC), як вид, популяції якого в дикій природі перебувають в стані близькому до загрозливого [5].

Завданням нашого дослідження було з'ясувати поширення та стан ресурсів *Arnica montana* у

межах Чернівецької області.

Матеріали та методи. Матеріали для дослідження зібрані на підставі опрацювання літературних джерел, фондів Гербаріїв Інституту ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України (KW), Львівського національного університету імені Івана Франка (LW), Львівського природознавчого музею (LWS), Інституту Екології Карпат (LWKS), Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича (CHER), Карпатського біосферного заповідника та результатів власних польових досліджень впродовж 2010-2012 років.

Результати та їх обговорення. Основні місцезростання *A. montana* в Україні пов'язані з Карпатами. Найвні локалітети з рівнинної частини України вже кілька десятків років не підтверджені. Східна межа значного поширення *A. montana* проходить від державного кордону поблизу м.Самбора на південний схід вище смт. Борислава, смт. Делятина, с. Стівпчатова, через м. Косів та смт. Берегомет, а на південному-заході - від смт. Великого Березного до м.Сваляви і м. Рахова [3].

У результаті аналізу гербарних матеріалів та літературних джерел нами виділено 25 локалітетів *Arnica montana* у межах Чернівецької області, з яких більше половини підтверджено експедиційними дослідженнями. Основні її місцезростання зосереджені у західних районах Чернівецької області, а саме: 14 місцезростань у Вижницькому р-ні – поблизу с. Шепіт Долішній, с.Шепіт, с. Селятин, с. Плоска, с. Лопушна, с. Черешеньки, с. Виженка, на луках та полонинах г. Томнатик, г. Лісничка, г. Фрунтя; по хребту Чихоелька, перевалу Шурдин. Вісім локалітетів

A. montana виявлено на території Путильського району: околиці с. Голошина, с. Дихтинець, с. Усть-Путила, с. Ростокі, с. Нижній Ялівець; на луках перевалу Джоголь, хребтів Чорний діл та Путилли. Обмежене поширення *A. montana* має у Сторожинецькому районі, де відомі її місцезростання в околицях смт. Красноільськ, с. Банилів-Підгірний та г. Петроушка (рис.1).

Упродовж 2010 - 2012 року ми проводили дослідження ресурсів *Arnica montana* на території Чернівецької області.



Рис.1. Поширення *Arnica montana* на території Чернівецької області

Fig. 1. Distribution of *Arnica montana* at the territory of Chernivtsi oblast

Результати аналізу службових та літературних матеріалів свідчать, що за останні півстоліття обсяг використання сировини арніки у Чернівецькій області зменшився більше, ніж у 10 разів (рис.2), що підтверджує суттєве зменшення її ресурсів у регіоні.

Дослідженнями запасів арніки гірської в Чернівецькій області займалися Д.С.Івашин та Я.Д.Гладун. За даними Івашина Д.С. можливість щорічної промислової заготівлі лікарської сухої сировини *A. montana* становила тут 05- 1 т.[2]. Гладун Я.Д. вказує, що на території даної області арніка гірська поширена на площі 128,9 га, біологічний запас її суцвіть тут становить 7,8-8,4 т сирі чи 0,85 т сухої сировини [1].

Ми вивчали ресурсну значущість *A. montana* у межах Путильського, Вижницького та Сторожинецького адміністративних районів на площі

близько 43 га. Визначення ресурсів арніки здійснювали методом трансект, облікових площ та ділянок. За даними земле- та лісовпорядкування і результатами власних досліджень нами встановлено, що площа угруповань де популяції *A. montana* мають сировинне значення для Чернівецької області загалом складає близько 120 га; у тому числі у межах Вижницького району - 58 га, Путильського району - 50 га, Сторожинецького району - 12 га (рис.3).

На території Чернівецької області *A. montana* зростає в лучних угрупованнях на схилах різної експозиції і крутості – від рівних ділянок до крутих схилів (30–35°) у діапазоні висот 400 – 1400 м.н.р.м.[3]. За нашими даними частіше всього арніка гірська трапляється в угрупованнях *Luzula luzuoides-Agrostis tenuis* та *Hypochaeridi uniflorae Nardetum strictae*, а також *Nardus stricta-Trifolium*

pannonicum var. *Arnica montana*. Це переважно збиті луки, з домінуванням *Nardus stricta* L. (15-50% проективного покриття) і *Festuca rubra* L. (10-50%). У таких угрупованнях поблизу населених пунктів арніка зазнає постійної антропопреси, тому рослини погано розвиваються, мало квітнуть, і таким ценопопуляціям *A. montana* притаманне слабке насіннєве поновлення. *A. montana* часто трапляється на сінокісних луках з різноманіттям різнотрав'я (*Hypericum maculatum* Crantz., *Polygala vulgaris* L., *Campanula serrata* Kit. ex Schult., *Gymnadenia conopsea* (L.) R.Br., *Astrantia major* L., *Trifolium pannonicum* Jacq., *Trifolium medium* L., *Traunsteinera globosa* (L.) Rchb., *Trollius europaeus* L.), де сінокосіння сприяє її насіннєвому поновленню.

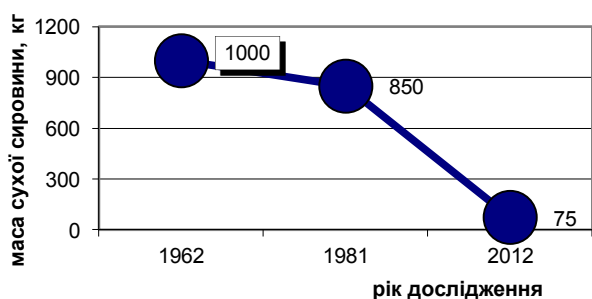


Рис. 2. Обсяг щорічних промислових заготівель *Arnica montana* на території Чернівецької області

Fig. 2. The volume of annual industrial harvesting of *Arnica montana* at the territory of Chernivtsi oblast

На даний час ценопопуляції *A. montana* найбільше потерпають від антропогенного навантаження неподалік населених пунктів де присутнє надмірне пасовищне навантаження і здійснюється неконтрольована заготівля її суцвіть та кореневищ. У віддалених від населених пунктів районах експлуатаційне навантаження на біотопи арніки зменшується і стан її ценопопуляції визначається переважно природними чинниками. Істотний негативний вплив на стан та динаміку ценопопуляції арніки має гірський туризм, який у Карпатах інтенсивно розвивається. Ми виявили, що площі арніки гірської зменшуються також унаслідок заростання гірських лук і пасовищ високотрав'ям, чагарниками та деревами.

Встановлено, що близько 70% ценопопуляцій арніки на дослідженій території характеризуються низькою ресурсною значущістю з проективним покриттям у межах 5%. У сировинно значущих популяціях її проективне покриття переважно варіює у межах від 5-10%, при щільності запасу сировини 1,55-2,95 г/м² і частка таких популяцій серед досліджених складає майже 27%.

Високими ресурсними показниками характеризуються ценопопуляції арніки, де пасовищне

навантаження відсутнє чи слабе. Усереднені показники сировинної продуктивності суцвіть арніки для Чернівецької області складають близько 18±1,5 кг/га.

Табл. 1. Запаси *A. montana* в межах окремих адміністративних районів Чернівецької області

Tabl. 1. Resources of *A. montana* in the administrative districts of Chernivtsi region

Адміністративні райони	Біологічний запас (у перерахунку на суху вагу), кг	Експлуатаційний запас (у перерахунку на суху вагу), кг
Вижницький	217,5 ± 8,7	72,5 ± 2,9
Путильський	185 ± 5	61,65 ± 1,65
Сторожинецький	45 ± 1,8	14,9 ± 0,7
Всього для Чернівецької області	432 ± 42	145 ± 5

За результатами наших ресурсних досліджень, біологічний запас арніки гірської (свіжозібраних суцвіть) у межах досліджуваного регіону складає 2,2 – 2,3 т, що у перерахунку на суху вагу становить 0,44–0,46 т. Експлуатаційний запас становить близько 0,14 – 0,15 т; обсяг допустимого використання – 0,07 – 0,075 т.

Найбільші ресурси нами виявлені на території Вишницького району з обсягом щорічного допустимого використання 35 кг сухої сировини (рис.3), тут сировинно значущі ценопопуляції арніки представлені на значній площі у межах НПП „Вишницький” (близько 32 га) та на вершині г. Магура (1313 м.н.р.м.); значне поширення, але обмежені ресурси арніки нами виявлені у межах Путильського району, де обсяг щорічного допустимого використання суцвіть може сягати 30 кг (рис.3). Ценопопуляції *A. montana* тут мають ресурсну значущість переважно на луках перевалу Джоголь та поблизу с. Перкалаба. Найменші ресурси арніки виявлені на території Сторожинецького району, де ценопопуляції арніки загалом характеризуються слабкою ресурсною значущістю.

Висновки. У Чернівецькій області *Arnica montana* поширена і має ресурсну значущість на території Путильського, Вишницького та Сторожинецького адміністративних районів в межах гірських хребтів Путилли, Чорний діл, Максимець, Чиохелька, Томнатик, Чимирина, перевалах Шурдин, Джоголь, Фальків у діапазоні висот 400 – 1400 м.н.р.м.

Ресурсна значущість ценопопуляцій арніки гірської на території Чернівецької області невисока. Більша частина ценопопуляцій арніки (70%) на дослідженій території характеризуються низькою ресурсною значущістю з проективним покриттям у межах 5%. Частка сировинно значущих популяцій *A. montana* з проективним покриттям у

межах 5 - 10% і щільністю запасу 1,55 - 2,95 г/м² складає близько 27%.

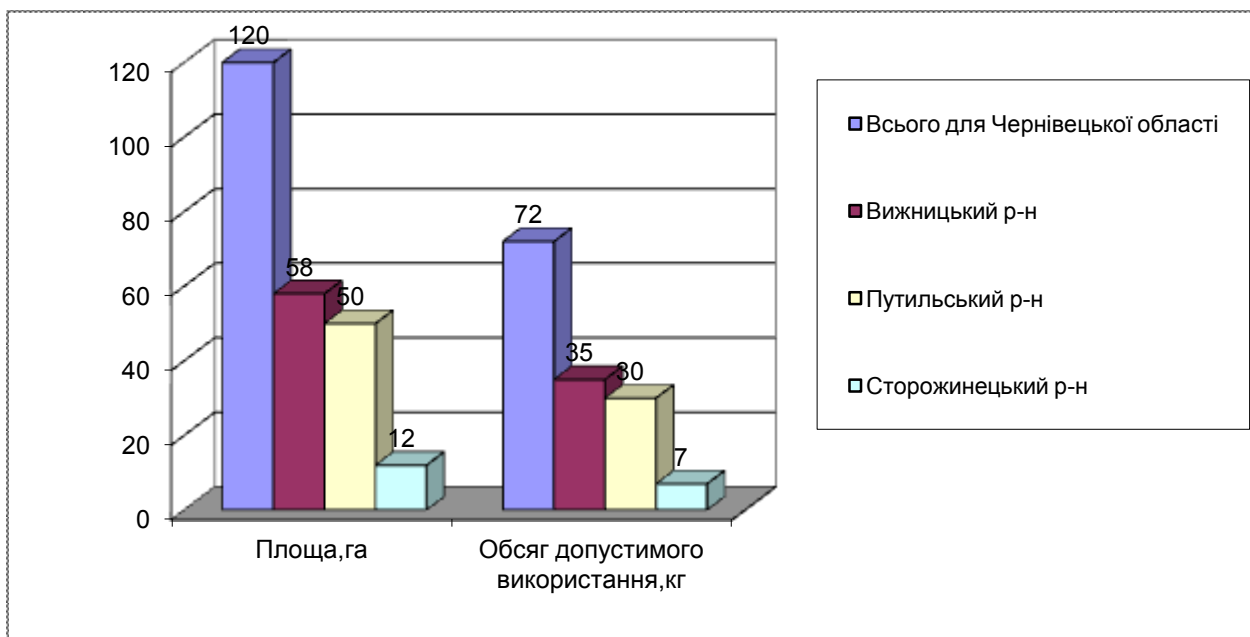


Рис. 3. Площа та обсяг допустимого використання *Arnica montana* в розрізі адміністративних районів Чернівецької області

Fig. 3. Area and volume of acceptable use of *Arnica montana* in the administrative districts of Chernivtsi region

Обсяг допустимого невиснажливого використання суцвіть арніки гірської на території Чернівецької області загалом складає близько 72 кг на рік. Для оптимізації використання збереження та відновлення популяцій і ресурсів *A. montana* у Чернівецькій області є актуальним: дослідження стану та динаміки її популяцій, посилення контролю за використанням, запровадження режиму охорони у залежності від ступеня загрози її популяціям на регіональному рівні.

Список літератури

1. Гладун Я.Д. Поширення, запаси і раціональне використання найважливіших лікарських рослин Радянської Буковини // Укр. ботан. журн. - 1981. - 38, №4. - С.68-70.

2. Ивашин Д.С. Ресурсы лекарственных растений Украинских Карпат и возможности их использования. - В сб.: Ресурсы дикорастущих лекарственных растений СССР. - Л.: Изд-во "Наука", 1968. с. 90-94

3. Мінарченко В.М., Соломаха Т.Д., Вантюх І.В. *Arnica montana* L. в Українських Карпатах: поширення, еколого-ценотичні особливості та ресурсна характеристика, вісник Чернівецького нац. Університету «Біологічні системи». - 2011. Т.3, вип. 2, - С. 52

4. Kathe, W. (2006) Conservation of Eastern European medicinal plants: *Arnica montana* in Romania. In Medicinal and Aromatic Plants Agricultural, Commercial, Ecological, Legal, Pharmacological and Social Aspects Series: Wageningen UR Frontis Series, Vol. 17.- Bogers, Robert J.; Craker, Lyle E.; Lange, Dagmar (Eds.).-2006, XVIII, 309 p.].

5. Електронний ресурс джерело доступу: <http://www.iucnredlist.org/apps/redlist/search>

DISTRIBUTION AND RESOURCES OF ARNICA MONTANA L IN CHERNIVTSI REGION

Vanyuh I.V.

N.G. Kholodny Institute of Botany of the National Academy of Sciences of Ukraine

The results of the study of distribution and participation in phytocenoses *Arnica montana* in the Chernivtsi region are presented. In this paper, the methods of the botanical evaluation of resources was used: fixed-route, transept, registration areas and accounting areas.

The largest localities (14 habitats) of *A. montana* was found at the Vyzhnytsia district at the meadows and valleys of m. Tomnatyk, m. Lisnychka, m. Fruntya, the spine Chyhoelka, the pass Shurdyn. It was determined that the area communities, where the population of *A. montana* have the raw values at the territory of Putylsky, Vyzhnytsky and Storozhynetsky districts is about 43 hectares. *A. montana* grows mainly in grassland communities where are dominated *Nardus stricta* L. and *Festuca rubra* L. at the slopes of varying steepness and exposure to height range 400 - 1400 meters above sea level. It is found that about 70% of arnica coenopopulations on investigated areas are characterized by low resource significance with a projective surface within 5%. In raw significant populations the projective covering of *A. montana* mainly varies in the range of 5-10%, with a density of raw materials supply 1.55-2.95 g/m²; the part of such coenopopulation among the surveyed is about 27%.

Currently for the coenopopulations of *A. montana* mainly threatened the anthropogenic pressures near communities where there are extensive pasture degradation of plants populations and there are uncontrolled harvesting of inflorescences and rhizomes. In the areas remote from population centers the exploitation pressure on arnica habitats are decreases and the state of its coenopopulations determined mainly by natural factors: to overgrown the meadows and pastures by tallgrass, shrubs and trees. The high resource figures have the coenopopulations of arnica, where grazing pressure is absent or weak. The average of raw productivity of arnica inflorescences at the Chernivtsi region is about 18±1.5 kg/ha.

Determined that the amount of the annual allowable use of resource of *A. montana* for Storozhynetsky, Vyzhnytsky and Putylsky districts of Chernivtsi oblast is 70-75 kg. For optimize the use, conservation and restoration of populations and resources of *A. montana* in Chernivtsi oblast is relevant: to research the state and dynamics of populations, strengthening control over the use, implementation of treatment, depending on the degree of threat to its populations on a regional level.

Keywords: *Arnica montana*, distribution, use of resources, Chernivtsi region

ПОШИРЕННЯ Й ЕКОЛОГО-ФІТОЦЕНОТИЧНІ ОСОБЛИВОСТІ РІДКІСНИХ РОСЛИН ГІРСЬКОЇ ФЛОРИ УКРАЇНСЬКИХ КАРПАТ ЯК МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ЇХ ПОРІВНЯЛЬНОГО ВИВЧЕННЯ *IN SITU* Й *EX SITU*

С. М. ЗИМАН¹, М. Ю. ДЕРБАК²

¹ Інститут ботаніки ім. М.Г.Холодного НАН України, вул. Терещенківська, 2, МСП-1, м. Київ, 01601
ziman2@mail.ru

² Національний природний парк «Синевир», с. Синевир-Остріки, Міжгірський р-н, Закарпатська обл., 90041

Стаття є складовою частиною комплексного порівняльного дослідження низки рідкісних видів високогірної флори Українських Карпат у природних популяцій і на дослідній ділянці Національного природного парку Синевир. Нами представлені первинні результати вивчення у природі й культурі біолого-морфологічних і популяційних особливостей близько 20 видів рідкісних рослин (*Achillea schurii* Sch. Bip., *Aconitum nanum* Baumg., *Anemone narcissiflora* L., *Anthemis carpatica* Waldst. et Kit., *Antennaria carpatica* (Wahlenb.) R.Br., *Aquilegia nigricans* Baumg., *Aster alpinus* L., *Astragalus krajinae* Domin, *Biscutella laevigata* L. *Campanula carpatica* Jacq., *C. kladniana* (Shur) Vitasek, *Draba aizoides* L., *Gentiana acaulis* L., *G. laciniata* Kit., *G. verna* L., *Hedysarum hedysaroides* (L.) Schinz. et Thell., *Narcissus angustifolius* Curtis, *Primula halleri* F.Gmel., *P. minima* L., *Pulsatilla scherfelii* (Ullerp.) Skalicky, *Rhodiola rosea* L., *Rhododendron myrtifolium* Schott et Kotschy). Вищезазначені й деякі інші рідкісні види були інтродуковані на дослідну ділянку Синевира з гірських масивів Свидовець (Блиzniця, Драгобрат), Черногора (Петрос, Туркул), Мармарош (Піп Іван) і Горгани (Негровець, Гедишова та ін.) та інших локалітетів. Перші результати наших спостережень за поведінкою цих рослин є більш чи менш успішними.

Ключові слова: гірська флора Українських Карпат, рідкісні види, вивчення *in situ* та *ex situ*

Вступ. Важливу роль в розробці наукових основ збереження фіторізноманіття відіграють ботанічні сади й інші установи ботанічного профілю, в яких можливе стаціонарні спостереження за рідкісними рослинами, у тому числі їх порівняльне вивчення *in situ* й *ex situ* з врахуванням сезонних ритмів розвитку, морфологічних особливостей, насінневого й вегетативного розмноження тощо. Особливий інтерес являє порівняльне вивчення рослин, зібраних у горах у різних умовах, у тому числі на різній висоті над рівнем моря, при відсутності ценотичного та антропогенного впливу. Всім цим вимогам відповідає дослідна ділянка Національного природного парку «Синевир», закладена у 2010 р. й на якій ми на протязі вегетаційного періоду 2011 і 2012 років зосередили близько 70 видів судинних рослин, приналежних до 60 родів (Зиман, Булах, Дербак, Тюх, 2012).

Об'єкт і методи. Ми взяли за основу для детального порівняльного вивчення близько 20 видів рідкісних рослин, які розглядаємо в якості моделей для майбутніх теоретичних і практичних висновків. Оскільки до складу природної гірської флори НПП «Синевир» таких рослин входить порівняно небагато (у «Червоній книзі України», 2009 відмічена наявність менше 10 рідкісних видів), було доцільно здійснити первинну інтродукцію дуже рідкісних рослин з інших гірських оселищ Українських Карпат. Особливу

увагу ми звернули на такі рослини, наявні на Свидовці (Драгобрат), Черногорі (Петрос) та Мармарошському масиві (Піп Іван Мармарошський). Ще слід додати, що С.М.Зиман вже досліджувала популяційні особливості близько 20 рідкісних видів для «Червоної книги України» (2009).

Результати та їх обговорення. Наш список рідкісних модельних видів, наявних на дослідній ділянці, за станом на кінець осені 2012 р. виглядає таким чином:

Achillea schurii Sch. Bip. - двічі пересаджувалась з Драгобрата, поки що безрезультатно.

Aconitum nanum Baumg. успішно пересаджена з г. Негровець, яка входить до складу НПП «Синевир».

Anemone narcissiflora L. успішно пересаджена з Драгобрата, Петроса на Черногорі й Негровця.

Anthemis carpatica Waldst. et Kit. успішно пересаджена з Попа Івана Мармарошського - єдиного оселища даного виду в Україні.

Antennaria carpatica (Wahlenb.) R.Br. успішно пересаджена з Драгобрата.

Aquilegia nigricans Baumg. нещодавно пересаджена з Негровця, результати дискусійні.

Aster alpinus L. успішно пересаджена з Драгобрата.

Astragalus krajinae Domin успішно пересаджена з Драгобрата.

Campanula carpatica Jacq. пересаджена з Попа Івана Мармарошського.

C. kladniana (Schur) Witasek пересаджувалась з Свидовця, Черногори, Мармароша, результати дискусійні.

Gentiana acaulis L. успішно пересаджена з Драгобрата і Петроса, також з Гедешови й Негровця на території Синевиру.

G. laciniata Kit. пересаджена з Драгобрата і Петроса.

G. verna L. пересаджена з урочища Гереджівка на відрогах Горган – єдиного оселища виду в Українських Карпатах, результати дискусійні.

Rhodiola rosea L. успішно пересаджена з Драгобрата.

Rumex scutatus L. успішно пересаджена з Драгобрата.

Тобто на дослідній ділянці наявні 15 видів модельних видів з числа запланованих нами для детального порівняльного дослідження. Крім них, ми маємо наміри інтродукувати сюди такі дуже рідкісні рослини як *Biscutella laevigata* L., *Draba aizoides* L., *Hedysarum hedysaroides* (L.) Schinz. et Thell., *Primula halleri* F.Gmel. (з Драгобрата чи Близниці – Свидовець), і *P. minima* L. (Черногора).

Крім того, ми хочемо здійснити порівняльне дослідження в близьких умовах дослідної ділянки на території НПП рослин- екологічних вікаріантів, що зростають у природі у високогір'ї та в нижніх поясах гірської рослинності й розглядаються як приналежні до одного чи різних видів: *Aconitum moldavicum* Hacq. ex Rchb. = *A. hosteanum* Schur; *Antennaria carpatica* = *A. dioica* (L.) P.Gaertn.; *Leucanthemum vulgare* L. = *L. rotundifolium* (Waldst. et Kit. ex Willd.) DC.; *Narcissus angustifolius* Curt.*Soldanella hungarica* Simonk. = *S. montana* Willd.; *Thalictrum minus* L. = *Th. transsilvanicus* Schur; *Trollius altissimus* Crantz = *T. europaeus* L.

Нижче подаємо відомості про поширення й еколого-фітоценотичні особливості модельних рідкісних видів у межах Українських Карпат. Маємо зазначити, що для дослідження на ділянці нами були відібрані рослини, які відносяться переважно до першої (*Achillea schurii*, *Antennaria carpatica*, *Anthemis carpatica*, *Aquilegia nigricans*, *Aster alpinus*, *Astragalus krajinae*, *Biscutella laevigata*, *Draba aizoides*, *Gentiana verna*, *Hedysarum hedysaroides*, *Narcissus angustifolius*, *Rhodiola rosea*, *Thalictrum transsilvanicum*) та другої (*Aconitum hosteanum*, *Campanula carpatica*, *Primula halleri*, *P. minima*) категорій рідкісності (Малиновський та ін., 2002; Зиман та ін., 2009, 2010 та ін).

Географічний аналіз показав переважання серед досліджуваних нами рослин видів з європей-

ськими ареалами, що спорадично поширені у горах Середньої та Південно-Східної Європи (*Antennaria carpatica*, *Aquilegia nigricans*, *Biscutella laevigata*, *Draba aizoides*, *Gentiana acaulis*, *Hedysarum hedysaroides*, *Primula halleri*, *Pulsatilla scherfelii* та ін.), але частина з них є карпатськими ендеміками (*Achillea schurii*, *Aconitum hosteanum*, *A. nanum*, *Astragalus krajinae*, *Gentiana laciniata*, *Leucanthemum raciborskii*, *Trollius transsilvanicus*).

Щодо екологічних особливостей, рослини більшості досліджуваних видів є ореофітими-петрофітими, що зростають переважно на висоті 1500-1800 м над рівнем моря на скелях, відслоненнях та кам'янистих осипах, але поширені іноді на високогірних луках. Згідно з нашими та літературними (Малиновський, Крічфалушій, 2002; Кобів та ін., 2009 та ін.) даними, рослини модельних видів приурочені до таких фітоценозів: *Festucetum pictae*, *Achilleo (schurii) – Dryadetum oxypetalis*, *Saxifrago-Festucetum versicoloris*, *Saxifragetum luteoviridis*, *Seslerietum coeruleans*, *Cystopteridetum fragilis*, *Cetrario-Juncetum trifidi*, *Caricetum sempervirentis*, *Rumicetum scutati-Rhodiuletum roseae*, *Thymo-Festucetum amethystinae*, причому в межах однієї асоціації (наприклад, *Festucetum pictae*, *Achilleo (schurii) – Dryadetum oxypetalis*, *Cetrario-Juncetum trifidi*, *Caricetum sempervirentis* та ін.) наявні декілька (переважно 3-5, але іноді близько 10) рідкісних видів.

Винятком є два види, а саме *Narcissus angustifolius* і *G. verna* L. Рослини першого з них утворюють дві екологічні групи, що приурочені до лучних угруповань на низовині (*Narcissetum (angustifolii) festucosum pratensis* та ін.) і високогірних угруповань (*Nardetum narcissosum angustifolii* та ін.). Тим часом рослини другого виду приурочені до вологого болотяно-лучного угруповання *Caricetum davallianae* на висоті близько 700 м над рівнем моря.

Висновки. В статті відображені перші етапи порівняльних досліджень модельних рідкісних рослин гірської флори Українських Карпат у природі й на дослідній ділянці Національного природного парку «Синевир». Нами накопичені первинні результати вивчення у природі біолого-морфологічних і популяційних особливостей близько 20 видів рідкісних рослин (Зиман, 1997; Зиман та ін., 2006; 2010) й після зосередження більшості з них на ділянці розпочато спостереження за їх поведінкою - з тим, щоб наблизитись до пропозицій по їх охороні (Зиман та ін., 2012).

Список літератури

1. Зиман С.М. Популяційна різноманітність високогірних рідкісних видів квіткових рослин. У кн.: Біорізноманіття Карпатського біосферного запо-

- відника. – Київ: Інтерекоцентр. – 1997. – С. 335-352.
2. Зиман С.М., Булах О.В., Гамор А.Ф. Про рідкісні високогірні види квіткових рослин у флорі Українських Карпат – вікаріанти видів з широкими ареалами та екологією //Наук. зап. Держ. прир. муз. Вип. 22, 2006. – С. 25-34.
 3. Зиман С.М., Булах О.В., Гамор А.Ф. Про збереження різноманіття у високогірній флорі Українських Карпат й охорону “гарячих точок”. Матер. міжнар. конф. “Сталий розвиток Карпат та інших гірських регіонів Європи. 8-10.09.2010. – Ужгород. – С. 292-297.
 4. Зиман С.М., Булах О.В., Дербак М.Ю., Тях Ю.Ю. Про збереження рідкісних і зникаючих рослин *in situ* та *ex situ* (на прикладі флори Українських Карпат). Матер. II Міжнар. наук. конф. «Рослинний світ у Червоній книзі України: впровадження глобальної стратегії збереження рослин». 2012. – Умань. - С. 246-249.
 5. Кобів Ю., Прокопів А., Гелеш М., Борсукевич Л. Поширення, стан популяцій та характеристика оселищ рідкісних і загрожених видів рослин у північній частині Свидовця (Українські Карпати) // Вісник Львів. ун-ту. Сер. біол., Вип. 49, 2009. – С. 63-82.
 6. Крічфалушій В.В., Будніков Г.Б., Мигаль А.В. Червоний список Закарпаття. Види рослин та рослинні угруповання, що знаходяться під загрозою зникнення. – Ужгород: Ун-т, 1999. -192 С.
 7. Малиновський К.А., Крічфалушій В.В. Рослинні угруповання високогір’я Українських Карпат. – Ужгород. – 2002. – 243 с.
 8. Малиновський К.А., Царик Й.В., Кияк В.Г., Нес-терук Ю.І. Рідкісні, ендемічні, реліктові та погранично-ареальні види рослин Українських Карпат. - Львів: Ліга-Прес, 2002. - 76 с.

DISTRIBUTION AND ECOLOGY-PHYTOCOENOTIC FEATURES OF THE RARE SPECIES WITHIN THE MOUNTAIN FLORA OF UKRAINIAN CARPATHIANS AS MODELS FOR THEIR COMPARATIVE STUDY *IN SITU* AND *EX SITU*

Ziman S. M., Derbak M. Yu.

This short paper is a part of the complex comparative study of a number of the rare and endangered species of the High-Mountain flora of the Ukrainian Carpathians within the natural population and the experimental plot of the Natural Nature Park Synevir. We present here the results of the initial stages of the comparative study of the biological-morphologic and population peculiarities of ca. 20 species of the rare plants (*Achillea schurii* Sch. Bip., *Aconitum nanum* Baumg., *Anemone narcissiflora* L., *Anthemis carpatica* Waldst. Et Kit., *Antennaria carpatica* (Wahlenb.) R.Br., *Aquilegia nigricans* Baumg., *Aster alpinus* L., *Astragalus krajinae* Domin, *Biscutella laevigata* L. *Campanula carpatica* Jacq., *C. kladniana* (Shur) Vitasek, *Draba aizoides* L., *Gentiana acaulis* L., *G. laciniata* Kit., *G. verna* L., *Hedysarum hedysaroides* (L.) Schinz. et Thell., *Narcissus angustifolius* Curtis, *Primula halleri* F.Gmel., *P. minima* L., *Pulsatilla scherfelii* (Ullep.) Skalicky, *Rhodiola rosea* L., *Rhododendron myrtifolium* Schott et Kotschy). These and some other species were introduced to the above mentioned plot in Synevir from the mountain massives Svidovets (Bliznitsa, Dragobrat), Chornogora (Petros and Turkul), Marmarosh and Gorgans (Negrovets, Gedyshova and others), Valley of Narcissus and other localities. The first results of our monitoring on them are successful.

Key words: High-Mountain flora of the Ukrainian Carpathians, rare species, study *in situ* and *ex situ*.

МОРФОМЕТРИЧНІ ПОКАЗНИКИ ВІКОВИХ ГРУП У ПОПУЛЯЦІЯХ *CYPRIPEDIUM CALCEOLUS* L.

О.В. Решетюк

Чернівецький національний університет ім. Ю. Федьковича,
вул. Федьковича, 11, м. Чернівці, 58022, Україна
E-mail: reshetjukk@rambler.ru

Описані особливості проходження вікових етапів онтогенезу *Cypridium calceolus* L.: латентного, проросткового, ювенільного, іматурного, віргінільного, генеративного і сенільного. Проаналізовано розвиток популяцій *C. calceolus*, склад яких визначається чіткою віковою структурою особин, що може служити основним показником стану популяцій та умов їх зростання. Доведено, що всі вікові етапи *C. calceolus* чітко розрізняються за морфометричними параметрами росту і розвитку рослин. Показано, що в процесі репродуктивного періоду розвитку *C. calceolus* утворює густі парціальні куртини – клони, які можуть нараховувати до 32 пагонів, серед яких виділяються пагони різних етапів розвитку. Визначено максимальний вік особин *C. calceolus* в умовах природних популяцій в Україні, який не перевищує 24 років, що свідчить про їх критичний стан у складі рослинних угруповань. Доведено, що найбільш прискорене згасання популяцій проявляється через несприятливі умови зростання та рекреаційні перевантаження природних ландшафтів. Показані відмінності онтогенезу *C. calceolus* в природі та в культурі. Для визначення вікової структури популяцій *C. calceolus* запропоновані розроблені автором індикаторні ключі для оцінки вікових груп рослин за їхніми морфометричними параметрами.

Ключові слова: популяція, локалітет, онтогенез, вікові групи, латентний, іматурний, віргінільний, генеративний, сенільний період, протокорм.

Вступ. Визначення вікового складу природних популяцій дозволяє оцінити їх стан, стабільність популяцій у складі фітоценозів, участь окремих таксонів у сукцесіях рослинного покриву та особливості онтогенезу видів в умовах культури (Жукова, 2001; Решетюк, 2008; Злобин, 2009). *Cypridium calceolus* L. – єдиний євразійський бореально-неморальний представник підроду *Cypridioideae* у флорі України. Його життєвий цикл досліджений недостатньо (Собко, Гапоненко, 1996; Виноградова, 1999). Початкові етапи онтогенезу *C. calceolus* відомі краще в умовах культури. Тому характеристика вікових етапів *C. calceolus* допоможе спеціалістам правильно оцінити стан природних популяцій цього червонокнижного виду, а також порівняти їх з його розвитком у культурі.

Об'єкт і методи дослідження. Вивчали вікові етапи природних популяцій і культиварів *C. calceolus* протягом 1990-2012 рр. за матеріалами польових описань і стаціонарних досліджень. Використовували оцінку морфометричних показників рослин на геоботанічних маршрутах і пробних площах (Юрцев, 1991). Було проведено 120 трас і закладено 40 пробних площ в межах Волинської, Івано-Франківської, Львівської, Тернопільської та Закарпатської областей. Реєстрували морфометричні параметри вікових груп популяцій *C. calceolus* за загальноприйнятою методикою (Ценопопуляції растений, 1988; Блинова, 2003). Для визначення морфометрич-

них параметрів кожної стадії онтогенезу проаналізували 50-100 контрольних особин. Морфометрію насіння вивчали за матеріалами мікроскопічного аналізу (Назаров, 1989; Куликов, Филиппов, 2000). На основі цих параметрів розробили ключі для визначення вікових груп *C. calceolus* у різних умовах зростання.

Результати та їх обговорення. Онтогенез *C. calceolus* оцінюють тривалістю понад 100 років (Cribb, 2001). У великому життєвому циклі виду виділено 7 вікових етапів онтогенезу: латентний (*sm*), проростковий (*p*), ювенільний (*j*), іматурний (*im*), віргінільний (*v*), генеративний (*g*), сенільний (*s*) (рис. 1). Усі вони чітко розрізняються за морфометричними параметрами розвитку рослин.

Латентний етап розвитку *C. calceolus* пов'язаний з розвитком зародка, який формується в насінні після її попадання на субстрат, але за умови наявності там симбіотичних грибів роду *Rhizoctonia*. Останні сприяють розвитку тканин зародка і утворенню своєрідної структури проростка – протокорму (рис. 2). Протокорм досягає розміру близько 2 мм і зовні вкритий волосками. На його апікальному боці розташований єдиний асимілюючий листок з жилкою. Загальна тривалість розвитку протокорму становить 2-3 роки і залежить від умов зростання. Впродовж першого вегетаційного періоду проросток має округлу або коралоподібну форму, а до кінця літа на його верхку з'являються скручені в трубочку лусоч-

ки. Восени, за сприятливих умов, вони починають рости, утворюючи 2 міжвузля, кожне з яких несе лускоподібний зачаток листка. Протягом наступних одного-двох років проросток утворює кореневище з дрібним поглинаючим корінцем, просякнені системою грибних гіфів – мікоризою.

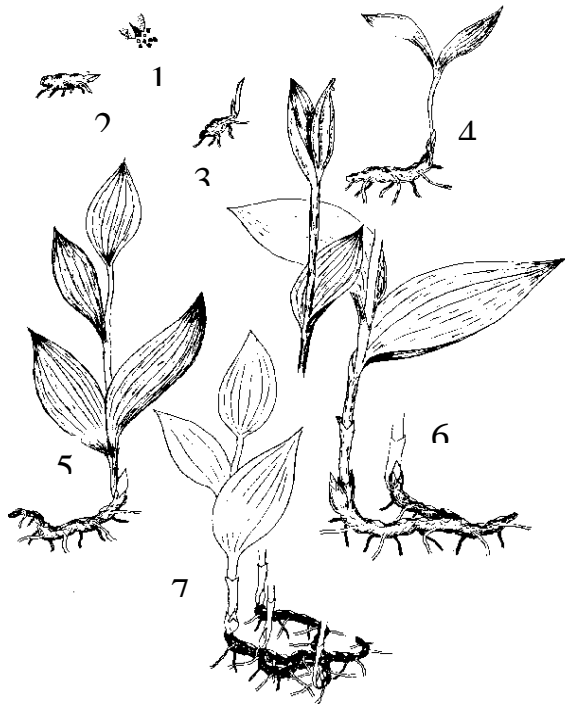


Рис. 1. Вікові стани *C. calceolus* L.: 1 – насіння; 2 – протокорм (проросток); 3 – ювенільна рослина; 4 – іматурна рослина; 5 – віргінільна рослина; 6 – генеративна рослина; 7 – сеньільна рослина.

Fig. 1. Age states *salceolus* S. L.: 1 - seed ; 2 - protokorm (seedling); 3 - juvenile plant ; 4 - imaturna plant ; 5 - virhinilna plant ; 6 - tive gene - plant ; 7 - senile plant.

Ювенільний етап розвитку *C. calceolus* починається на третій або четвертий рік життя рослини, що залежить від умов її зростання. Саме тоді завершується підземний розвиток протокорму, і на поверхні ґрунту утворюються два лускоподібні зелені листки. Після появи цих листків поглинаючий корінець проростка поступово відмирає. Лускоподібні листки стають довшими і тоншими, а у верхівковій бруньці закладаються нові зелені листки. Але всі вони мають зародкову морфометричну структуру, цілком відмінну від листків типового *C. calceolus*. Протягом 4-5 років рослина утворює надземне стебельце з третім зеленим листком і двома поглинаючими горизонтальними корінцями. Розвиток кореневища відбувається плагіотропно. З появою зелених листків кореневище стає симподіальним. Листків може бути два, але тоді вони різні за розмірами й досягають 6-7 см завдовжки.

Іматурний етап розвитку *C. calceolus* починається з 5-6 року життя рослини, коли рослина

вже має 2 більших листки, а число міжвузлів збільшується до трьох. У такому стані *C. calceolus* перетворюється в молоду іматурну рослину, здатну фотосинтезувати, тобто частково живитися самостійно від гриба. В природних локалітетах *C. calceolus* іматурні рослини можна зустріти досить часто. Вони мають форми, характерні для виду, але відрізняються одно- дволістковістю та дрібнішими розмірами, в межах 4-7 см заввишки. Кореневище іматурної рослини коротке, тонке і нерозгалужене, 1.5-2.0 см завдовжки. В подальші роки ріст кореневища відбувається за рахунок термінальної бруньки, а кількість міжвузлів збільшується.

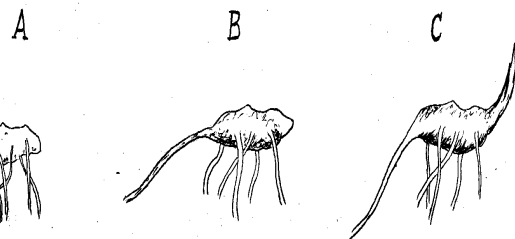
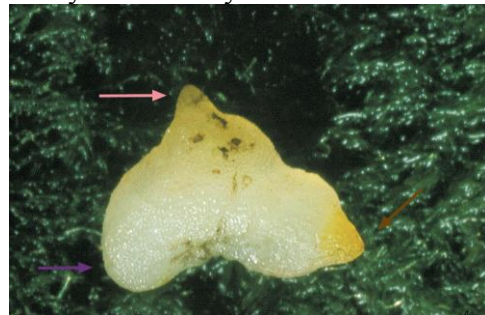


Рис. 2. Протокорми *C. calceolus* (A-C).
Fig. 2. Protokorm of *C. calceolus* (A- C).

Віргінільного етапу розвитку рослини досягають у віці 6-7 років (в екстремальних умовах зростання і стану популяції *C. calceolus* - навіть пізніше). Такі особини зовні мало відрізняються від репродуктивних рослин за морфометричними розмірами і формами. Вони, як правило, трилітні, а заввишки досягають 20-40 см. На 11-й рік листок має 8-10 см завдовжки і 4-5 см завширшки та добре помітною на його поверхні мережею з 11 жилок. Відсутність квітування не може служити надійною ознакою визначення віргінільного етапу розвитку рослин, тому що в залежності від умов зростання квітування проявляється періодично. Тому краще оцінювати цей віковий етап за розвитком кореневища. У віргінільних особин воно коротке, 2.2-3.5 см завдовжки, і створює 1-2 надземних стебла. Якщо кореневище має бічне відгалуження, то останнє утворює надземний пагін другого порядку, у 1.5-2 рази менше від основного. Загальна тривалість віргінільного етапу розвитку *C. calceolus* складає 8-10 р. Цей період може бути ще тривалішим, якщо умови зростання популяції екстремальні (напри-

клад, у випадку вимушеного спокою – анабіозу рослин). Натомість, в умовах культури означені етапи розвитку скорочуються у 2-3 рази.

Генеративний етап розвитку *C. calceolus* (перше квітання) припадає на 13-17 або навіть на 18-20 рік життя рослин і залежить від умов їх зростання. У культурі генеративна фаза настає значно раніше, вже у віці 7-10 р. Таким чином, тривалість статевого досягання *C. calceolus* в природних умовах дуже розтягнена, що свідчить про складність формування онтогенезу означено виду орхідних у складі типових фітоценозів. Ось чому основним способом поновлення виду в умовах природних популяцій є вегетативне розмноження. При порушенні умов зростання воно у *C. calceolus* домінує. У досліджуваних популяцій *C. calceolus* спостерігали реверсійний розвиток з омолодженням на 1-2 вікових етапи. На нашу думку, реверсійний розвиток популяцій свідчить про негативні тенденції стану *C. calceolus* у складі фітоценозу.

В процесі розвитку генеративних особин *C. calceolus* формується своєрідна форма кореневища, розгалуженого, менш або більш покрученого за системою підземних пагонів. Кожні 5-6 років утворюється нове відгалуження на кореневищі, а з ним і новий надземний пагін. Від кореневищ відходять численні та тонкі корені, спрямовані переважно вниз. Корені світлі, буруваті, нерозгалужені і довгі, 3-15 см. У стабільно старшій частині кореневища корені чорніють, що свідчить про їх поступове відмирання. Висхідна частина кореневища завжди темна і тонка. У цій частині можна теж визначити зону відмирання, через що встановити початкові фази розвитку рослини буває досить складно.

У процесі репродуктивного періоду розвитку *C. calceolus* утворює густі парціальні куртини – клони. Такі клони можуть нараховувати 8-32 пагони і мають вигляд компактних груп. У складі клону можна визначити пагони різних етапів розвитку. Таким чином, у результаті розростання репродуктивної особини утворюються пагони іматурного, віргінільного, статевозрілого та снільного віку. Такі пагони поєднуються єдиною материнською системою кореневища, на якому виконують функції взаємозаміщення. Репродуктивні пагони займають верхівкову позицію на кореневищах, а молодші віком – бічну. Можна з великою точністю спрогнозувати мережу розростання підземного кореневища за морфометричними ознаками надземних пагонів особини (рис. 3).

За нашими дослідженнями, такий метод рекогносцирувальної оцінки популяцій *C. calceolus* достатньо репрезентативний і може бути рекомендований для спеціальних наукових досліджень без ушкодження популяцій цієї рідкісної в

природі червонокнижної рослини.

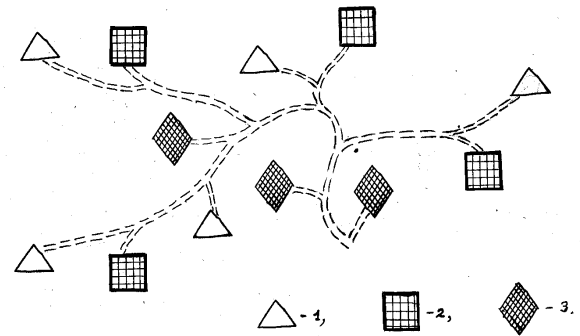


Рис. 3. Схема рекогносцирувальної оцінки онтогенезу *C. calceolus* за станом надземних пагонів у куртині. Умовні позначення: 1 – іматурні та віргінільні пагони; 2 – репродуктивні пагони; 3 – снільні пагони.

Fig. 3. Scheme reconnaissance evaluation ontogeny *C. calceolus* as aerial shoots in nurseries. Legend: 1 - imaturni and virhinilni shoots; 2 - reproductive shoots; 3 - senile shoots.

Важливою біологічною особливістю *C. calceolus* є здатність виду до біоіндикації умов зростання протягом онтогенезу. Ця властивість пов'язана з чітким розмежуванням щорічних приростів кореневища у довжину. Щороку на кореневищі утворюються чіткі кільця відмерлих надземних пагонів. Якщо скласти графік таких приростів та порівняти його з кривою температур відповідного періоду часу, то можна відзначити їх прямо пропорційну взаємозалежність (рис. 4).

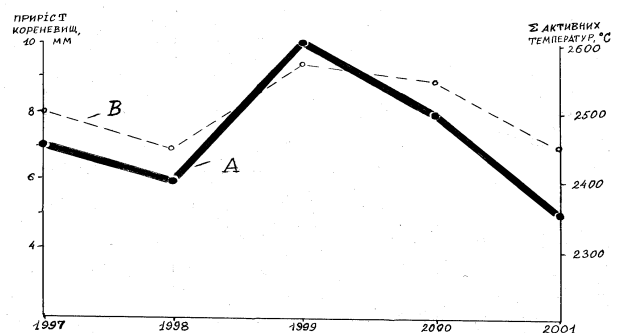


Рис. 4. Фітохронологія методом аналізу приростів кореневищ *C. calceolus*. Умовні позначення: А – прирости кореневищ; В – сума активних температур.

Fig. 4. Fitochronolohiya method of analysis increments rhizomes *C. calceolus*. Legend: A - gain rhizomes; B - the sum of active temperatures.

Снільними рослинами стають у віці понад 30 років. У літературі відомі приклади 50- і навіть 70-річних рослин. У більшості обстежених нами локалітетів ліміт віку *C. calceolus* не перевищує 16-24 р. Це свідчить про критичний стан досліджених природних популяцій *C. calceolus*. Най-

більше проявляється прискорене згасання популяцій через несприятливі умови зростання та рекреаційні перевантаження. Це може бути затемнення поверхні ґрунту деревним наметом або чагарниками, зміна водного режиму після меліорації, випасання худоби з ущільненням ґрунту, інтенсивне винищення квітучих рослин людьми на букети тощо. Ознаки сенільних особин досить характерні: рослини перестають цвісти і плодоносити, кількість надземних пагонів та їх розміри різко зменшуються, клони виріджуються і поділяються на окремі особини спільного вегетативного походження. Подібні ознаки занепаду або і відмирання особин можуть проявитись у такому порівняно ранньому віці (16-24 р.).

Таблиця.

Індикаторні ключі для оцінки вікової структури популяцій *C. calceolus* L.

Table .

Indicator keys for assessing the age structure of populations of *C. L. calceolus*

Морфометричні параметри	Вікові етапи в структурі популяцій				
	j	im	v	g	s
Висота рослини (см)	4-6	7-10	15-21	25-50	25-35
Діаметр стебла (см)	0,5-1	1-1,5	1,5-2	2-2,5	1,5-2
Кількість листків (шт)	1-2	2-3	3-4	5-6	4-5
Довжини листка (см)	5-8	6-10	6-12	10-15	8-11
Ширина листка (см)	3-5	5-8	5-8	9-16	5-6
Кількість жилок (шт)	5-7	7-11	10-13	15-17	9-13

Досить часто на старіння рослин накладається явище вторинного спокою. Таку рослину важко виділити за етапом онтогенезу. Деградування надземної частини настільки сильне, що впродовж 2-3 років популяція може повністю елімінувати зі складу рослинного покриву. В такому разі деградація відбувається по всій популяції незалежно від віку окремих особин. Спочатку кількість надземних пагонів різко виріджується у клонах. Пагони, які раніше займали верхівкове положення на кореневищах, перестають квітнути. Ще через рік вони розріджуються, і поступово на місці колишніх клонів залишаються окремі пагони сенільного типу, після чого зникають і вони. Але навіть тоді в ґрунті за рештками надземних пагонів можна відшукати життєздатні кореневища у стані анабіозу.

На основі математичної обробки зібраних

MORPHOMETRIC INDICES OF AGES GROUPS IN *CYPRIPEDIUM CALCEOLUS* L. POPULATIONS

O.V. Reshetjuk

The described features passing age stages ontogeny of *Cypridium calceolus* L.: latent, seedlings, juvenile, immature, virgin, generative and senile. The development of *C. calceolus* populations was analyzed, composition of which is determined by clear age structure of individuals that can serve as the main indicator of population status and conditions of their growth. It is proved that all age stages of *C. calceolus* clearly differ in morphometric parameters of plant growth and development. It is shown that during the reproductive period of *C. calceolus*, it forms dense partial clusters – clones that can charge up to 32 shoots, among which are shoots of different stages of development. Maximum age of *C. calceolus* individuals was defined in natural populations (not to exceed 24 years) in Ukraine. This proves their critical situation in the plant communities. It is shown that the most rapid extinction of populations is expressed through unfavorable conditions of growth and recreational overloads of natural landscapes. The following are the differences ontogeny of *C. calceolus* in nature and in culture. To determine the age structure of *C. calceolus* populations been proposed indicated clues developed by the author to estimate the age groups of plants according to their morphometric parameters.

Key words: population, locality, ontogeny, age groups, latent, immature, virgin, generative, senile stage, protocorm.

польових матеріалів нами складено індикаторні ключі для визначення вікових груп у складі популяцій *C. calceolus* (табл.). На основі цих матеріалів можна вивчати вікову структуру означених популяцій у різних умовах зростання і в культурі.

Висновки. Розвиток популяцій *C. calceolus* характеризується чіткою віковою структурою рослин, що може служити основним показником стану популяцій та умов їх зростання. Для визначення вікової структури доцільно використовувати розроблені нами індикаторні ключі для оцінки вікових груп рослин за морфометричними параметрами.

Список літератури.

1. Блинова И. В. Онтогенетическая структура и динамика популяций *Cypridium calceolus* L. (Orchidaceae) в разных частях ареала вида // Бот. журн. – 2003. – Т. 88(6). – С. 36-47.
2. Виноградова Т.Н. Морфология и биология некоторых бореальных орхидных (Orchidaceae Juss.) на ранних стадиях их развития // Автореферат дисс. канд. биол. наук. – М.: Биофак МГУ, 1999. – 24 с.
3. Жукова, Л.А., Глотов Н.В. Морфологическая поливариантность онтогенеза в природных популяциях растений // Онтогенез. – 2001. – № 6. – С. 455-461.
4. Злобин Ю. А. Популяционная экология растений: современное состояние, точки роста. – Сумы: Университетская книга, 2009. – 263 с.
5. Куликов П.В., Филиппов Е.Г. Репродуктивная стратегия орхидных умеренной зоны // Эмбриология цветковых растений. Терминология и концепции. – СПб.: Мир и семья, 2000. – Т. 3. Системы репродукции. – С. 510-513.
6. Назаров В. В. Методика подсчета мелких семян и семяпочек (на примере сем. Orchidaceae) // Ботанический журнал. – 1989. – Т. 74. – Вып. 8. – С. 31 – 33.
7. Решетюк О. В. Черевички зозулині. – Луцьк: ПВД «Твердиня», 2008. – 156 с.
8. Собко В.Г., Гапоненко М.Б. Интродукция редкисных и зникающих растений флоры Украины. – К.: Наукова думка, 1996. – 281 с.
9. Татаренко И.В., Верхолат В.П., Ракова М.В. Возрастная структура и динамика популяций орхидных Приморского края // Бюл. МОИП. – 1999. – Т. 104(1). – С. 54 – 58.
10. Ценопопуляции растений (очерки популяционной биологии) / Под ред. Т. И. Серебряковой, Т. Г. Соколовой. – М.: Наука, 1988. – 216 с.
11. Phillip Cribb. The genus *Cypridium*. — Kew Publishing, Royal Botanic Gardens, 2008. — 301 с.

ГЕОБОТАНІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОСЛИННОСТІ УРОЧИЩА «СТЕП МАСЬОК»

В.В.Буджак¹, І.А.Коротченко², А.І.Токарюк¹, І.І.Чорней¹

¹Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича,

вул. Коцюбинського, 2, м. Чернівці, 58012, e-mail:

²Інститут ботаніки імені М.Г. Холодного НАН України

вул. Терещенківська, 2, м. Київ, 01601, Україна, e-mail:

Урочище «Степ Масьок» розташоване на околиці села Острівець Городенківського району на Івано-Франківщині де на площі 10,0 га охороняються фрагменти придністровського степу. Степова рослинність урочища представлена 6 асоціаціями класу *Festuco-Brometea Br.-Bl. et R.Tx. 1943*, який представлений тут порядком *Festucetalia valesiacae Br.-Bl. et R.Tx. 1943* (Союз *Cirsio-Brachypodium pinnati Hadač et Klika 1944 em Krausch 1961*; Союз *Fragario viridis-Trifolion montani Korotchenko, Didukh, 1997*; Союз *Festucion valesiacae Klika 1931*). Найбільшою різноманітністю (3 асоціації та 1 субасоціація) характеризуються угруповання союзу *Festucion valesiacae*, що пояснюється значною антропогенною трансформованістю дослідженого регіону. Найменшою ценотичною різноманітністю (1 асоціація) характеризуються угруповання союзу *Fragario viridis-Trifolion montani*, оскільки на дослідженій території вони знаходяться на межі ареалу

На основі 36 геоботанічних описів з досліджуваної території, визначили показники десяти провідних екологічних факторів з використанням методу фітоіндикації. Для «Степу Масьок» показники екологічних факторів мають вузьку амплітуду. Найбільше варіює вміст карбонатів кальцію в ґрунті: відношення реальної амплітуди вмісту карбонатів у ґрунті до максимально можливої в природі складає 24,9 %. Отже, саме вміст карбонатів у ґрунті відіграє провідну роль у формуванні різних угруповань степової рослинності для даної території.

Ключові слова: Урочище «Степ Масьок», степова рослинність, клас *Festuco-Brometea Br.-Bl. et R.Tx. 1943*, екологічні фактори, фітоіндикація.

Вступ. Урочище «Степ Масьок» розташоване на околиці села Острівець Городенківського району на Івано-Франківщині (рис. 1). Площа – 10,0 га. Відноситься до фрагменту придністровського степу. Територія урочища являє собою систему глибоких давніх карстових западин із хаотично розміщених по всьому масиву глибоких тріщин-проваль, де виходять на поверхню гіпси, ангідрити. Ґрунтовий покрив в плакорних умовах представлений чорноземом, рідше сірими і темно – сірими опідзоленими ґрунтами. Рельєф урочища хвилястий з загальним нахилом на Південь. Залежно від ступеня і характеру розчленованості рельєфу, територія урочища, відноситься до Тлумацько-Городенківського пониження, що являє собою опущену смугу на стику Волино-Подільської височини і Передкарпатського прогину з висотами до 300 м н.р.м. Для цього пониження характерні карстові форми рельєфу, а також широке поширення гіпсу, який залягає близько від поверхні на вапняках і мергелях. Тут досить розвинена площинна ерозія, результатом якої є короткі яри, промоїни, вимоїни.

Територія урочища «Степ Масьок» розміщена в помірних широтах, що в загальному відзначає його тип клімату, як помірно-континентальний. Клімат урочища характеризується такими показниками: суми температур 10° дорівнюють 2500° - 2600°, кількість опадів за цей період 400-450 мм.

Середня тривалість без морозного періоду 150-165 днів, вегетаційного 210-220 днів. Весняні приморозки припиняються на поверхні ґрунту в середньому в першій декаді травня. Осінні приморозки настають в третій декаді вересня. Середньорічна температура становить 7,4°С.

Об'єкт та методи дослідження. Екологічна характеристика видів отримана методом синфітоіндикації з застосуванням уніфікованих фітоіндикаційних шкал (Дідух, Контар, 1998; Дідух, Коротченко, 1996, 2000, 2003, Дідух, Плюта, 1994). Зокрема, розраховано бальні показники провідних едафічних факторів, таких як кислотний режим, трофність (загальний сольовий режим), вміст засвоєваних форм мінерального азоту у ґрунті, вологість та вміст карбонатів у ґрунті, також кліматичних: терморежим (радіаційний баланс), контрасторежим (континентальність клімату) та кріорежим (морозність клімату). Розрахунок бальних показників провідних екологічних факторів проведено за допомогою програми ECODID на основі 36 виконаних нами геоботанічних описів. За одержаними результатами розраховано амплітуди толерантності та середні значення показників провідних екологічних факторів.

Синтаксономічна схема рослинних угруповань з участю раритетних видів складена на засадах флористичної класифікації за методикою

школи Браун-Бланке. Формування, опрацювання й перетворення фітоценотичних таблиць здійснено з використанням пакету програм "FICEN 2" (Коротченко, Фіцайло, 2003). Для ідентифікації виділених синтаксонів використані роботи українських (Андрієнко, 1994; Білик, 1977; Брадїс, Андрієнко, 1977; Дідух, Контар, 1998; Дідух, Коротченко, 1996, 2000, 2003, Дідух, Плюта, 1994; Коротченко, 2004; Коротченко, Дідух, 1997; Коротченко, Фіцайло, 2003; Куковиця, 1971; Куковиця, Мовчан, Соломаха, Шеляг-Сосонко, 1992, 1994; Куковиця, Шеляг-Сосонко, 1981; Лавренко, 1938; Малиновський, 1966; Солодкова, Байрова, Заєцьта ін., 1986; Соломаха, 1995, 1996) та зарубіжних (Matuszkiewicz, 2001; Moravec a kol., 1995; Mueller-Dombois, Ellenberg, 1974) фітоценологів.



Рис. 1. Схематична карта розташування заповідного урочища «Степ Масьок»
Fig.1. Schematic map of location protected areas «Step Masok»

**Синтаксономічна схема рослинності урочища «Степ Масьок»
FESTUCO-BROMETEA BR.-BL. ET R.TX. 1943
Festucetalia valesiacaе Br.-Bl. et R.Tx. 1943
Cirsio-Brachypodium pinnati Hadač et Klika 1944 em Krausch 1961**

Adonidi-Brachypodietum pinnati (Libb. 1933) Krausch 1960

Inuletum ensifoliae Kozi. 1925

Fragario viridis-Trifolion montani Korotchenko, Didukh, 1997

Medicago romanicae-Poetum angustifoliae Tkachenko, Movchan et V. Sl., 1987

Festucion valesiacaе Klika 1931

Stipetum capillatae Dziubaltowski 1925

Stipetum capillatae stipetosum pulcherrimae Kukovitza,

Diduch, Shelyag-Sosonko, Abduloeva 1998

Carici humilis-Brachypodietum pinnati Soo (1942) 1947

Festuco valesiacaе-Caricetum humilis Klika (1931) 1936

Клас **Festuco-Brometea Br.-Bl. et R.Tx. 1943** об'єднує степові угруповання на різних типах ґрунтів України. Типові (справжні) степи характеризуються переважанням евксерофільних та евксерофільних степових рослин. У складі еко-топів лучних степів до едифікаторів мезоксерофільних і евксерофільних злаків постійно домішуються у значній кількості багаторічні ксеромезофільні та евмезофільні види: головним чином різнотрав'я та кореневищні злаки (Абдулоєва, 2003; Абдулоєва, Дідух, 1999; Андрієнко, 1994; Андрощук, 1986; Дідух, Плюта, 1994; Жижин, 1990; Коротченко, Дідух, 1997; Коротченко, Фіцайло, 2003; Куковиця, Мовчан, Соломаха, Шеляг-Сосонко, 1992; Куковиця, Шеляг-Сосонко, 1981, 1994; Куковиця, 1971; Лавренко, 1938; Малиновський, 1966; Мартыненко, Миркин, Наумова, 2005; Соломаха, 1996).

До порядку **Festucetalia valesiacaе Br.-Bl. et R.Tx. 1943** входять степові угруповання, що формуються на ділянках під впливом антропогенного фактора різної сили, на різних відмінах чорноземних ґрунтів. Характерною особливістю рослинного покриву є наявність великої частки ксерофітного багаторічного різнотрав'я (види родини *Fabaceae*, родів *Salvia*, *Potentilla*, *Thymus*, *Verbascum*, *Phlomis*).

Союз Cirsio-Brachypodium pinnati Hadač et Klika 1944 em Krausch 1961

Діагностичні види: *Brachypodium pinnatum*, *Medicago romanica*, *Achillea submillefolium*, *Galium verum*, *Teucrium chamaedrys*, *Campanula bononiensis*, *Asperula cynanchica*, *Cirsium pannonicum*, *Stachys recta*, *Anthyllis macrocephala*, *Linum flavum*, *Aster amellus*, *Thesium linophyllum*, *Thalictrum flexuosum*, *Centaurea scabiosa*, *Lembotropis nigricans*, *Hypericum perforatum*, *Prunella grandiflora*, *Inula salicina*.

Цей союз об'єднує трав'янисті степові угруповання, що формуються на рендзинах, тісно пов'язані з узлісними угрупованнями класу Trifolio-Geranietea та чагарниковими угрупованнями класу Rhamno-Prunetea. У складі класу це найбільш мезофітні угруповання в межах України, що добре представлені на території Поділля, водночас у Західній Європі вони заміщуються угрупованнями союзу Mesobromion, в той час як у Східній Європі на їх місці формуються угруповання союзу *Fragario viridis-Trifolion montani* Korotchenko, Didukh 1997. На Поділлі вони займають найбільші площі відносно степової рослинності в цілому, бо їхнє формування зумовлено як кліматичними факторами (субгумідні), так

і едафічними – відклади карбонатів, які підстелюють тут четвертинні породи і місцями виходять на поверхню. Ці угруповання розглядаються як степи центральноєвропейського типу (Абдулоєва, 2003; Андрієнко, 1994).

Асоціація Adonidi-Brachypodietum pinnati (Libb. 1933) Krausch 1960 (табл. 1). **Діагностичні види:** *Vupleurum falcatum*, *Anthericum ramosum*, *Betonica officinalis*, *Asyneuma canescens*, *Adonis vernalis*, *Salvia pratensis*, *Carex humilis*.

Еколого-ценотичні особливості: угруповання формуються у переважно у верхній частині некрутих (5-25°) схилів південно-західної та західної експозиції, рідше – північно-західної експозиції. Чагарниковий ярус розріджений, утворений поодинокими кущами *Chamaecytisus podolicus* та *Chamaecytisus austriacus*.

Трав'янистий ярус добре сформований, загальне проективне покриття 85-100 %. Основу травостою формують *Brachypodium pinnatum*, *Carex humilis* та *Festuca valesiaca*. Крім дослідженого регіону угруповання цієї асоціації спорадично зустрічаються на території Західного Поділля: урочище "Ліса гора" в околицях с. Вільшаниця, урочище "Білий камінь" в околицях с. Підлисея та г. Стінка в околицях с. Стінка Золочівського р-ну Львівської обл. (Жижин, 1990; Куковица, Мовчан, Соломаха, Шеляг-Сосонко, 1992).

Асоціація Inuletum ensifoliae Kozl. 1925 (табл. 1). **Діагностичні види:** *Inula ensifolia*, *Thymus marschallianus*, *Arrhenatherum elatius*, *Brisa media*, *Agrimonia eupatoria*, *Centaurea pannonica*, *Coronilla varia*, *Astragalus austriacus*.

Таблиця 1.

Table 1.

Фітоценотична характеристика союзу *Cirsio-Brachypodion pinnati*

Phytocoenotic characteristics union *Cirsio-Brachypodion pinnati*

Номер опису	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Кількість видів	33	32	35	35	30	136	130	43	24	29	29
Експозиція	w	w	w	w	sw	sw	sw	nw	ws	sw	sw
Крутизна	5	5	25	25	5	10	20	20	50	15	10
Проективне покриття	85	85	100	90	95	95	95	90	75	95	95

D.s. Ass. Adonidi-Brachypodietum pinnati (Libb. 1933) Krausch 1960

<i>Vupleurum falcatum</i>	+	+	+	+	+	2	2	+	.	.	.
<i>Anthericum ramosum</i>	2	2	1	1	2	2	2	1	1	.	.
<i>Betonica officinalis</i>	+	+	+	+	+	1	1	+	.	2	2
<i>Asyneuma canescens</i>	+	+	+	+	+	2	1	+	1	.	.
<i>Adonis vernalis</i>	2	1	+	1	+	1	1	+	+	.	.
<i>Salvia pratensis</i>	+	+	+	+	2	2	1	1	.	.	.
<i>Carex humilis</i>	4	4	3	3	3	2	1	.	.	.	.

D.s. Ass. Inuletum ensifoliae Kozl. 1925

<i>Inula ensifolia</i>	2	2	3	3	3	.	.	2	3	2	2
<i>Thymus marschallianus</i>	+	+	.	.	.	1	.	.	+	+	+
<i>Arrhenatherum elatius</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+
<i>Brisa media</i>	.	.	.	.	.	.	1	.	.	+	+
<i>Agrimonia eupatoria</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+
<i>Centaurea pannonica</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	+
<i>Coronilla varia</i>	.	.	.	.	.	.	.	+	+	+	+
<i>Astragalus austriacus</i>	.	.	.	.	.	1	.	.	.	+	+

D.s. All. Cirsio-Brachypodion pinnati Hadac et Klika 1944 em Krausch 1961, D.s. Ord. Festucetalia valesiacaе Br.-Bl. et R.Tx. 1943, D.s. Cl. Festuco-Brometea Br.-Bl. et R.Tx. 1943

<i>Brachypodium pinnatum</i>	4	4	4	4	4	1	.	5	.	5	5
<i>Medicago romanica</i>	+	+	+	+	.	1	1	+	.	+	+
<i>Festuca valesiaca</i>	3	3	.	.	.	1	.	.	.	.	.
<i>Achillea submillefolium</i>	+	+	+	+	+	1	.	+	1	+	+
<i>Falcaria vulgaris</i>	.	.	+	+	2	1	1	+	+	+	+
<i>Salvia verticillata</i>	2	2	2	2	.	.	.	1	1	3	3
<i>Galium verum</i>	2	1	+	+	.	.	1	+	1	+	+
<i>Teucrium chamaedrys</i>	1	+	2	+	3	1	1	+	3	3	3
<i>Fragaria viridis</i>	+	+	.	.	+	1	1	.	+	+	+
<i>Campanula bononiensis</i>	.	.	.	.	.	1	.	+	+	+	+
<i>Trifolium montanum</i>	+	+	+	1	1	1	1	1	.	.	.
<i>Filipendula vulgaris</i>	+	+	+	+	2	.	1	+	1	1	1
<i>Asperula cynanchica</i>	+	+	+	1	2	.	.	+	+	+	+
<i>Trifolium alpestre</i>	.	.	.	.	.	1	2	1	.	.	.
<i>Salvia nutans</i>	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.
<i>Cirsium pannonicum</i>	+	+	.	.	.	1	1	+	.	.	.

Номер опису	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Кількість видів	33	32	35	35	30	136	130	43	24	29	29
Експозиція	w	w	w	w	sw	sw	sw	nw	ws	sw	sw
Крутизна	5	5	25	25	5	10	20	20	50	15	10
Проективне покриття	85	85	100	90	95	95	95	90	75	95	95
<i>Phlomis tuberosa</i>	.	.	.	.	.	1	1	+	.	.	.
<i>Elytrigia intermedia</i>	.	.	+	2	3	.	.	2	4	+	+
<i>Eryngium campestre</i>	+	+	+	+	+	.	.	.	.	+	+
<i>Stachys recta</i>	.	.	.	.	.	1	1	+	2	.	.
<i>Anthyllis macrocephala</i>	.	.	.	.	.	2	1	.	.	.	.
<i>Linum flavum</i>	.	.	.	.	.	1	1	+	.	.	.
<i>Aster amellus</i>	.	.	.	.	.	1	1	.	+	.	.
<i>Thesium linophyllum</i>	+	+	+	+	2	.	.	+	.	.	.
<i>Chamaecytisus podolicus</i>	.	.	2	2	3	.	.	.	.	.	.
<i>Hyacinthella leucophaea</i>	+	+	.	.	+	3	2	.	.	.	.
<i>Thalictrum minus</i>	.	1	+	+	.	1	2	+	.	+	+
<i>Thalictrum flexuosum</i>	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.
<i>Centaurea scabiosa</i>	+	1	+	+	+	1	1	+	.	+	+
<i>Salvia nemorosa</i>	.	.	.	.	2	1	1	.	.	.	.
<i>Lembotropis nigricans</i>	.	.	1	1	.	.	1	+	.	.	.
<i>Hypericum perforatum</i>	.	.	+	+	.	1	1	.	.	.	.
<i>Pyrethrum corymbosum</i>	.	.	.	.	.	1	1	+	2	.	.
<i>Clematis recta</i>	.	.	.	.	.	1	1	+	.	.	.
<i>Prunella grandiflora</i>	2	2	+	+	.	2	1	.	.	.	.
<i>Eryngium planum</i>	.	.	.	.	+	.	.	+	.	+	+
<i>Inula salicina</i>	1	1	.	.	.	1	1	.	.	.	.

D.s. Cl. Nardo-Callunetea

<i>Carex montana</i>	.	.	.	.	.	4	4	.	+	.	.
<i>Pimpinella saxifraga</i>	+	+	+	+	.	.	.	.	.	.	.

D.s. Cl. Molinio-Arrhenatheretea

<i>Dactylis glomerata</i>	.	.	2	2	+	1	1	.	.	+	+
<i>Ranunculus polyanthemos</i>	.	.	.	.	.	1	1	+	.	.	.
<i>Centaurea jacea</i>	.	.	.	.	.	1	1	+	.	.	.

D.s. Cl. Trifolio-Geranietea

<i>Knautia arvensis</i>	.	.	+	+	+	.	.	+	+	+	+
-------------------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

D.s. Cl. Agropyretea repentis

<i>Convolvulus arvensis</i>	.	.	+	+	+	1	.	+	.	+	+
-----------------------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Види, які трапляються зрідка: *Achillea pannonica* (6,7), *Acinos arvensis* (3,4), *Aconitum anthora* (8), *Aconitum eulophum* (6, 7), *Agrimonia pilosa* (6,7), *Agrostis gigantea* (6, 7), *Agrostis tenuis* (6, 7), *Ajuga genevensis* (6, 7), *Allium oleraceum* (6, 7), *Allium scorodoprassum* (7), *Allium sphaerocephalon* (6), *Anemone sylvestris* (1,2), *Anemonoides ranunculoides* (7), *Aphanes arvensis* (7), *Artemisia marshalliana* (6, 7), *Berteroa incana* (6, 7), *Bromopsis inermis* (8), *Campanula cervicaria* (7), *Campanula rotundifolia* (7), *Cardamine hirsuta* (6), *Carduus acanthoides* (6), *Carex melanostachya* (97), *Carex michelii* (6, 7), *Carex pilulifera* (6, 7), *Carlina biebersteinii* (6), *Centaurea ruthenica* (6), *Centaurea stricta* (6, 7), *Cerinth minor* (6, 7), *Chamaecytisus austriacus* (1, 8), *Chamaecytisus blockianus* (6), *Cichorium intybus* (7), *Cirsium canum* (6, 7), *Clematis integrifolia* (6, 8), *Corydalis cava* (7), *Crinitaria linostris* (6), *Cruciata glabra* (6), *Dictamnus albus* (6, 7), *Digitalis grandiflora* (7), *Draba nemorosa* (7), *Echinops exaltatus* (7), *Echium maculatum* (7), *Eremogone saxatilis* (7), *Erysimum hieracifolium* (7), *Erysimum odoratum* (7), *Euphorbia graeca* (6, 7), *Euphorbia salicifolia* (6, 7), *Festuca pratensis* (6, 7), *Festuca rubra* (6, 7), *Festuca rupicola* (6), *Ficaria verna* (6, 7), *Gagea lutea* (6), *Gagea paczoskii* (6, 7), *Gagea pratensis* (6, 7), *Galium album* (3, 4), *Galium boreale* (6, 7), *Galium campanulatum* (6), *Galium mollugo* (6, 7), *Gentiana cruciata* (6), *Geranium divaricatum* (6, 7), *Geranium sylvaticum* (7), *Glechoma hirsuta* (7), *Helianthemum ovatum* (6), *Helictotrichon pubescens* (6, 7), *Helictotrichon schellianum* (6), *Hieracium pilosella* (6, 7), *Hieracium virosum* (6, 7), *Inula germanica* (6, 7), *Inula hirta* (6, 7), *Iris hungarica* (5, 7, 9), *Isopyrum thalictroides* (7), *Jurinea calcarea* (5), *Koeleria cristata* (6), *Lamium purpureum* (7), *Laserpitium latifolium* (6, 7), *Lathyrus pannonicus* (6, 7), *Lathyrus pisiformis* (6), *Lavatera thuringiaca* (6, 7), *Leontodon hispidus* (6, 8), *Leucanthemum vulgare* (6, 7), *Libanotis montana* (6), *Lilium martagon* (7), *Lotus ucrainicus* (6, 10, 11), *Luzula campestris* (6, 7), *Medicago lupulina* (6), *Melampyrum cristatum* (6), *Melilotus officinalis* (6, 7), *Mercurialis ovata* (6, 7), *Muscari botryoides* (6, 7), *Myosotis lithospermifolia* (6), *Nepeta pannonica* (7), *Onobrychis vicifolia* (6, 7), *Ononis arvensis* (6, 7), *Peucedanum cervaria* (7), *Peucedanum oreoselinum* (6, 7), *Phleum phleoides* (6, 7), *Plantago media* (1, 2), *Poa angustifolia* (8), *Poa pratensis* (6, 7), *Poa trivialis* (6, 7), *Polygala comosa* (6, 7), *Polygala vulgaris* (6), *Potentilla alba* (6, 7), *Potentilla arenaria* (9), *Potentilla canescens* (7), *Potentilla erecta* (6, 7), *Potentilla obscura* (7), *Primula veris* (3, 4, 7), *Prunella vulgaris* (6, 7), *Pulmonaria mollis* (1, 6, 7), *Pulsatilla grandis* (6, 7), *Pulsatilla latifolia* (6), *Pulsatilla nigricans* (5), *Ranunculus pseudobulbosus* (6), *Rhinanthus minor* (6, 7), *Saponaria officinalis* (7), *Scorzonera purpurea* (6), *Senecio czernjaevii* (7), *Senecio jacobaea* (6, 7), *Serratula heterophylla* (7), *Serratula tinctoria* (6), *Seseli annuum* (6), *Sesleria heuffleriana* (6), *Silene nutans* (7), *Sisymbrium strictissimum* (7), *Stellaria graminea* (6), *Stellaria holostea* (7), *Symphytum popovii* (6, 7), *Taraxacum officinale* (6), *Tragopogon pratensis* (6), *Trifolium campestre* (6, 7), *Trifolium pannonicum* (6, 7), *Trifolium pratense* (6, 7), *Trifolium repens* (7), *Valeriana exaltata* (6, 7), *Veratrum nigrum* (6-8), *Veronica anagalloides* (7), *Veronica chamaedrys* (6), *Veronica spuria* (7), *Vicia cracca* (3, 4), *Vicia tenuifolia* (7), *Viola hirta* (1, 2, 6), *Viola mirabilis* (7), *Viola richenbachiana* (7).

Еколого-ценотичні особливості: угруповання цієї асоціації формуються в середній частині дуже еродованих схилів південно-західної експозиції крутизною 10-15° із щербеним субстратом. Загальне проективне покриття травостою

високе, в середньому 95 %. Флористична насиченість ценозів висока – 29 видів на ділянці площею 100 м². На степових схилах урочища «Масьок» це угруповання мало поширене і займає невелику площу. Найбільші площі угрупо-

вання цієї асоціації займають на придністровських схилах, де високий ступінь змитості та ерозії ґрунтів, подекуди може займати всю середню та верхню частину схилів (Абдулоєва, Дідух, 1999).

Союз **Fragario viridis-Trifolion montani** Korotchenko, Didukh, 1997. **Діагностичні види:** *Poa angustifolia*, *Betonica officinalis*, *Adonis vernalis*, *Thymus marschallianus*, *Fragaria viridis*, *Thalictrum minus*, *Galium verum*, *Stachys recta*, *Anemone sylvestris*.

Союз об'єднує типові асоціації лучних степів, які зростають на різних за крутизною та експозицією схилах на типових чи вилугуваних чорноземах, де близько до поверхні залягають вапняки й гіпси. Репрезентують типову лучно-степову рослинність Лісостепу України (Куковиця, 1971), в інших регіонах поширені фрагментарно.

Асоціація Medicago romanicae-Poetum angustifoliae Tkachenko, Movchan et V. Sl., 1987 (табл. 2.). **Діагностичні види:** *Bromopsis inermis*, *Poa angustifolia*, *Medicago romanica*, *Festuca valesiaca*, *Betonica officinalis*, *Adonis vernalis*, *Brachypodium pinnatum*, *Inula ensifolia*, *Thymus marschallianus*, *Fragaria viridis*, *Thalictrum minus*, *Galium verum*, *Stachys recta*, *Anemone sylvestris*.

Еколого-ценотичні особливості: угруповання формуються на схилах різної експозиції (південно-західної, південної та південно-східної) різної крутизни (10-50°). Формуються на дещо еродованих схилах із лесовими або чорноземними ґрунтами. Проективне покриття травостою коливається від 50 до 85 %. Задернованість слабка, оскільки основними ценозоутворювачами є кореневищні злаки *Poa angustifolia*, *Elytrigia intermedia*, *Bromopsis inermis*, *Botriochloa ischaemum*. Флористичне різноманіття невисоке 28-32 види на 100 м². Угруповання цієї асоціації займають значні площі на території «Степу Масьок». Крім дослідженого регіону вони спорадично зустрічається по всій території Лівобережного Лісостепу на схилах як північної, так і в нижній частині схилів південної експозиції незначної крутизни (до 10°). Дані угруповання описані для Придніпровської частини Київського плато (околиці с. Стайки Кагарлицького р-ну, с. Копачів та с. Вітачів Обухівського р-ну Київської обл.). Найбільш мезофітизовані угруповання лучних степів заповідника "Михайлівська цілина. Фрагментарно представлені на території Кривої коси (Донецька обл.), де приурочені до середньої частини материкового схилу над орнітологічним заказником "Кривокіський лиман", де видове насичення складає 22-23 види на ділянці площею 100 м² (Коротченко, Фіцайло, 2003).

Союз **Festucion valesiacaе Klika 1931. Діагностичні види:** *Plantago lanceolata*, *Plantago media*, *Stipa capillata*, *Festuca valesiaca*, *Campanula*

sibirica, *Salvia nemorosa*.

Таблиця 2.

Фітоценотична характеристика союзу *Fragario viridis-Trifolion montani*

Table 2.

Phytocoenotic characteristics union *Fragario viridis-Trifolion montani*

Номер опису	12	13	14	15
Кількість видів	32	28	27	27
Експозиція	sw	s	sw	so
Крутизна	25	50	10	15
Проективне покриття	50	70	85	80

D.s. Ass. Medicago romanicae-Poetum angustifoliae Tkachenko, Movchan et V. Sl., 1987, D.s. All. Fragario viridis-Trifolion montani Korotchenko, Didukh, 1997,

Bromopsis inermis	+	1	4	4
Poa angustifolia	+	1	3	3
Medicago romanica	+	+	2	+
Festuca valesiaca	3	4	.	.
Betonica officinalis	.	.	+	+
Adonis vernalis	2	+	+	+
Brachypodium pinnatum	.	+	+	+
Inula ensifolia	+	.	.	.
Thymus marschallianus	1	+	.	.
Fragaria viridis	1	+	+	+
Thalictrum minus	+	+	1	1
Galium verum	+	+	1	2
Stachys recta	+	1	2	1
Anemone sylvestris	+	+	.	.

D.s. Ord. Festucetalia valesiacaе Br.-Bl. et R.Tx. 1943,

D.s. Cl. Festuco-Brometea Br.-Bl. et R.Tx. 1943

Achillea submillefolium	1	1	+	+
Falcaria vulgaris	.	.	+	+
Vicia villosa	.	.	+	+
Viola hirta	.	.	+	+
Asperula cynanchica	+	+	.	.
Elytrigia intermedia	1	3	3	3
Eryngium campestre	.	+	+	+
Salvia verticillata	1	2	2	2
Teucrium chamaedrys	3	2	+	+
Salvia nemorosa	2	2	3	3
Campanula bononiensis	+	+	2	2
Inula hirta	.	.	+	+
Galium album	.	.	+	+

D.s. Cl. Nardo-Callunetea

Carex montana	.	.	+	+
---------------	---	---	---	---

D.s. Cl. Trifolio-Geranietea

Knautia arvensis	.	+	+	+
------------------	---	---	---	---

D.s. Cl. Agropyretea repentis

Convolvulus arvensis	+	+	+	+
----------------------	---	---	---	---

D.s. Cl. Molinio-Arrhenatheretea

Vicia cracca	+	+	.	.
--------------	---	---	---	---

Інші види

Allium podolicum	.	.	+	+
------------------	---	---	---	---

Lavatera thuringiaca	+	.	+	+
----------------------	---	---	---	---

Види, які трапляються зрідка: *Astragalus austriacus* (1), *Agrimonia eupatoria* (1), *Artemisia absinthium* (1), *Aster amellus* (1), *Bupleurum falcatum* (1), *Campanula sibirica* (2), *Centaurea diffusa* (2), *Centaurea scabiosa* (2), *Centaurea stricta* (1), *Chamaecytisus austriacus* (2), *Dictamnus albus* (2), *Galium octonarum* (1), *Hyacinthella leucophaea* (1), *Melilotus officinalis* (1), *Plantago media* (1).

Включає похідні деградовані, в результаті надмірного випасання, угруповання дерновинних збіднених злакових степів, в яких діагностичні види інших союзів відсутні. *Carex humilis* має широку екологічну амплітуду в Західній Європі і є дуже витривалим видом до випасання. Завдяки цьому він разом із *Festuca valesiaca* формує стійкі до пасквального навантаження угруповання, відносно маловидові, що формуються на дерново-карбонатних, місцями досить змитих рендзинах та чорноземних ґрунтах. Представляють собою відносно маловидові (10-30 видів)

похідні в результаті надмірного випасання деградовані угруповання дерновинних бідних злакових степів, в яких діагностичні види інших союзів відсутні, а основу формують *Festuca valesiaca*, *Koeleria cristata*, *Plantago media*, *Potentilla arenaria* тощо.

Асоціація *Stipetum capillatae* Dziubaltowski 1925 (табл. 3). **Діагностичні види:** *Teucrium montanum*, *Jurinea calcarea*, *Gypsophila thyraica*, *Stipa capillata*, *Astragalus onobrychis*, *Potentilla arenaria*, *Astragalus austriacus*, *Minuartia thyraica*, *Veronica spicata*.

Таблиця 3.

**Фітоценотична характеристика
союзу *Festucion valesiaca***

Номер опису	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
Кількість видів	18	20	33	34	26	26	30	37	14	132	108	82	35	34	28	38	4	45	24	22	30
Експозиція	s	w	w	s	sw	sw	sw	nw		sw	sw	s	sw	sw	sw	sw	o	o	nw	nw	nw
Крутизна	20	25	15	30	10	7	25	5		10	5	15	15	10	25	25	5	5	40	40	10
Проективне покриття	60	60	40	70	75	75	80	80	85	95	100	95	85	85	85	90	80	85	95	90	85

Table 3.

**Phytocoenotic characteristics
union *Festucion valesiaca***

D.s. Ass. *Stipetum capillatae* Dziubaltowski 1925

<i>Teucrium montanum</i>	2	+	2	+	+	+	2	+	.	1	2	1	.	.	.	.	+	+	.	.	1
<i>Jurinea calcarea</i>	+	+	+	+	.	.	+	.	+	1	2	2	.	.	.	.	+	+	.	.	.
<i>Gypsophila thyraica</i>	1	1	1	+	.	.	.	+	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Stipa capillata</i>	4	2	.	3	3	3	4	4	4	1	3	2	.	.	.	.	.	.	.	.	4
<i>Astragalus onobrychis</i>	2	1	1	2	2	2	1	.	1	1	2	1	.	.	1	.	+	+	.	.	.
<i>Potentilla arenaria</i>	1	+	2	+	2	+	1	+	.	1	2	2	1	1	.	.	.	.	.	.	+
<i>Astragalus austriacus</i>	.	.	.	+	+	+	+	+	.	1	2	2	+	+	+	.	+	+	.	.	.
<i>Minuartia thyraica</i>	+	+	+	.	.	.	.	.	.	1	3	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Veronica spicata</i>	.	+	.	.	+	+	.	.	.	1	1	1	.	.	.	.	+	+	.	.	.

D.s. Sass. *Stipetum capillatae stipetosum pulcherrimae* Kukovitza, Diduch, Shelyag-Sosonko, Abduloeva 1998

<i>Stipa pulcherrima</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	2	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Polygonatum odoratum</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Festuca pseudovina</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	2	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Helianthemum nummularium</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Euphorbia sequierana</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Anthemis subtinctoria</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	1	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Thalictrum uncinatum</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	1	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Hieracium echioides</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Senecio czernjaevii</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Primula veris</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Otites densiflora</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Chamaecytisus blockianus</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Verbascum blattaria</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Verbascum nigrum</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Viola arenaria</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Galium campanulatum</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Hieracium pilosella</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Festuca rupicola</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	2	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Onobrychis viciifolia</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Centaurea jacea</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.

D.s. Ass. *Carici humilis-Brachypodietum pinnati* Soó (1942) 1947

<i>Brachypodium pinnatum</i>	.	.	.	.	.	.	+	.	.	1	1	1	2	+	+	+	.	.	3	3	.
<i>Salvia pratensis</i>	.	+	+	+	.	.	.	.	.	1	.	.	.	+	+	+	.	.	.	.	1
<i>Coronilla varia</i>	.	.	.	.	+	+	.	.	.	.	.	.	.	+	+	.	+	.	.	.	.
<i>Cirsium pannonicum</i>	.	.	.	.	+	+	.	.	.	.	.	.	.	+	+	1	1	.	.	.	1
<i>Eryngium campestre</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	+	+	+	+	+	+	.	.
<i>Thesium linophyllum</i>	.	.	.	+	.	.	1	+	.	.	.	.	.	+	+	1	1	+	+	.	.

D.s. Ass. *Festuco valesiacae-Caricetum humilis* Klika (1931) 1936

<i>Carex humilis</i>	2	3	3	3	4	4	3	2	3	4	2	2	4	4	4	1	4	4	3	3	2
<i>Festuca valesiaca</i>	3	3	3	3	3	3	4	3	.	1	3	2	3	2	.	2	3	3	2	2	3

Номер опису	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
Кількість видів	18	20	33	34	26	26	30	37	14	132	108	82	35	34	28	38	4	45	24	22	30
Експозиція	s	w	w	s	sw	sw	sw	nw		sw	sw	s	sw	sw	sw	sw	o	o	nw	nw	nw
Крутизна	20	25	15	30	10	7	25	5		10	5	15	15	10	25	25	5	5	40	40	10
Проективне покриття	60	60	40	70	75	75	80	80	85	95	100	95	85	85	85	90	80	85	95	90	85
<i>Filipendula vulgaris</i>	.	.	.	.	+	+	+	+	.	.	.	1	+	+	.	.	1	1	2	2	1
<i>Agrimonia eupatoria</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	.	.	+	+	+	+	.
<i>Elytrigia intermedia</i>	.	.	+	.	.	.	+	1	.	.	.	.	+	+	.	.	2	2	+	+	.
<i>Knautia arvensis</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	+	+	.	+	+	+	+	+	.
<i>Bromopsis inermis</i>	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3	3	.	.	2
<i>Inula salicina</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	+	+	.

D.s. All.Festucion valesiacae Klika 1931 ,

D.s. Ord. Festucetalia valesiacae Br.-Bl. et R.Tx. 1943,

D.s. Cl. Festuco-Brometea Br.-Bl. et R.Tx. 1943

<i>Thymus marschallianus</i>	.	+	2	1	2	2	2	2	.	1	1	1	2	2	2	1	+	1	.	.	+	
<i>Medicago romanica</i>	+	1	+	+	1	+	.	1	+	1	.	.	+	+	.	1	2	+	+	.	2	
<i>Salvia verticillata</i>	.	.	+	.	+	+	+	+	+	.	2	2	1	1	+	1	2	2	1	1	+	
<i>Teucrium chamaedrys</i>	+	.	+	+	2	+	+	+	.	2	2	1	3	3	3	2	2	2	.	.	.	
<i>Galium verum</i>	.	.	.	+	1	1	+	+	.	.	1	.	+	1	+	1	1	1	.	.	.	
<i>Inula ensifolia</i>	+	2	+	+	.	.	3	2	2	3	1	1	3	3	4	4	+	+	+	+	2	
<i>Asperula cynanchica</i>	.	+	+	1	+	+	+	+	.	1	3	2	+	+	.	+	3	2	+	+	1	
<i>Bupleurum falcatum</i>	.	.	+	.	.	.	.	.	.	1	2	2	.	.	.	.	.	.	+	+	+
<i>Anthericum ramosum</i>	+	+	.	.	.	.	.	+	+	2	2	2	.	.	.	.	.	.	+	+	3
<i>Asyneuma canescens</i>	.	.	+	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	+	+	+	.	.
<i>Adonis vernalis</i>	.	.	+	+	+	+	+	+	.	2	2	2	.	.	.	.	2	2	.	.	2
<i>Brisa media</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	+	.	1	+	+	+	+	.
<i>Centaurea pannonica</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	.	.	+	+	.	.	.
<i>Achillea submillefolium</i>	.	.	+	1	+	+	+	.	.	1	1	1	2	2	.	1	2	1	.	.	.	
<i>Falcaria vulgaris</i>	.	.	+	+	+	+	.	.	.	1	1	1	+	+	+	+	+	+	.	.	.	
<i>Fragaria viridis</i>	.	.	+	.	+	+	+	.	.	.	.	.	2	2	.	.	.	.	.	.	.
<i>Campanula bononiensis</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	1	.	.	.	.	.	+	+	.	.	.
<i>Centaurea marschalliana</i>	2	1	+	.	.	.	.	.	.	2	1	2	1	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Stachys recta</i>	.	.	.	.	.	.	.	+	.	1	1	1	1	1	.	.	.	.	.	.	+
<i>Anthyllis macrocephala</i>	+	.	.	+	.	.	+	.	.	2	2	1	.	.	.	3	.	.	.	.	+
<i>Linum flavum</i>	.	.	.	.	.	.	+	+	.	2	1	1	.	.	1	1	.	.	.	.	1
<i>Aster amellus</i>	.	.	.	.	.	.	+	+	.	1	.	.	.	.	+	+	.	.	.	.	.
<i>Viola hirta</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	1	.	+	+	.	.	+	+	.	.	.
<i>Trifolium montanum</i>	.	.	.	+	.	.	.	+	.	1	2	1	+	+	+	+	+	+	+	+	.	
<i>Salvia nutans</i>	.	.	.	.	2	2	1	1	.	1	.	.	2	2	+	.	3	2	.	.	.
<i>Chamaecytisus austriacus</i>	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	1	+	.	.	.	.	2
<i>Pulsatilla nigricans</i>	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	3
<i>Iris hungarica</i>	+	.	+	.	.	.	.	+	.	.	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Anemone sylvestris</i>	.	.	.	.	.	.	.	1	.	1	.	1	.	.	.	2	.	.	.	.	3
<i>Lotus ucrainicus</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	+
<i>Centaurea ruthenica</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	.	.	.	.	+	+	.	.	.	.	.
<i>Hyacinthella leucophaea</i>	.	+	+	+	.	.	.	.	.	2	1	.	.	.	.	.	+	+	.	.	.
<i>Plantago media</i>	.	+	+	+	.	.	+	+	.	1	.	.	+	+	+	+	+	+	.	.	+	
<i>Campanula sibirica</i>	.	.	+	+	+	+	+	.	.	1	2	2	+	.	+	+	+	+	.	.	+	
<i>Thalictrum minus</i>	.	.	+	+	.	.	.	+	.	1	.	.	.	.	.	+	1	+	.	.	+
<i>Centaurea scabiosa</i>	.	.	.	+	.	.	.	.	.	1	.	1	.	.	.	+	+	+	.	.	.
<i>Salvia nemorosa</i>	.	.	.	+	+	+	1	.	.	1	.	.	.	.	.	.	+	+	.	.	.
<i>Lembotropis nigricans</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	+	1	1	1	.	.	+	+	.	.	4	4	.
<i>Euphorbia cyparissias</i>	.	.	.	.	.	.	.	+	.	1	1	1	.	.	.	+	.	.	.	.	.
<i>Sedum acre</i>	.	.	+	.	.	.	.	.	+	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Eryngium planum</i>	.	.	.	.	.	.	+	.	.	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Helictotrichon pubescens</i>	1	+	+	.

D.s. Cl. Molinio-Arrhenatheretea

<i>Arrhenatherum elatius</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	.	.	+	+	.	.	.
<i>Leucanthemum vulgare</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	1	.	.	.	+	.	+	+	.	.	.
<i>Dactylis glomerata</i>	.	.	+	.	.	.	.	.	.	1	.	.	+	+	.	.	.	.	+	+	.
<i>Tragopogon pratensis</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	1	.	.	.	+	.	.	.	.	.
D.s. Cl. Nardo-Callunetea																					
<i>Carex montana</i>	.	.	.	.	.	.	.	1	.	2	1	1	.	.	.	2	.	.	.	.	.

Номер опису	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	
Кількість видів	18	20	33	34	26	26	30	37	14	132	108	82	35	34	28	38	4	45	24	22	30	
Експозиція	s	w	w	s	sw	sw	sw	nw		sw	sw	s	sw	sw	sw	sw	o	o	nw	nw	nw	
Крутизна	20	25	15	30	10	7	25	5		10	5	15	15	10	25	25	5	5	40	40	10	
Проективне покриття	60	60	40	70	75	75	80	80	85	95	100	95	85	85	85	90	80	85	95	90	85	
<i>Pimpinella saxifraga</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+
D.s. Cl. Agropyretea repentis																						
<i>Convolvulus arvensis</i>	.	+	.	+	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	.	.	.
D.s. Cl. Helianthemo-Thymetea																						
<i>Scabiosa ochroleuca</i>	.	.	.	.	.	.	+	+	.	.	2	1	.	.	+	+	.	.	.	.	.	+

Види, які трапляються зрідка: *Achillea pannonica* (25, 26), *Achillea setacea* (26), *Aconitum eulophum* (27), *Agrostis gigantea* (25), *Agrostis tenuis* (25), *Ajuga chia* (16, 24), *Allium montanum* (26, 27), *Allium oleraceum* (25), *Allium podolicum* (18), *Allium sphaerocephalon* (25), *Allium waldsteinii* (32, 33), *Alyssum calycinum* (26), *Anchusa barbelieri* (26, 27), *Artemisia absinthium* (26, 27), *Artemisia marschalliana* (25), *Asparagus officinalis* (25), *Asplenium ruta-muraria* (26, 27), *Asplenium trichomanes* (26, 27), *Astragalus danicus* (26), *Berteroa incana* (25, 26), *Campanula glomerata* (25, 26), *Campanula rotundifolia* (27), *Cardamine hirsuta* (25), *Cardaminopsis arenosa* (27), *Carduus acanthoides* (25, 26), *Carduus hamulosus* (25), *Carex michelii* (25), *Carex pilulifera* (25), *Carex praecox* (27, 27), *Carex supina* (26), *Carlina biebersteinii* (25), *Centaurea diffusa* (18, 19), *Centaurea pseudomaculosa* (28, 29, 33), *Centaurea rhenana* (26), *Centaurea stricta* (23, 25), *Chamaecytisus podolicus* (27), *Clematis integrifolia* (19, 25), *Crinitaria linosyris* (23, 25), *Cruciata glabra* (25), *Cuscuta epithymum* (25, 26), *Descurainia sophia* (26), *Dianthus andrzejowskianus* (25), *Dictamnus albus* (25), *Draba nemorosa* (27), *Echium maculatum* (25, 26), *Eremogone saxatilis* (25, 26), *Erysimum hieracifolium* (26), *Erysimum odoratum* (25, 26), *Euphorbia graeca* (25), *Euphrasia stricta* (25, 26), *Festuca pratensis* (25), *Festuca rubra* (25), *Gagea lutea* (25), *Galium album* (34, 35), *Galium octonarium* (19, 23), *Geranium sanguineum* (25), *Glechoma hirsuta* (27), *Gypsophila fastigiata* (26, 27), *Gypsophila oligosperma* (26, 27), *Helianthemum ovatum* (25), *Helictotrichon desertorum* (27), *Helictotrichon schellianum* (25, 27), *Hypericum elegans* (25, 26), *Hypericum perforatum* (25), *Inula germanica* (25), *Inula hirta* (25, 26), *Koeleria cristata* (19, 26, 27), *Laserpitium latifolium* (25), *Lavatera thuringiaca* (25), *Leontodon hispidus* (25), *Libanotis intermedia* (18, 34, 35), *Linaria vulgaris* (26), *Linula campestris* (25), *Marrubium vulgare* (26), *Mercurialis ovata* (25), *Onobrychis arenaria* (30, 31), *Ononis arvensis* (31), *Orobancha caryophyllacea* (25, 26), *Oxytropis pilosa* (25, 26), *Peucedanum cervaria* (30), *Phleum phleoides* (25), *Phlomis tuberosa* (20, 21), *Picris hieracioides* (27), *Plantago lanceolata* (25), *Poa pratensis* (25), *Poa sterilis* (26), *Polygala comosa* (25), *Polygala sibirica* (27), *Polygala vulgaris* (25), *Potentilla alba* (25), *Prunella grandiflora* (23), *Prunella vulgaris* (25), *Pulsatilla grandis* (25, 36), *Ranunculus pseudobulbosus* (25), *Rubus hirtus* (34, 35), *Sanquisorba officinalis* (26, 34, 35), *Saxifraga tridactylites* (26), *Scorzonera purpurea* (25), *Senecio jacobaea* (31), *Serratula tinctoria* (25, 26), *Seseli campestre* (32, 33), *Seseli hippomarathrum* (26), *Sesleria heufleriana* (26), *Stachys germanica* (26), *Stellaria graminea* (25), *Stipa tirma* (26), *Tanacetum vulgare* (27), *Taraxacum erythrospermum* (26, 27), *Taraxacum officinale* (25, 26), *Trifolium campestre* (25, 26), *Trifolium pannonicum* (25), *Trifolium pratense* (25), *Trifolium repens* (27), *Trinia multicaulis* (16, 25), *Veratrum nigrum* (25), *Verbascum phoeniceum* (27), *Veronica officinalis* (26), *Veronica chamaedrys* (25), *Veronica prostrata* (26), *Vicia cracca* (24), *Vicia villosa* (32, 33), *Vincetoxicum hirundinaria* (26, 27), *Viola suavis* (26, 27).

Еколого-ценотичні особливості: угруповання угрупованні формуються в різних частинах схилів переважно південно-західної експозиції, рідше – на схилах південної, західної та північно-західної експозиції та також на приплакорних а вирівняних ділянках. Крутизна схилів назначна 5–30° що супроводжується добре розвиненим ґрунтовим покривом. Загальне проективне покриття травостою становить в залежності від сили дії антропогенного фактора коливається від 40 до 100 %. Флористичне різноманіття дуже сильно варіює в залежності від інтенсивності випасу від 14 до 37 видів на 100 м². Травостій сформований із двох під'ярусів. Перший під'ярус, заввишки 50 см, утворюють *Stipa capillata*, *Festuca valesiaca*, *Jurinea calcarea*, *Salvia nutans* та ін. Другий (до 30 см), утворений *Carex humilis*, *Inula ensifolia*, *Asperula cynanchica*, *Adonis vernalis*, *Teucrium montanum*, *Potentilla arenaria*, *Veronica spicata* та ін. Займають найбільшу площу порівняно з іншими асоціаціями союзу.

Субасоціація *Stipetum capillatae stipetosum pulcherrimae* Kukovitz, Diduch, Shelyag-Sosonko, Abduloeva 1998 (табл. 3). **Діагностичні види:** *Stipa pulcherrima*, *Polygonatum odoratum*, *Festuca pseudovina*, *Helianthemum nummularium*, *Euphorbia sequierana*, *Anthemis subtinctoria*, *Thalictrum uncinatum*, *Hieracium echinoides*, *Senecio czernjaevii*, *Primula veris*, *Otites densiflora*, *Chamaecytisus blockianus*, *Verbascum blattaria*,

Verbascum nigrum, *Viola arenaria*, *Galium campanulatum*, *Hieracium pilosella*, *Festuca rupicola*, *Onobrychis viciifolia*, *Centaurea jacea*.

Еколого-ценотичні особливості: флористично більш багаті угруповання, флористичне різноманіття яких складає 82–132 видів на 100 м². Фрагментарно формуються у верхній частині схилів південно-західної та південної експозиції крутизною 5–10°. Угруповання цієї субасоціації характеризуються значною ценотичною роллю мезоксерофільного різнотрав'я. Окрім дослідженого регіону ці унікальні угруповання зростають лише на Касовій горі (околиці с. Бовшів Галицького р-ну Івано-Франківської обл.).

Асоціація *Carici humilis-Brachypodietum pinnati* Soo (1942) 1947 (табл. 3). **Діагностичні види:** *Brachypodium pinnatum*, *Salvia pratensis*, *Coronilla varia*, *Cirsium pannonicum*, *Eryngium campestre*, *Thesium linophyllum*.

Еколого-ценотичні особливості: угруповання найбільш зволжених місцезростань у складі лучних степів, розташовані в середній та нижній частинах схилів південно-західної експозиції крутистю 15–25° на середньорозвинених ґрунтах. Проективне покриття травостою 85–90 %. Флористичне багатство угруповань складає 28–38 видів на 100 м². Злакову основу складають *Carex humilis*, *Brachypodium pinnatum*, *Festuca valesiaca*. Чагарниковий ярус не розвинений, поодинокі зростають кущі *Chamaecytisus*

austriacus. На дослідженій території угруповання трапляються спорадично, але великих площ не займають.

Асоціація Festuco valesiacaе-Caricetum humilis Klika (1931) 1936 (табл. 3). **Діагностичні види:** *Carex humilis*, *Festuca valesiaca*, *Filipendula vulgaris*, *Agrimonia eupatoria*, *Elytrigia intermedia*, *Knautia arvensis*, *Bromopsis inermis*, *Inula salicina*.

Еколого-ценотичні особливості: угруповання займають верхню та середню частини схилів північно-західної та східної експозиції крутизною від 5 до 40°. Травостій дещо трансформований, проективне покриття – 80-95 %. Загальна кількість видів на ділянці площею 100 м² – 32-36. Угруповання характеризуються досить сильною задернованістю зі значною участю ксеромезофітного різнотрав'я. Займають досить великі площі на дослідженій території. Поширення цієї асоціації залежить від ареалу *Carex humilis*. Це найпоширеніші лучні степи Західного Поділля на різних схилах та ґрунтах, травостої яких спасуються.

Таким чином, рослинність «Степу Масьок» представлена угрупованнями 6 асоціацій та однієї субасоціації. Найбільшою різноманітністю (3 асоціації та 1 субасоціація) характеризуються угруповання союзу Festucion valesiacaе, що пояснюється значною антропогенною трансформованістю дослідженого регіону. Найменшою ценотичною різноманітністю (1 асоціація) характеризуються угруповання союзу Fragario viridis-Trifolion montani, оскільки на дослідженій території вони знаходяться на межі ареалу.

Фітоіндикація екологічних факторів. Особливості степових екосистем полягають у тому, що вони, на відміну від лісових, перебувають у стані нестійкої рівноваги і є дуже динамічними. Степи формувалися в умовах недостатньої вологості клімату при періодичному впливі випасання, палів, що перешкоджало появі дерев. На відміну від лісів, в яких накопичення біомаси переважає над опадом, у степах понад 80 % біомаси щорічно відмирає і вона швидко мінералізується, що визначає специфіку кругообігу елементів і формування найродючіших чорноземних ґрунтів (Дідух, Контар, 1998.; Дідух, Коротченко, 1996, 2000, 2003; Дідух, Плюта, 1994).

Зацікавленість питанням про взаємовідношення лісу і степу виникла ще наприкінці XVIII ст. П.С. Паллас, посилаючись на знаходження у ґрунті залишків пеньків дерев, дотримувався тієї точки зору, що степові простори в минулому були обліснені, тобто що безлісся степів є штучним, вторинним явищем. Й.А. Гюльденштедт, навпаки, вважав, що степові простори споконвіку були безлісими, на них панувала степова

рослинність, завдяки якій утворилися чорноземні ґрунти, а безлісся степів, таким чином, є явищем первинним. Пізніше, наприкінці XIX ст., дискусія набула особливо широкого розголосу. До неї активно включилися видатні українські та російські ботаніки і ґрунтознавці: А.М. Бекетов, В.В. Докучаєв, І. Палімпсестов, А.М. Краснов, Г.І. Танфільєв, П.А. Костичев, Г.М. Висоцький, В. І. Талієв, Й.К. Пачоський та ін. Одні з них твердили, що сучасні степові простори колись були під лісом, а інші вважали, що степи первинно безлісі. В.І. Талієв вважав господарську діяльність людини як один з найпотужніших ботаніко-географічних факторів, під впливом якого зникли ліси не лише на півдні Степу, а і в Лісостепу. Пізніше автор прийшов до висновку, що лише безлісся Лісостепу є вторинним. Зараз більшість вчених не поділяє цю точку зору.

Один з найкращих знавців природи степу Г.М. Висоцький до основних причин безлісся степів відносив ряд кліматичних факторів: нестачу вологи при великій випаровувальній здатності її поверхні, а також солонцюватість ґрунтів, яка також пов'язана з дефіцитом вологи. Межу суцільних лісів та Лісостепу він в основних рисах пов'язував з лінією, де збігається загальна сума річних опадів і кількість випаровуваної вологи. Деякі дослідники пояснювали відсутність лісів в Степу рядом інших кліматичних факторів: К.М. Бер наявністю тривалого сухого періоду влітку, О.Ф. Міддендорф - згубною дією сильних вітрів, Каминський – низькою відносною вологістю повітря влітку. Проте кліматична зумовленість безлісся степів є дійсною лише для різнотравно-типчакково-ковилових та типчакково-ковилових степів і не пояснює безлісся в лісостепових областях.

Г.І. Танфільєв основною причиною безлісся степів вважав засоленість степових ґрунтів і підґрунття, головним чином солями кальцію, джерелом яких є лес - найпоширеніша в степовій зоні материнська порода. Багатство лесу легкорозчинними солями шкідливе для деревних порід, крім того рівнинність степу та слабкий дренаж степових площ роблять неможливими вимивання і видалення солей. Ці солі, зв'язуючи продукти розкладу рослинних решток, зумовлюють утворення характерних для степів чорноземних ґрунтів. Тому в своїх працях автор притримується думки, що флора чорноземів є флорою вапнякових ґрунтів.

П.А. Костичев пояснює безлісся степів фізичними властивостями степових ґрунтів, а саме, їх дрібнозернистістю та поганою водопроникністю. С.І. Коржинський вважав, що в Лісостепу є всі умови для зростання як лісової, так і степової рослинності. Але скрізь, де ці два типи рослинності контактують, лісові угруповання, як силь-

ніші і досконаліші витісняють степові. Безлісся типчаково-ковилових і різнотравно-типчаково-ковилових степів він пояснював кліматичними причинами, але оскільки в Лісостепу цей фактор не перешкоджає зростанню як лісової, так і степової рослинності, то тут причиною безлісся степових ділянок він вважав властивості лісових і степових формацій, які проявляються в боротьбі за існування.

Є.М. Лавренко (1938) підводячи підсумки дискусії з питання безлісся степів, прийшов до висновку про необхідність брати до уваги сукупність усіх факторів середовища і в їх взаємозв'язку і в конкретних природно-історичних умовах.

Під впливом екологічних факторів формуються умови існування організмів, популяцій, видів, фітоценозів. Найбільш фізіологічно важливими факторами середовища є освітлення, тепло, зволоження, атмосферні гази та поживні речовини. Оскільки тепловий режим, концентрація атмосферних газів достатні для функціонування організмів, жорстка конкуренція між рослинами відбувається в першу чергу за такі фактори, як вода, елементи мінерального живлення, які в окремих випадках виступають лімітуючими по відношенню до розвитку та поширення певних організмів (Работнов, 1985). Саме активна конкуренція за фактори середовища визначає місце кожного організму, як елемента, в системі біоценозу, закономірну специфіку їх розподілу.

Для визначення показників основних екологічних факторів нами застосовано метод фітоіндикації (Дідух, Плюта, 1994). Для подальшого аналізу були використані геоботанічні описи виконані на території «Степу Масьок». Аналіз проводили за десятьма провідними екологічними факторами, для яких розроблені шкали, що мають різну розмірність.

Структура і розподіл степової рослинності залежать від кліматичних та едафічних факторів. В екологічному відношенні степові екосистеми є ресурсодефіцитними, оскільки основним лімітуючим фактором степових фітоценозів є дефіцит вологи, що обумовлює природне безлісся плакорних місцезростань. Тому степові біоценози завжди пов'язані з континентальним посушливим кліматом, при якому в рослинному покриві переважають багаторічні ксерофільні мікротермні дернинні трав'янисті рослини, переважно злаки з родів *Stipa* L., *Festuca* L., *Koeleria* Pers., *Poa* L., *Agropyron* Gaertn. та дернинні осоки (*Carex humilis* Leys).

Для «Степу Масьок» показники екологічних факторів мають вузьку амплітуду (табл. 4). Найбільше варіює вміст карбонатів кальцію в

грунті: відношення реальної амплітуди вмісту карбонатів у ґрунті до максимально можливої в природі складає 24,9 % (табл. 4). Отже, саме вміст карбонатів у ґрунті відіграє провідну роль у формуванні різних угруповань степової рослинності.

Таблиця 4.

*Амплітуда екологічних умов
урочища «Стен Масьок»*

Table 4.

*The amplitude of the environmental conditions
protected areas «Step Masok»*

Екологічний фактор	Розмірність шкал, бали	Фактична амплітуда екологічних умов			
		у балах			в % від максимальної можливості
		максимум	мінімум	різниця	
Вміст карбонатів (Ca)	13	10,358	7,523	3,235	24,9
Кислотність ґрунту (Rc)	13	9,105	8,393	0,612	4,71
Азотний режим (Nr)	11	5,179	4,430	0,749	6,81
Вологість ґрунту (Hd)	23	10,314	7,792	2,522	10,97
Змінність зволоження (fNd)	11	5,108	3,133	1,975	17,95
Загальний сольовий режим (Tr)	19	8,298	7,411	0,887	4,67
Континентальність (Kn)	17	9,500	7,839	1,661	9,77
Морозність (Cr)	15	8,573	7,484	1,089	7,26
Термічний режим (Tm)	17	9,548	8,145	1,403	8,25
Омброрежим (Om)	23	7,602	6,726	0,876	3,81

Досить значною є амплітуда змінності зволоження ґрунту – 17,95 % та вологості ґрунту – 10,97 % і дещо меншою варіація континентальності – 9,77 %, термічного режиму – 8,25 % та морозності клімату – 7,26% та вмісту мінерального азоту – 6,81 %. Відносно невелика амплітуда вологості ґрунту пояснюється тим, що степи формуються лише при умові певної зволоженості ґрунту, при збільшенні вмісту вологи в ґрунті вони заміщуються лучними та лісовими угрупованнями, а при зменшенні - відбувається опустелювання.

Показником, котрий відображає енергетичний стан і зміни екосистеми, є азот, а точніше – його доступні для засвоєння відповідні сполуки (Дідух, Коротченко, 2000). Доступність мінеральних форм азоту зумовлює появу тих чи інших біоморф рослин. Терофіти (експлеренти) швидко засвоюють надлишок азоту, але повністю відмирають (біомаса відмерлих частин становить 100 %), залишаючи лише насіння. Гемікриптофіти та геофіти (патенти) швидко засвоюють мінеральний азот і, відмираючи (листя, стебло), запасують його впріземних чи підземних органах, що становлять від 20 до 50 % біомаси. Криптофіти

та фанерофіти максимум біомаси запасують у багаторічних надземних пагонах, а деякі - у вічнозелених листках. Відмерла частина біомаси в них коливається від декількох до 50 % (Ткаченко, Прядко, 1990).

Природна сукцесія спрямована на накопичення запасів азоту. У процесі збільшення його запасів сукцесія уповільнюється. Останнє відбувається відповідно до зменшення відмирання, що виражається таким чином: 100 % – терофіти; 70 % – багаторічники; 10 % – листяні ліси. Отже, еволюція екосистем відбувалась у напрямку затримки азоту, його відкладання, накопичення в біомасі, а еволюція видів – у напрямку відчуження від атмосферного азоту.

Одна з найдискусійніших проблем геоботаніки – проблема відношення чи конкуренції між лісом і степом – це проблема не тільки випасання, вмісту карбонатів у ґрунті, а й проблема азоту, бо саме випасання і вміст карбонатів у ґрунті впливають на кругообіг азоту, характер його запасання та витрат.

Якщо опади перевищують випаровування, то мінеральні форми азоту вимиваються і на бідних підзолистих та латеритних ґрунтах формується лісовий тип екосистеми, спрямований на фіксацію, утримання азоту в екосистемі. Коли випаровування перевищує кількість опадів, формуються чорноземи, багаті ґрунти з трав'янистим типом угруповань, які характеризуються щорічним відчуженням органіки, швидкою її мінералізацією. Тут винос азоту перевищує накопичення в 60 разів і він концентрується, як і енергія, в ґрунті, тому чорноземи є енергетично найбагатшими ґрунтами.

Якщо є надлишок азоту в ґрунті, то екосистема намагається перевести його в біомасу, біологічну складову (з'являються дерева, фанерофіти). Разом з тим екосистема, накопичуючи азот у біомасі, збільшує інерційність, стійкість. У процесі формування лісу та опідзолення ґрунтів на місці степів зменшуються запаси азоту в ґрунті й збільшуються в біомасі. Степ неспроможний витіснити ліс, забрати цей азот з біомаси і повернути його в ґрунт. Стійкішою є та екосистема, де азот більше зв'язаний в органічних формах – ліс, верхове болото тощо. Отже, азотні сполуки є тим важливим інформаційним матеріалом, який зумовлює стійкість і трансформацію екосистем. В той же час азот є індикатором енергетичної стійкості екосистеми, так як із накопиченням азоту збільшується запас енергії в екосистемі. Степи є енергетично менш стабільними порівняно із лігнозними угрупованнями (чагарникова рослинність, ліси) і в ході сукцесії за наявності сприятливих едафічних та кліматичних умов замішуються більш стійкими угрупованнями.

У крайніх ксерофітних умовах органічні сполуки азоту швидко мінералізуються, його запаси втрачаються і він стає дефіцитним ресурсом, тому формуються угруповання з таких досить різних життєвих форм, як однорічники або чагарнички.

В умовах надлишку карбонатів форми азоту коагулюють, зв'язуються, перетворюються у форми гумусу, недоступні для рослин. Вміст азоту в ґрунтах різного типу обмежується різними факторами, що проявляється у відповідній кореляції. Важливим, ключовим питанням оцінки стійкості та динаміки екосистем є дослідження запасів азоту та їх трансформації в різні форми.

Відмінності у формуванні режимів екологічних факторів викликані в значній мірі контрастами місцезростань - верхня і нижня частини схилів різної крутизни та експозиції.

Результати розрахунку провідних екологічних факторів на основі методу фітоіндикації для степів південної частини Лівобережного Лісостепу України показали, що синтаксони рослинності степів регіону досліджень досить чітко відрізняються між собою за декількома екологічними факторами на рівні союзу. Тому саме цю одиницю, як базову, було обрано для порівняння.

Як видно з таблиці 5 амплітуди показників екологічних факторів для союзів «Степу Масьок» різні. Амплітуда едафічних факторів в межах союзів значно ширша ніж кліматичних. Для кліматичних факторів вона становить близько одного бала, а для едафічних - від одного до двох. Характерно, що амплітуда одного екологічного фактора у різних союзах буде різною. Наприклад, амплітуда вологості для союзу *Festucion valesiacae* становить 1,513 бала, а для союзу *Fragario viridis-Trifolion montani* - 0,686 бала. Це можна пояснити кількома причинами: по-перше тим, що угруповання одного союзу широко поширені на дослідженій території, а іншого – зустрічаються локально на невеликій території, по-друге специфічністю екологічних умов, необхідних для формування конкретних угруповань степової рослинності.

Для оцінки залежностей між зміною різних екологічних факторів застосовано методіку ординаційного аналізу. Результати ординації дозволили виявити екологічну специфіку синтаксонів та порогові межі толерантності різних типів угруповань до зміни певних чинників.

За методом фітоіндикації на основі побудови ординаційних матриць, які охоплюють всі основні фактори, шляхом порівняння цих показників для різних типів угруповань було встановлено ті порогові значення, за якими степові екосистеми

втрачають свою сутність і ендоекогенетичний хід сукцесії спрямовується на формування лісу. Для режиму вологості ґрунтів поріг перевищує 10 балів, трофності – не досягає 8,5 балів, кислотності становить 9 балів, вміст кальцію в ґрунті - нижче 9 балів, вміст азоту в ґрунті - вище 5 балів, що дає можливість оцінити стан кожної екосистеми (Дідух, Коротченко, 2003).

Таблиця 5.
Амплітуди показників екологічних факторів союзів заповідного урочища «Степ Масюк»

Table 5.
The amplitudes of indicators of environmental factors alliances reserve natural boundary "Step Masok"

Екологічний фактор	Значення	Союз		
		Cirsio-Brachypodium pinnati	Fragario viridis-Trifolium montani	Festucion valesiacaе
Вміст карбонатів (Ca)	макс.	9,491	9,290	10,359
	мін.	7,523	8,674	8,440
	амп.	1,968	0,616	1,919
Кислотність ґрунту (Rc)	макс.	9,101	8,937	9,105
	мін.	8,393	8,763	8,428
	амп.	0,709	0,174	0,677
Азотний режим (Nt)	макс.	5,179	4,959	5,139
	мін.	4,600	4,718	4,430
	амп.	0,579	0,241	0,709
Вологість ґрунту (Hd)	макс.	10,314	9,229	9,305
	мін.	8,753	8,543	7,792
	амп.	1,561	0,686	1,513
Змінність зволоження (fHd)	макс.	4,750	4,203	5,108
	мін.	3,133	3,875	3,365
	амп.	1,617	0,328	1,743
Загальний сольовий режим (Tr)	макс.	8,024	8,298	8,201
	мін.	7,411	8,107	7,685
	амп.	0,613	0,191	0,516
Континентальність (Kn)	макс.	8,699	9,417	9,500
	мін.	8,397	8,959	7,839
	амп.	0,302	0,457	1,661
Морозність (Cr)	макс.	8,573	8,375	8,484
	мін.	8,061	8,203	7,484
	амп.	0,512	0,172	1,000
Термічний режим (Tm)	макс.	9,110	9,111	9,548
	мін.	8,568	8,905	8,145
	амп.	0,542	0,206	1,403
Омброрежим (Om)	макс.	7,602	7,230	7,488
	мін.	6,967	7,042	6,726
	амп.	0,635	0,188	0,762

Для оцінки залежностей між зміною різних екологічних факторів використано метод ординаційного аналізу. Побудовані ординаційні матриці наглядно демонструють залежність між зміною показників екологічних факторів. Найкраще вони представлені для едафічних факторів.

Встановлено пряму лінійну залежність між рядом показників. Зокрема між вологістю ґрунту (Hd) та вмістом мінерального азоту (Nt) (рис. 2)

найширшу амплітуду мають угруповання союзу *Festucion valesiacaе*, а найвужчу – *Fragario viridis-Trifolium montani*.

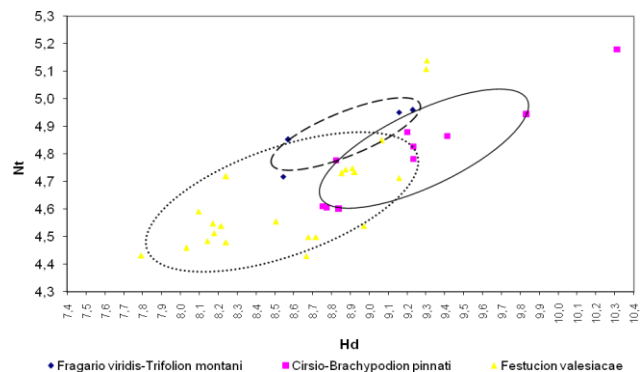


Рис. 2. Залежність між вологістю ґрунту (Hd) та вмістом мінерального азоту (Nt)
Fig. 2. Dependence between soil moisture (Hd) and the content of mineral nitrogen (Nt)

Виявлено пряму лінійну залежність між кислотністю ґрунту (Rc) та вмістом карбонатів у ґрунті (Ca) (рис. 3). Встановлено, що екологічне поле союзу *Fragario viridis-Trifolium montani* знаходиться в межах двох інших союзів і є найвужчим. Між трофністю ґрунту (Tr) та вмістом карбонатів у ґрунті (Ca) пряма лінійна залежність для союзів *Cirsio-Brachypodium pinnati* та *Festucion valesiacaе*, а угруповання союзу *Fragario viridis-Trifolium montani* проявляють обернену лінійну залежність, що пояснюється їх зростанням за межами основного ареалу.

Пряму лінійну залежність встановлено також між вологістю ґрунту (Hd) та омброрежимом (Om) (рис. 4). Найбільш вологі умови місцезростання та найвищі показники омброрежиму характерні для угруповань союзу *Cirsio-Brachypodium pinnati*. Серед кліматичних факторів пряму лінійну залежність встановлено між кріорежимом (Cr) та континентальністю клімату (Kn), однак угруповання союзу *Cirsio-Brachypodium pinnati* такою залежності не проявляють, оскільки належать до екстраординальних угруповань.

Між більшістю екологічних факторів встановлено обернену лінійну залежність. Зокрема, між вологістю ґрунту (Hd) та вмістом карбонатів у ґрунті (Ca) (рис. 5). Екологічні поля союзів *Festucion valesiacaе* та *Cirsio-Brachypodium pinnati* незначно перекриваються, водночас з тим екологічне поле союзу *Fragario viridis-Trifolium montani* не має чітко відокремленого простору від двох попередніх союзів. Аналогічна ситуація спостерігається і на ординаційній матриці між вологістю ґрунту (Hd) та кислотністю ґрунту (Rc), а також між кислотністю ґрунту (Rc) та вмістом мінерального азоту (Nt).

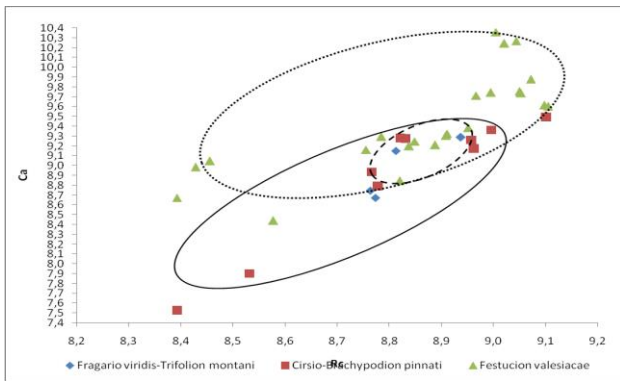


Рис. 3. Залежність між кислотністю ґрунту (R_c) та вмістом карбонатів у ґрунті (Ca)

Fig. 3. Dependence between soil acidity (R_c) and carbonate content in the soil (Ca)

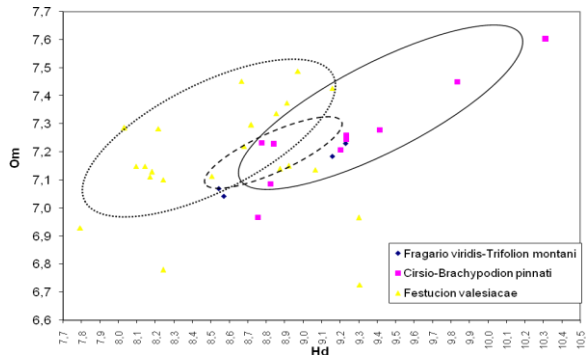


Рис. 4. Залежність між вологістю ґрунту (H_d) та омброрезжимом (Om)

Fig. 4. Dependence between soil moisture (H_d) and ombrorezhymom (Om)

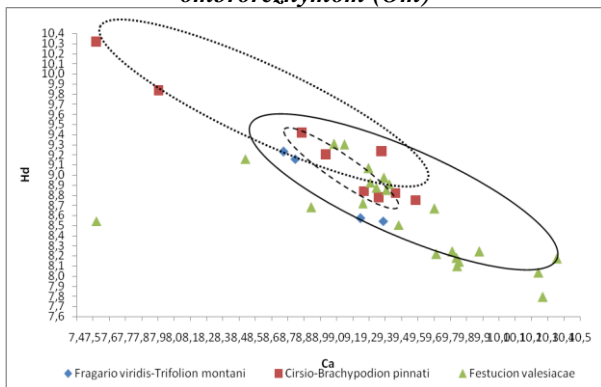


Рис. 5. Залежність між вологістю ґрунту (H_d) та вмістом карбонатів у ґрунті (Ca)

Fig. 5. Dependence between soil moisture (H_d) and carbonate content in the soil (Ca)

Обернену лінійну залежність встановлено між вмістом карбонатів у ґрунті (Ca) та вмістом мінерального азоту (Nt). На рис. 6 видно, що хоча екологічні амплітуди всіх союзів перекриваються, кожен із них має свою специфіку, аналогічна ситуація спостерігається також на матриці між вологістю ґрунту (H_d) та континентальністю клімату (Kn).

Між континентальністю клімату (Kn) та вмістом мінерального азоту (Nt) встановлено обернену лінійну залежність, на рис. 7 видно, що угруповання союзу *Fragario viridis-Trifolion montani* мають чітко

відокремлену амплітуду і не перекриваються з двома іншими союзами. Обернену лінійну залежність встановлено також між трофністю ґрунту (Tr) та вологістю ґрунту (H_d) для союзів *Festucion valesiacae* та *Cirsio-Brachypodion pinnati*, однак для угруповань союзу *Fragario viridis-Trifolion montani* виявлена пряма лінійна залежність.

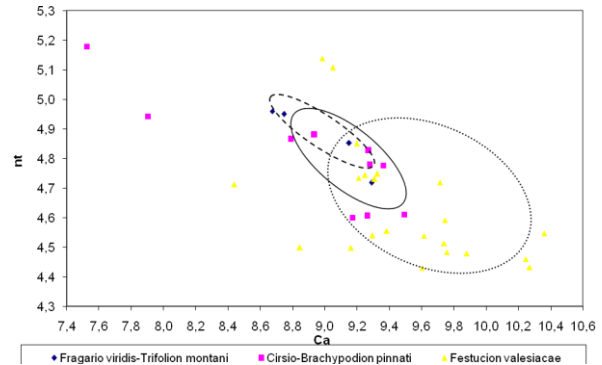


Рис. 6. Залежність між вмістом карбонатів у ґрунті (Ca) та вмістом мінерального азоту (Nt)

Fig. 6. Dependence between content of carbonates in the soil (Ca) and the content of mineral nitrogen (Nt)

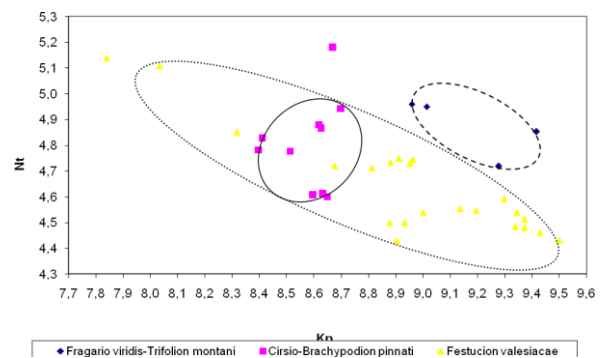


Рис. 7. Залежність між континентальністю клімату (Kn) та вмістом мінерального азоту (Nt)

Fig. 7. Dependence between continental climate (Kn) and the content of mineral nitrogen (Nt)

Таким чином, на основі результатів, отриманих внаслідок застосування методики фітоіндикації та ординаційного аналізу встановлено, що провідними чинниками формування степів є гідрорезжим та вміст карбонатів у ґрунті, які зумовлюють особливості степових ґрунтів (кислотність, трофність, вміст азоту тощо). Підтверджено наявність кореляції між едафічними та кліматичними факторами. Показано, що ранг союзу виступає тією синтаксономічною категорією, яка відображає специфіку екосистеми за комплексом екологічних факторів.

Список літератури

1. Абдулоєва О.С. Еколого-ценотична характеристика ксерофітної трав'янистої рослинності Західного Лісостепу (Україна) // Автореф. дис. ... канд. біол. наук. – К., 2003. – 20 с.
2. Абдулоєва О.С., Дідух Я.П. Лучно-степова рослинність еродованих схилів Придністров'я (національний природний парк "Подільські Товтри") в аспекті її охорони //

- Укр. фітоцен. зб. – К., 1999. – Сер. А., вип. 3 (14). – С. 10-36.
3. Андрієнко Т.Л. Еколого-ценотичні особливості заростання пісків Українського Полісся // Укр. ботан. журн. – 1994. – 51, №4. – С.34-38.
 4. Андрощук О.Ф. Актуальні питання охорони фітогенонду // Укр. ботан. журн. – 1986. – 43, №2. – С. 75-82.
 5. Білик Г.І. та ін. Геоботанічне районування Української РСР. – К.: Наук. думка, 1977. – 303 с.
 6. Брадів С.М., Андрієнко Т.М. Поліська підпровінція // Геоботанічне районування Української РСР. – К.: Наук., думка, 1977. – С. 73-136.
 7. Дідух Я.П., Контар І.С. Синтаксономія рослинності відслонень кристалічних порід Лісової зони України. I. Клас *Asplenieta trichomanes* та *Sedo-Scleranthetea* // Укр. фітоцен. зб. – Сер. А. – 1998. – Вип. 2(11). – С. 62-90.
 8. Дідух Я.П., Коротченко І.А. Класифікація степової рослинності Покуття // Укр. фітоцен. зб. – К., 2000. – Сер. А. – Вип. 1 (16) – С. 3-15.
 9. Дідух Я.П., Коротченко І.А. Ксеротермна рослинність північно-західного Поділля // Вісник Львівського університету. Сер. Біологія. – 2003. – В. 34. – С. 82-91.
 10. Дідух Я.П., Коротченко І.А. Степова рослинність південної частини Лівобережного Лісостепу України. I. Класи *Festucetea vaginatae Helianthemo-Thymetea* // Укр. фітоцен. зб. – К., 1996. – Сер. А. – Вип. 2. – С. 56-63.
 11. Дідух Я.П., Плюта П.Г. Фітоіндикація екологічних факторів. – К.: Ін-т ботаніки ім. М.Г. Холодного, 1994. – 280 с.
 12. Жижин Н.Б. Охрана раритетных видов флоры при рекреационном использовании территорий УССР // Ботанические исследования по Украине. Доклады УБО (АН УССР, Ин-т ботаники им. Н.Г. Холодного. - К.: Наук. думка, 1990.-С. 31-33.
 13. Коротченко І.А. Степова рослинність південної частини Національного природного парку «Подільські Товтри» // Науковий вісник Чернівецького університету.- 2004.- Випуск 223, Біологія.- С.197-221;
 14. Коротченко І.А., Дідух Я., П. Степова рослинність південної частини Лівобережного Лісостепу України. II. Клас *Festuco-Brometea* // Укр. фітоцен. зб.– 1997.– Сер.А, вип.1(6)– С.20-39;
 15. Коротченко І.А., Фіцайло Т.В. Степова рослинність Київського плато // Наукові записки Києво-Могилянської академії.- 2003.- Т.21. Біологія та екологія.- С.20-35;
 16. Куковица Г.С., Мовчан Я.І., Соломаха В.А., Шеляг-Сосонко Ю.Р. Новый синтаксон *Poaetum versicoloris* ass. nova степів Західного Поділля // Укр. ботан. журн. – 1992. – 49, № 1 – С. 22-26.
 17. Куковица Г.С., Шеляг-Сосонко Ю.Р. Флористическая классификация западных степей Украины // Флористические критерии при классификации растительности. – Уфа, 1981. – С. 90-91.
 18. Куковица Г.С. Реліктова формація вівсюнця пустельного на Поділлі. // Укр. ботан. журн. -1971 №6. - С. 772-773.
 19. Куковица Г.С., Мовчан Я.І., Соломаха В.А., Шеляг-Сосонко Ю.Р. Синтаксономія лучних степів Західного Поділля // Укр. ботан. журн. – 1994. – 51, № 2-3 – С. 35-48.
 20. Лавренко Е.М. История флоры и растительности СССР по данным современного распространения растений // Растительность СССР. Т.1. – М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1938. – С. 265-296.
 21. Малиновський К.А. Рациональне використання, охорона і збагачення флори західних областей УРСР// Охорона природи західних областей України Матеріали між обл. конф-ії: Львів, 1966. - С. 21-30.
 22. Мартыненко В.Б., Миркин Б.М., Наумова Л.Г. Эко-тонный эффект: отражение в синтаксономии (на примере лесов южного Урала) // Материалы Всероссийской конференции «Природная и антропогенная динамика природных экосистем» (Иркутск, 11-15 октября 2005).– Иркутск: Изд-во Иркутского политех.ун-та, 2005.– С.20-22
 23. Солодкова Т.І., Байрова Р.С., Засць З.С., Мовчан Я.І., Сендик Н.О., Соломаха В.А., Шеляг-Сосонко Ю.Р. Флористична класифікація степової рослинності Буковинського Придністров'я // Укр. ботан. журн. – 1986. – 43, № 1. – С. 28–34.
 24. Соломаха В.А. Синтаксони рослинності України за методом Браун-Бланке та їх особливості. – К.: Вид-во Київськ. ун-ту, 1995. – 116 с.
 25. Соломаха В.А. Синтаксономія рослинності України // Укр. фітоцен. зб.– 1996.– Сер.А, вип.4(5)– 120с.
 26. Ткаченко В.С., Прядко О.І. Фітоценотична репрезентативність степової рослинності в мережі природно-заповідних територій України// Укр. ботан. журн. – 1990. – 47, №3. – С. 79-81
 27. Matuszkiewicz W. Przewodnik do oznaczania zbiorowisk roślinnych Polski.– Warszawa: Wydawnictwo naukowe PWN, 2001.– 537s.;
 28. Moravec J. a kol. Roslinna společenstva České republiky a jejich ochrozeni. 2 vydání.– ČR: Okresni vlastivědné muzeum, 1995.– 206s.

ГЕОБОТАНИЧНЕ ОПИСАВАННЯ РОСЛИННОСТІ ПРИРОДНОГО ЗАХИЩЕНОГО ТЕРИТОРІАЛЬНОГО РЕЗЕРВУ «СТЕП МАСОК»

V.V.Budzhak¹, I.A.Korotchenko², A.I.Tokaryuk¹, I.I.Chorney¹

The tract "Step Masok" is located on the outskirts of the village of Ait Horodenkivsky district of Ivano-Frankivsk region where the protected area of 10.0 hectares fragments Transnistrian steppes. Steppe vegetation tracts presented 6 class associations *Festuco-Brometea Br.-Bl. et R.Tx. 1943* is presented here order *Festucetalia valesiacae Br.-Bl. et R.Tx. 1943* (Union *Cirsio-Brachypodium pinnati Hadač et Klika em Krausch 1944 1961* Union *Fragario viridis-Trifolium montani Korotchenko, Didukh, 1997*; Union *Festucion valesiacae Klika 1931*). The greatest diversity (3 and 1 subasotsiatsiya associations) are characterized union grouping *Festucion valesiacae*, due to significant anthropogenic transformovanisty stud-Jen region. The smallest variety coenotic (1 association) characterized union grouping *Fragario viridis-Trifolium montani*, because they are investigated territory on the border area

Based on 36 geobotanical descriptions of the study area, identified the ten leading indicators of environmental factors using the method phytoindication. For the "Steppe Masok" indicators of environmental factors have a narrow amplitude. The most varied content of calcium carbonate in the soil: the ratio of the actual amplitude content of carbonates in the soil to the maximum possible in nature is 24.9%. Consequently, the content of carbonates in the soil plays a leading role in the formation of various groupings of steppe vegetation for this area.

Keywords: Tract "Step Masok" steppe vegetation, class *Festuco-Brometea Br.-Bl. et R.Tx. 1943* environmental factors phytoindication.

РЕЗУЛЬТАТИ ІНТРОДУКЦІЇ СХІДНОАЗІАТСЬКИХ ДЕРЕВ'ЯНИСТИХ ЛІАН НА БУКОВИНІ

С. Г. Літвіненко

Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича, вул. Федьковича, 11, м. Чернівці
e-mail: litvinensv@gmail.com

Проаналізовано особливості сезонного ритму розвитку, тривалість цвітіння, рясність цвітіння та плодоношення 19 видів дерев'янистих ліан – представників Далекого Сходу, Китаю, Кореї, Монголії, які зростають у колекції ботанічного саду Чернівецького національного університету. З них цвітуть 18 видів, плодоносять – 16. Тривалість цвітіння коливається від 8 до 34 діб. Рясним цвітінням відзначаються 9 видів, рясним плодоношенням – 8. За комплексом морфологічних ознак високою декоративністю характеризуються 6 видів, достатньою декоративністю – 11 видів, середньою – 2 види. За переважаючими декоративними якостями, гарноквітучими є 2 види, декоративнолистяними – 10, декоративними плодами відзначаються 6 видів.

Ключові слова: східноазіатські дерев'янисті ліани, успішність інтродукції, декоративні особливості, Буковина.

Вступ. Однією з актуальних проблем поліпшення стану міського середовища є збагачення рослинного різноманіття та впровадження в озеленення високодекоративних, стійких до комплексу урбогенних факторів та цінних у меліоративному відношенні видів рослин. Особливе місце серед рослин, які використовуються в ландшафтному озелененні, займають дерев'янисті ліани. Вони є тим живим матеріалом, з допомогою якого можна задекорувати стіни будинків, паркани, альтанки, або ж помістити на спеціально влаштованих опорах. Ліани суттєво поліпшують мікроклімат приміщень, особливо улітку; очищують повітря, значно підвищують естетичний вигляд декорованих ними споруд [1-3]. Проте, незважаючи на цінні якості, виткі деревні рослини використовуються в озелененні досить обмежено. У зв'язку з цим дослідження біологічних особливостей ліан в умовах інтродукції, оцінка їх перспективності та декоративних якостей, на наш погляд, розширить асортимент дерев'янистих ліан, придатних для ландшафтного озеленення.

Об'єкт та методи. Об'єктами досліджень були 19 видів витких деревних рослин – представників Далекого Сходу, Китаю, Кореї, Монголії, які відносяться до 8 родин. Досліджувані види зростають у дендрарію ботанічного саду Чернівецького національного університету (ЧНУ) і представлені 1-4 екземплярами. Їх вік коливається від 11 до 136 років (табл. 1).

Спостереження за сезонним ритмом розвитку проводили за уніфікованою методикою [6]. Рясність цвітіння та плодоношення оцінювали візуально за 6-бальною шкалою В. Г. Каппера [4], зимостійкість – за шкалою, запропонованою П. І. Лапіним та С. В. Сідневою [5]. Декоративність визначали за шкалою комплексної оцінки деко-

ративних ознак дерев'янистих ліан, запропонованою О. М. Багацькою [1].

Результати та їх обговорення. Ритм розвитку рослин, як ознака відповідності певним природно-кліматичним умовам, відіграє вирішальну роль при їх адаптації до нових місцезростань. Найраніше із досліджуваних ліан починають вегетацію *Akebia quinata*, *Clematis serratifolia*, *Schizandra chinensis*, масове набухання бруньок у яких спостерігається в першій-другій декадах березня. Найпізніше (у другій-третьій декадах квітня) вступають у вегетацію *Ampelopsis japonica*, *A. aconitifolia*. Вегетація інших видів східноазіатських ліан починається в період з другої-третьої декади березня по першу декаду квітня.

Дерев'янисті ліани характеризуються наявністю трьох типів пагонів: вкорочених, змішаних та ростових. Початок росту пагонів у більшості досліджуваних видів припадає на другу декаду квітня, а у видів, які найраніше вступають у період вегетації, ріст пагонів починається вже з другої декади березня. Закінчення росту і повне здерев'яніння спостерігаються лише у вкорочених пагонів; при цьому повне здерев'яніння таких пагонів відмічене у третій декаді липня-серпні. Ростові пагони досліджуваних ліан в умовах Буковини не встигають завершити ріст до приморозків, і здерев'яніння їх неповне (на 70-80 % довжини пагонів). Тому усі досліджувані ліани в умовах Буковини підмерзають; при цьому зимостійкість 7 видів оцінено балом I-II, 5 видів – балом II, 7 видів – балом II-III.

Цвітіння та плодоношення – найважливіші показники адаптованості виду до нових еколого-кліматичних умов.

Із 19 досліджуваних видів цвітуть 18, плодоносять – 16 (табл. 1). Найраніше (у першій половині

травня) зацвітають *Akebia quinata*, *Schizandra chinensis*, *Wisteria floribunda*, *W. sinensis*; у другій-третьій декаді травня цвітуть *Actinidia kolomikta*, *A. callosa*, *Vitis amurensis*. У червні зацвітають *Actinidia arguta*, *Ampelopsis heterophylla*, *Menispermum dahuricum*; у липні – *Ampelopsis aconitifolia*, *A. brevipedunculata*, *A. japonica*, *A. tricuspidata*. Найпізніше зацвітають *Clematis heracleifolia* (у

третьій декаді серпня) та *Clematis serratifolia* (у першій декаді вересня). Тривалість цвітіння досліджуваних видів коливається від 8 до 34 діб. 9 видів східноазіатських дерев'янистих ліан в умовах Буковини цвіте рясно (4-5 балів); слабким цвітінням (1-2 бали) характеризуються *Ampelopsis aconitifolia* та *V. coignetiae*.

Табл. 1
Характеристика східноазіатських дерев'янистих ліан колекції ботанічного саду Чернівецького національного університету

Родина	Вид	Рік інтродукції	Кількість екземплярів	Стадія онтогенезу*
<i>Lardizabalaceae</i>	<i>Akebia quinata</i> Dcne.	1950	1	цв.
<i>Actinidiaceae</i>	<i>Actinidia arguta</i> Planch.	1877	2	пл.
	<i>A. callosa</i> Lindl.	1977	1	пл.
	<i>A. kolomikta</i> Maxim.	1974	3	пл.
	<i>A. purpurea</i> Rehd.	1977	1	вег.
<i>Celastraceae</i>	<i>Celastrus flagellaris</i> Rupr.	1920	2	пл.
<i>Ranunculaceae</i>	<i>Clematis heracleifolia</i> DC.	2002	2	пл.
	<i>C. serratifolia</i> Rehd.	невідомий	2	пл.
<i>Menispermaceae</i>	<i>Menispermum dahuricum</i> L.	1951	2	пл.
<i>Fabaceae</i>	<i>Wisteria floribunda</i> DC.	1995	2	пл.
	<i>W. sinensis</i> Sweet.	1877	2	пл.
<i>Schizandraceae</i>	<i>Schizandra chinensis</i> Baill.	1951	4	пл.
<i>Vitaceae</i>	<i>Ampelopsis aconitifolia</i> Bge.	1973	1	пл.
	<i>A. brevipedunculata</i> Trautv.	1978	1	пл.
	<i>A. heterophylla</i> Sieb. et Zucc.	1978	1	пл.
	<i>A. japonica</i> Makino	1978	1	пл.
	<i>Parthenocissus tricuspidata</i> Planch.	1915	3	пл.
	<i>Vitis amurensis</i> Rupr.	1952	1	пл.
	<i>V. coignetiae</i> Pull. ex Planch.	1950	1	цв.

Примітка: вег. – вегетація без генеративного розвитку, цв. – лише цвіте, пл. – плодоносить в умовах Буковини.

Період дозрівання плодів у досліджуваних ліан триває з третьої декади серпня (*Actinidia kolomikta*) до кінця жовтня (*Actinidia callosa*, *menispermum dahuricum*, *Ampelopsis japonica*) – другої декади листопаду (*Ampelopsis aconitifolia*, *A. brevipedunculata*, *Parthenocissus tricuspidata*, *Clematis heracleifolia*, *C. serratifolia*). Рясне плодоношення (4 бали) спостерігали у 8 видів. Слабо плодоносять *Actinidia kolomikta*, *Menispermum dahuricum*, *Wisteria sinensis*. Відсутнє плодоношення у *Akebia quinata*, хоча рясність її цвітіння – 3-4 бали, та у *Vitis coignetiae*, який відрізняється дуже слабким цвітінням (табл. 2). Усі рослини, які плодоносять, утворюють цілком життєздатне насіння, а отже, потенційно здатні до насінневого розмноження.

Закінчення вегетації у більшості видів спостерігається в жовтні. Найпершим (у третій декаді вересня) закінчує вегетацію *Vitis amurensis*, останніми (у першій-другій декадах листопаду) – *Parthenocissus tricuspidata* та *Wisteria sinensis*.

При розробці рекомендацій до використання рослин у ландшафтному озелененні першочерго-

ве значення має декоративність рослин [1]. Загальну декоративність східноазіатських дерев'янистих ліан оцінювали за комплексом морфологічних ознак та деякими показниками їх розвитку (табл. 3). Установлено, що високою декоративністю за комплексом ознак (41-43 бали) відзначаються *Actinidia arguta*, *A. callosa*, *A. kolomikta*, *Vitis amurensis*, *Wisteria floribunda* та *W. sinensis*. Серед них види роду *Actinidia* та *Vitis amurensis* отримали високий бал декоративності за морфологічні ознаки листків та архітектоніку крони, а види роду *Wisteria* – за тривалість цвітіння та морфологічні ознаки квіток і плодів.

Достатньою декоративністю (34-40 балів) володіють 11 видів. Серед них декоративними якостями листків і крони володіють *Parthenocissus tricuspidata*, *Menispermum dahuricum*, *Vitis coignetiae*, види роду *Ampelopsis*. Крім того, декоративними ознаками листків і плодів під час їх дозрівання характеризуються *Schizandra chinensis*, *Celastrus flagellaris*, види роду *Ampelopsis*; а під час цвітіння та плодоношення особливої декоративності набуває *Clematis serratifolia*.

Табл. 2
Показники адаптованості східноазіатських дерев'янистих ліан в умовах Буковини

Tab. 2.
Indicators of adaptation of Eastern-Asiatic woody vines in Bukovina

Вид	Зимостійкість, бал (I-VII)	Цвітіння		Рясність плодоношення, бал (0-5)
		прива-лість, діб	рясність, бал (0-5)	
<i>Akebia quinata</i>	II	24	3-4	0
<i>Actinidia arguta</i>	I-II	20	4-5	4
<i>A. callosa</i>	I-II	25	2	2
<i>A. kolomikta</i>	I-II	12	3	2
<i>A. purpurea</i>	I-II	-	0	0
<i>Ampelopsis aconitifolia</i>	II-III	16	1-2	1
<i>A. brevipedunculata</i>	II-III	24	4-5	4
<i>A. heterophylla</i>	II	25	4-5	4
<i>A. japonica</i>	II-III	13	3-4	3
<i>Celastrus flagellaris</i>	I-II	14	4-5	4
<i>Clematis heracleifolia</i>	II-III	34	3	1-2
<i>C. serratifolia</i>	I-II	22	5	4-5
<i>Menispermum dahuricum</i>	II-III	28	4-5	2
<i>Parthenocissus tricuspidata</i>	II	9	4-5	4
<i>Schizandra chinensis</i>	I-II	10	4	2-3
<i>Vitis amurensis</i>	II	8	4-5	4
<i>V. coignetiae</i>	II	10	1	0
<i>Wisteria floribunda</i>	II-III	27	4	3-4
<i>W. sinensis</i>	II-III	25	4	2

Табл. 3
Комплексна оцінка декоративності східноазіатських дерев'янистих ліан колекції ботанічного саду ЧНУ

Tab. 3.
Complex estimation of decorative effect of Eastern-Asiatic woody vines of Chernivtsy National University Botanical Garden's collection

Вид	Декоративність окремих ознак														Загальна декоративність виду
	Архітек-тоніка стовбура			архітектоніка крони			листки			квітки		плоди			
	форма	колір і фактура кори	колір гілок	щільність крони	сила росту	спосіб кріплення до опори	форма та розмір	час покриття рослини	колір	форма, величина, колір	аромат	час і тривалість цвітіння	форма і величина	колір, рясність, тривалість плодоношення	
<i>Akebia quinata</i>	4	2	2	3	1	5	2	4	4	3	2	3	0	0	35
<i>Actinidia arguta</i>	5	3	3	5	3	5	2	2	2	2	3	3	2	2	42
<i>A. callosa</i>	5	3	3	5	3	5	2	2	2	2	3	2	2	2	42
<i>A. kolomikta</i>	5	3	3	5	3	5	2	2	3	2	3	2	2	2	42
<i>A. purpurea</i>	5	3	3	5	3	5	2	2	2	0	0	0	0	0	30
<i>Ampelopsis aconitifolia</i>	5	2	3	4	3	4	3	2	2	1	2	2	2	2	37
<i>A. brevipedunculata</i>	5	2	3	4	3	4	3	3	2	1	2	3	2	2	39
<i>A. heterophylla</i>	5	2	3	4	3	4	3	2	2	1	2	3	2	3	39
<i>A. japonica</i>	5	2	3	3	3	4	3	3	2	1	2	2	2	3	38
<i>Celastrus flagellaris</i>	5	3	3	4	3	1	2	2	2	2	1	2	1	3	34
<i>Clematis heracleifolia</i>	4	2	3	3	1	1	2	1	2	3	2	3	1	1	29
<i>C. serratifolia</i>	5	2	3	4	3	2	2	3	2	2	2	3	2	3	38
<i>Menispermum dahuricum</i>	4	3	2	5	2	5	3	2	2	2	2	3	2	3	40
<i>Parthenocissus tricuspidata</i>	5	3	3	5	3	4	3	2	3	1	1	1	2	3	39
<i>Schizandra chinensis</i>	4	3	3	4	2	1	2	2	2	2	3	2	3	3	36
<i>Vitis amurensis</i>	5	3	3	5	3	4	3	2	2	2	2	1	3	3	41
<i>V. coignetiae</i>	5	2	3	4	3	4	3	2	2	2	2	2	0	0	34
<i>Wisteria floribunda</i>	4	2	3	4	3	5	3	2	2	3	3	3	3	2	43
<i>W. sinensis</i>	4	2	3	4	3	5	3	2	2	3	3	3	3	2	43

Середньою декоративністю володіють *Actinidia purpurea* (характеризується відсутністю плодоношення в умовах Буковини) та *Clematis heracleifolia* (табл. 3).

Таким чином, досліджувані східноазіатські дерев'янисті ліани успішно адаптувались до умов Буковини, про що свідчать вчасне завершення ними періоду вегетації, цвітіння та плодоношення переважної більшості видів. Відповідно до проведеної оцінки декоративності, східноазіатські ліани колекції ботанічного саду ЧНУ придатні для використання в зеленому будівництві як високодекоративні та достатньо декоративні види. За переважаючими декоративними якостями серед них можна виділити гарноквітучі (*Wisteria floribunda*, *W. sinensis*), декоративнолистяні (*Actinidia arguta*, *A. callosa*, *A. kolomikta*, *A. purpurea*, *Menispermum dahuricum*, *Parthenocissus tricuspidata*, види роду *Ampelopsis*), ліани, декоративні і листками, і квітками (*Akebia quinata*, *Clematis heracleifolia*) та ліани, декоративні плодами і забарвленням листків восени (*Celas-*

trus flagellaris, *Schizandra chinensis* та види роду *Ampelopsis*).

Список літератури

1. Багацька О.М. Оцінка декоративності інтродукованих видів дерев'янистих ліан у м. Києві // Наук. вісник Нац. ун-ту біоресурсів і природокористування України. Сер.: Лісівництво та декоративне садівництво. – Вип. 164. – 2011. – С. 275-279.
2. Дойко Н.М. Використання деревних ліан у ландшафтах дендрологічного парку «Олександрія» НАН України // Науковий вісник. – Львів, 2001. – Вип. 11.5. – С. 95-98.
3. Дойко Н.М. Деревні ліани в озелененні міста біля Церкви // Вісник КНУ. Сер. Біологія. – 2000. – Вип. 30. – С. 20-21.
4. Корчагин А.А. Методы учета семеношения древесных пород и лесных сообществ // Полевая геоботаника. – М. –Л., 1966. – Т. 2. – С. 41-133.
5. Лапин П.И., Сиднева С.В. Оценка перспективности древесных растений по данным визуальных наблюдений // Опыт интродукции древесных растений. – М.: ГБС АН СССР, 1973. – С. 7-67.
6. Методика фенологических наблюдений в ботанических садах СССР. – М., 1975. – 23 с.

RESULTS OF INTRODUCTION OF EASTERN-ASIATIC WOODY VINES IN BUKOVYNA

S. G. Litvinenko

Chernivtsi National University, Fekovich str., 11, Chernivtsi
e-mail: litvinensv@gmail.com

The features of the seasonal rhythm, duration of flowering, abundance of flowering and fruiting of 19 species of woody vines – representatives of the Far East, China, Korea, Mongolia, which are growing in collection of Chernivtsi National University Botanical Gardens have been analyzed. The earliest (in the first-second decades of March) start to the growing season typical for *Akebia quinata*, *Clematis serratifolia*, *Schizandra chinensis*; the latest (in the second half of April) – for *Ampelopsis japonica* and *A. aconitifolia*. 18 of investigated species are blooming and 16 are fruiting. Flowering period varies from 8 to 34 days. Abundant flowering observed for 9 species, abundant fruiting – for 8. For complex morphological features, 6 species of woody vines characterized by high decorative effect, sufficient 11 species – by decorative effect and 2 species – by average decorative effect. According to the prevailing decorative qualities, 2 species are most decorative in flowering, 10 species are most decorative for their leaves and 6 species are most decorative in fructification period/

Keywords: Eastern-Asian woody vines, successful of introduction, decorative features, Bukovina.

ХОРОЛОГІЧНІ ТА ЕКОЛОГО-ЦЕНОТИЧНІ ОСОБЛИВОСТІ *GALATELLA PUNCTATA* (WALDST. & KIT.) NEES (*ASTERACEAE* DUMORT.) У ЧЕРНІВЕЦЬКІЙ ОБЛАСТІ

А. І. ТОКАРЮК, О. Д. ВОЛУЦА

Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича,
кафедра ботаніки та охорони природи
вул. Федьковича, 11, м. Чернівці, 58022,
e-mail: volutsa@list.ru

Представлено результати вивчення хорологічних та еколого-ценотичних особливостей популяцій *Galatella punctata* (Waldst. & Kit.) Nees у Чернівецькій області. Складено карту поширення регіонально рідкісного виду та наведено соцологічну значущість виявлених лучних комплексів. Стан популяції *G. punctata* є задовільний, оскільки у виявлених місцезростаннях через господарське та пасквальне навантаження спостерігається зменшення чисельності та площі популяції виду, що вимагає розробки відповідних заходів охорони. Неодмінним є включення *G. punctata* у перелік видів, що потребують моніторингових популяційних досліджень з метою з'ясування динаміки популяції в існуючих умовах або прогнозу можливостей розвитку в умовах охоронного режиму.

Ключові слова: *Galatella punctata*, регіонально-рідкісний вид, поширення, еколого-ценотична приуроченість, Чернівецька область.

У 1999 р. виходить друком регіональне соцологічне зведення «Судинні рослини флори Чернівецької області, які підлягають охороні...», де автори вказують на необхідність включення *Galatella punctata* (Waldst. & Kit.) Nees до переліку видів, що потребують охорони на регіональному рівні. Аналіз літературних джерел стосовно цього виду показав, що фактично після праць румунських дослідників, опублікованих у середині 30-х років минулого століття (Тора, 1934; Guşuleac, 1934), жодної публікації, яка б безпосередньо або побіжно була присвячена *G. punctata*, не з'явилося. Цим повідомленням ми узагальнюємо існуючу на сьогодні фрагментарну інформацію щодо хорологічних, еколого-ценотичних особливостей *G. punctata*, що сподіваємося спростить подальше вивчення виду на популяційному рівні та обґрунтування практичних заходів щодо його збереження.

G. punctata (*Aster punctatus* Waldst. & Kit., *A. sedifolius* L., *A. sedifolius* L. subsp. *sedifolius*) – європейський вид, ареал якого охоплює Угорщину (Цвелев, 1994), Словаччину (Grulich, Feráková, 1999), Румунію (Mogaŕiu, Nyárády, 1964; Ciocârlan, 2009), Молдову (Гейдеман, 1975; Pânzaru, Negru, Izverschi, 2002), Причорномор'я та Бессарабію (Доброчаєва, 1962; Цвелев, 1994). Для України цей вид наводиться тільки з Південного Заходу (Миколаївська обл.) (Доброчаєва, 1987).

Як було зауважено вище, у 1934 р. видається праця румунського дослідника Е. Цопи (Тора,

1934), в якій автор для долини р. Прут по лінії населених пунктів Новоселиця, Маршинці, Тарасівці та Ванчиківці наводить низку галофітів, зазначаючи і *G. punctata*. Одночасно виходить робота М. Гушуляка (Guşuleac, 1934), у якій вид вказується для околиць Новоселиці, про що пізніше зазначає Р. Березовська (Березовская, 1960).

На підставі опрацювання матеріалів Гербарію Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича (CHER), літературних джерел і результатів власних польових досліджень установлено, що у Чернівецькій області на сьогодні вид відомий з таких місцезнаходжень:

Новоселицький р-н:

- 1) м. Новоселиця, 24.08.1934, Е. Тора (CHER); (Тора, 1934; Guşuleac, 1934; Березовська, 1960);
- 2) с. Ванчиківці, хутір Ванчинець, сінокісні луки вздовж залізничної колії, 27.08.2009, А. Токарюк, О. Волюца, С. Ткачук (CHER); луки вздовж гравійної дороги до ферми, 07.09.2009, А. Токарюк, О. Волюца, О. Дісар (CHER); (Guşuleac, 1934);
- 3) с. Тарасівці, 06.09.1936, Е. Тора (CHER); між с. Маршинці та с. Тарасівці, сухі луки на схилі, 09.09.2009, І. Чорней, В. Буджак, А. Токарюк, О. Волюца, О. Дісар (CHER); (Guşuleac, 1934);

Хотинський р-н:

- 4) с. Колінківці, ур. «Речь», 24.08.1934, Е. Тора (CHER)..

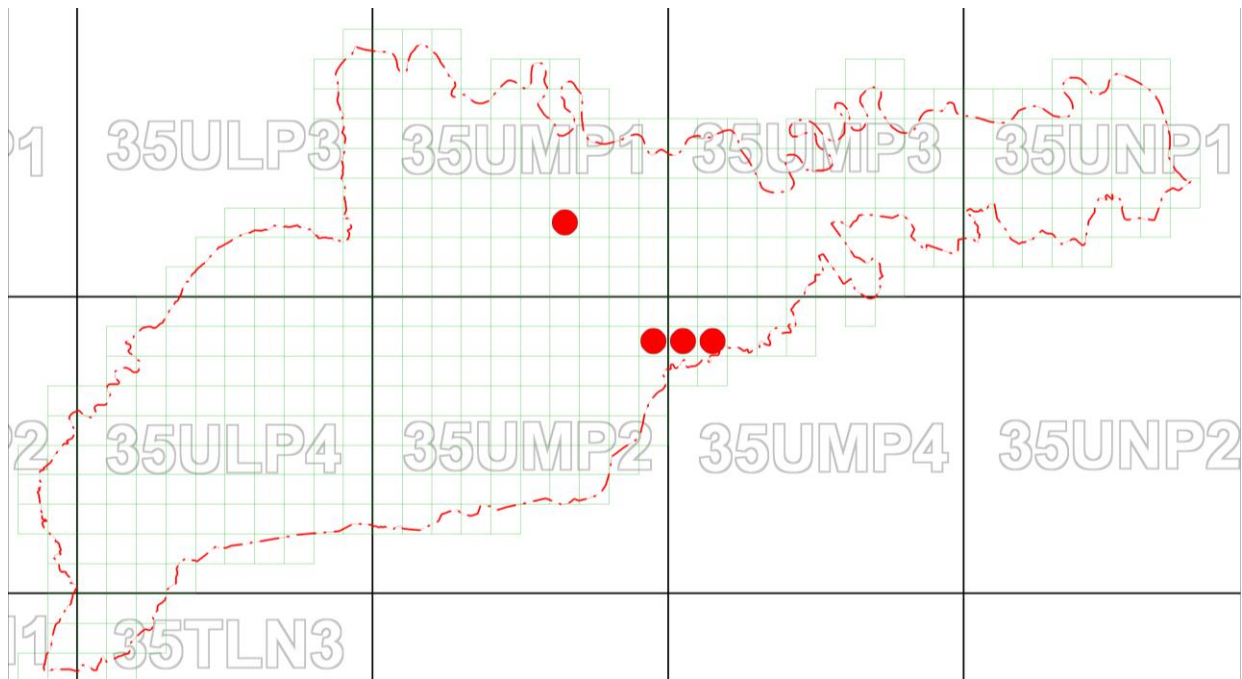


Рис. Поширення *Galatella punctata* (Waldst. & Kit.) Nees у Чернівецькій області

Fig. 1. Distribution of *Galatella punctata* (Waldst. & Kit.) Nees in Chernivtsy region

Отже, у флорі регіону цей вид трапляється досить рідко, наразі представлений лише двома підтвердженими локалітетами, довгий час був поза увагою буковинських дослідників, тому він безсумнівно заслуговує на статус регіонально рідкісного виду (рис.).

На території України вид трапляється у складі узлісних, степових та чагарникових угруповань (Доброчаєва, 1987). У суміжній Румунії вид росте на вологих, солонуватих луках, біля ланцюгів солонців, серед чагарників та розріджених лісів. Рослина карбонатоб, витримує слабе засолення та підзолисті ґрунти (Morariu, Nyárády, 1964).

У провінції Молдова (Румунія) популяції виду приурочені до деградованих заплавноїх річкових лучних угруповань на алювіальних ґрунтах з близьким заляганням ґрунтових вод асоціації *Rorippo austriacae-Agropyretum repentis* (Тімар 1947) R. Тх. 1950 союзу *Potentillion anserinae* Тх. 1947 порядку *Potentillo-Polygonetalia* Тх. 1947 класу *Molinio-Arrhenatheretea* Тх. 1937. Крім того, у передгірній частині Румунії популяції *G. punctata* виявлені у заплавноїх в'язово-ясеневих лісових угрупованнях на вологих багатих поживними речовинами ґрунтах асоціації *Fraxino pannonici-Ulmetum minoris* Soó in Aszod 1936 сог. Soó 1963, а також у рівнинних, вологих, періодично затоплених лісах Балта-Галац і Бирладула у складі угруповань асоціації *Fraxino pallisae-Quercetum pedunculiflorae* (Popescu et al. 1979) Ad. Oprea 1997 союзу *Alnion incanae* Pawłowski et al. 1928 класу *Quercu-Fagetea* Br.-Bl. et Vlieg. in Vlieg. 1937.

На території Словаччини росте у складі заплавноїх з різко змінним гідрорежимом засоленних лучних угруповань асоціації *Statice gmelinii-Artemisietum monogynae* (Rapaics 1916) Тора 1939 союзу *Festucion pseudovinae* Soó 1933.

У межах регіону *G. punctata* виявлено у складі лучних угруповань, поширених у рельєфних пониженнях між меліоративним каналом та залізничною колією в напрямку Ванчиківці – Тарасівці. У флористичному складі ценозу налічується 45 видів. Загальне проективне покриття травостою сягає 90–100 %, проективне покриття *G. punctata* варіює у межах 2–10 %. У рослинному покриві домінує *Calamagrostis epigeios* (L.) Roth (40–50 %), а біля насипу залізничної колії *Equisetum ramosissimum* Desf. (40–50%), співдомінантами виступають *Galatella linosyris* (L.) Rchb. (15–20 %), *Carex tomentosa* L. (10–15 %), крім того, у складі ценозу росте *Serratula tinctoria* L. (1–2 %), *Filipendula vulgaris* Moench (1–2 %), *Galium verum* L. (1–2 %), *Festuca pratensis* Huds. (1–2 %), *Centaurea jacea* L. (1–2 %), *Allium angulosum* L. (1–2 %), *Artemisia austriaca* Jacq. (3–5 %), *Lythrum virgatum* L. (1–2 %), *Lysimachia nummularia* L. (1–2 %) та *Euphorbia salicifolia* Host (1–2 %). Поодинокі трапляються *Achillea submillefolium* Klokov & Krytzka, *Euphorbia cyparissias* L., *Heracleum sphondylium* L., *Betonica officinalis* L., *Veronica chamaedrys* L., *Asparagus officinalis* L., *Senecio erucifolius* L., *Lathyrus tuberosus* L., *Silene nutans* L., *Juncus effusus* L., *Dianthus membranaceus* Borbás, *Inula salicina* L., *Carex muricata* L., *Vicia*

cracca L., *Lathyrus pratensis* L., *Viola persicifolia* Schreb., *Genista tinctoria* L., *Centaureum erythraea* Rafn., *Ranunculus polyanthemos* L. та *Convolvulus arvensis* L.. З-поміж інших раритетних видів, що досить рідко трапляються у Чернівецькій області, у складі угруповань виявлено *Peucedanum latifolium* DC. (5–7%), поодинокі особини *Limonium gmelinii* (Willd.) (5–7%) О. Kuntze та *Iris brandzae* Prodán (до 1–2%).

Угруповання вирізняються присутністю видів класу *Artemisietea vulgaris* Lohmeyer et al. ex von Rochow 1951 (*Carduus acanthoides* L., *Cirsium vulgare* (Savi) Ten., *Linaria vulgaris* Mill., *Pastinaca sativa* L.), а також видів адвентивних рослин (*Phalacrologium annuum* (L.) Dumort., *Cichorium intybus* L., *Impatiens parviflora* DC.), що спричинено перебуванням ценозів із насипом залізничної колії та є свідченням суттєвого антропогенного навантаження. З метою збереження популяцій *G. punctata* та враховуючи ценотичну і флористичну унікальність лучних комплексів доцільно виявленим оселищам надати природоохоронний статус.

Екологічні характеристики угруповань за участю *G. punctata* отримано методом синфітоіндикації із застосуванням уніфікованих фітоіндикаційних шкал (Дідух, Плюта, 1994). За допомогою програми «ECODID» здійснено розрахунок бальних показників таких едафічних факторів як кислотність (*Rc*), загальний сольовий режим (*Tr*), вміст мінерального азоту (*Nt*), вологість (*Hd*) та вміст карбонатів (*Ca*).

Визначено, що у дослідженому регіоні *G. punctata* за відношенням до кислотного режиму ґрунту є субацидофілом (8,05); за відношенням до узагальненого сольового режиму ґрунту належить до групи семіевтрофів (7,81); за відношенням до вмісту засвоєваних форм азоту вид є гемінітрофілом (5,46); за відношенням до водного режиму ґрунтів – мезофітом (10,36); за відношенням до вмісту карбонатів у ґрунті вид належить до групи акарбонатofilів (6,62).

З групи кліматичних факторів розглядається терморежим – радіаційний баланс (*Tm*), контрасторежим – континентальність клімату (*Kn*) та кріорежим – морозність клімату (*Cr*). За відношенням до термічного режиму клімату *G. punctata* віднесено до групи субмезотермів (8,26); за відношенням до континентальності клімату – геміконтиненталів (8,78); за відношенням до суворості зим цей вид є субкріофітом (7,62). Варто зауважити, що межі толерантності *G. punctata* до провідних екологічних факторів у Чернівецькій області знаходяться в рамках екологічних амплітуд, указаних для України (Didukh, 2011).

Охороняється *G. punctata* у низці європейських країн, у тому числі Словаччині (CR) (Grulich, Feráková, 1999), у Молдові віднесено до переліку раритетних видів (DD), проте не включений до Червоної книги Молдови (Cartea Roşie a Republicii Moldova, 2002), а у Чернівецькій області підлягає регіональній охороні (Офіційні переліки..., 2012).

Підсумовуючи все зазначене вище, ми звертаємо увагу, що стан популяції *G. punctata* є задовільний, оскільки у виявлених місцезростаннях через господарське та пасквальне навантаження спостерігається зменшення чисельності та площі популяції виду, що вимагає розробки відповідних заходів охорони. Отже, неодмінним є включення *G. punctata* у перелік видів, що потребують моніторингових популяційних досліджень з метою з'ясування динаміки популяцій в існуючих умовах або прогнозу можливостей розвитку в умовах охоронного режиму. Зведена хорологічна інформація полегшить вирішення питань щодо охорони регіональних популяцій та реалізації популяційного підходу до оцінки соціологічного статусу виду.

Список літератури

1. Березовская Р.А. Галофильная растительность в Черновицкой области // Науч. ежегодник Черновицкого ун-та за 1958 г. Биол. фак-т. – Черновцы, 1960. – С. 374–376.
2. Гейдеман Т.С. Определитель высших растений Молдавской ССР. – Кишинев: «Штиинца», 1975. – 575 с.
3. Дідух Я.П., Плюта П.Г. Фітоіндикація екологічних факторів. – К.: Наук. думка, 1994. – 280 с.
4. Доброчаева Д.М. Род Солонечник (Солонечник) – *Galatella* Cass. // Определитель высших растений Украины / Отв. ред. Ю.Н. Прокудин. – К.: Наук. думка, 1987. – С. 322.
5. Доброчаева Д.М. Триба 2. *Astereae* Cass. // Флора УРСР, Т. 11. – К.: Вид-во АН УРСР, 1962. – С. 22–77.
6. Офіційні переліки регіонально рідкісних рослин адміністративних територій України (довідкове видання) / Укладачі: докт. біол. наук, проф. Т.Л. Андрієнко, канд. біол. наук М.М. Перегрим. – Київ: Альтерпрес, 2012. – С. 136–139.
7. Судинні рослини флори Чернівецької області, які підлягають охороні: Атлас-довідник / Чорней І.І., Буджак В.В., Термена Б.К. та ін. – Чернівці: Рута, 1999. – 140 с.
8. Цвелев Н.Н. Солонечник – *Galatella* Cass. // Флора Европейской части СССР / Ред. Н.Н. Цвелев. – СПб.: Наука, 1994. – Т. 7. – С. 189–194.
9. Cartea Roşie a Republicii Moldova = The Red Book of the Republic of Moldova. ed. a 2-a. Ch.: Ştiinţa, 2002 (Combinatul poligr.). 1–288.
10. Ciocârlan V. Flora Ilustrată a României: Pteridophyta et Spermatophyta. – Bucureşti: Editura Ceres, 2009. – 1141 p.

11. Didukh Ya.P. The ecological scales for the species of Ukrainian flora and their use in synphytoindication. – Kyiv: Phytosociocentre, 2011. – 176 p.
12. Flora și vegetația Moldovei: România. Vol. 1. Flora / Toader Chifu, Ciprian Mânzu, Oana Zamfirescu – Iași: Editura Universității “Al. I. Cuza”, 2006. 2 vol. – P. 216.
13. Grulich V., Feráková V. *Galatella punctata* (Waldst. et Kit.) Nees / Červená kniha ohrozených a vzácných druhov rastlín a živočíchov SR a ČR. Vol. 5. Vyššie rastliny. Bratislava : Príroda, 1999. – P. 161.
14. Gușuleac M. Urme de vegetație halofilă in Bucovina // Bul. Fac. de Stiințe din Cernăuți. – 1934. – Vol. VII. – P. 329–340.
15. Morariu I., Nyárády E.I. Genul Aster L. / Flora Republicii Populare Romîne. – Vol. IX. – Editura Academiei Republicii Populare Romîne, 1964. – P. 187–212.
16. Pânzaru P.Ia., Negru A.Gr., Izverschi T.D., Taxonarii din flora Republicii Moldova. Colaboratori: A. Istrati, V. Chirtoacă, K. Vitko, Gh. Simonov, V. Canthemir, E. Chiriac, Gh. Gânju, V. Ghendov, V. Baclanov, G. Șabanova. Redactor științific: Gh. Coldea (Cluj-Napoca). Chișinău: 2002. – 82 p.
17. Țopa E. Contribuțiuni la Flora Basarabiei de Nord // Bull. Fac. de Stiințe din Cernăuți. – 1934. – Vol. VII. – P. 321–328.

CHOROLOGICAL, ECOLOGICAL AND COENOTICAL FEATURES OF *GALATELLA PUNCTATA* (WALDST. & KIT.) NEES (*ASTERACEAE* DUMORT.) ON THE TERRITORY OF CHERNIVTSY REGION

Tokaryuk A. I., Volutsa O. D.

The results of research of the chorological and ecology-coenotical peculiarities of the Galatella punctata's (Waldst. & Kit.) Nees population in the Chernivtsy region are given. The map of this regionally rare species' distribution is made and the zoological meaningfulness of found out meadows complexes are given. State of the G. punctata's population is satisfactory, as in found out localities through economic and pasture loading observed diminishing of quantity and area of species population which requires development of the proper measures of guard. It is necessary to include the G. punctata in the list of species which need monitoring populations' researches with a purpose of finding out of populations dynamics in existent terms or prognosis possibilities of development in the conservations mode.

Key words: Galatella punctata, the regionally rare species, distribution, ecology-coenotical belonging, Chernivtsy region.

ОСОБЛИВОСТІ ОКРЕМИХ ПІДХОДІВ ДО ГЕОХІМІЧНОГО АНАЛІЗУ УМОВ ПАЛЕОГРУНТОГЕНЕЗУ

Ю.М. ДМИТРУК

Кафедра ґрунтознавства факультету біології, екології та біотехнології
Чернівецького національного університету ім. Ю.Федьковича
dmytruky@i.ua

Геохімічні показники ґрунтів визначаються складним поєднанням чинників та їхньої часової динаміки. Одним з них можуть бути визначальними на тому чи іншому етапі. Пріоритетними все-таки вважаються окисно-відновні умови. У статті проаналізовано зв'язки між останніми та відношенням Fe/Mn. Встановлено, що в типових розрізах похованих ґрунтів з чергуванням лесових товщ і власне ґрунтів відношення Fe/Mn розширюється у відкладах, порівняно з утвореними на них ґрунтами. Зростання відновних умов особливо характерне для ґрунтів вітачівського часу.

Ключові слова: палеоґрунт, важкі метали, залізо, марганець, окисно-відновні умови, палеоґрунтогенез

Вступ. Ґрунтово-геохімічні особливості екосистем визначаються складним поєднанням і динамікою системи чинників та показників. Окремі з них, за визначального впливу клімату, можуть відігравати протягом деякого часу головну роль. Для вмісту хімічних елементів (мікроелементів, важких металів) першорядними разом із кислотно-основними визнаються окисно-відновні умови (Eh). Індикаторами їхніх змін є комплекс показників: аерація і зволоженість ґрунту, його температура, наявність органіки, мікробіологічна діяльність тощо. Один і той же екоотп протягом часу свого функціонування перебуває як у відновних, так і в окисних умовах і такі циклічні зміни позначаються на його ґрунтово-геохімічній структурі та еколого-геохімічному статусі загалом.

Проте оцінка часової динаміки Eh екосистеми залишається проблемним питанням, найперше тому, що часто вивчення палеоґрунтів відбувається вже після тривалого їхнього діагенезу. А тому ми оцінюємо показники ґрунту, сформованого певний час тому назад, у деяких умовах, розуміючи, що особливості такого ґрунту могли трансформуватися за час його існування в тому числі і після поховання. Водночас оцінка часової динаміки як власне ґрунтів, так й умов їх генезису безумовно актуальна проблема.

В умовах автономного ландшафту протягом часу T ґрунтова система перебуває у квазістабільному стані з чинниками довкілля, що загалом може визначатися як її саморозвиток. Із застосуванням аналогічних підходів дослідники прагнуть обґрунтувати перш за все кількісні показники, які можуть дати конкретнішу відповідь на питання ґрунтогенезу і його часової динаміки. Передбачається, що одним з таких показників може бути відношення між формами заліза та марганцю (далі Fe/Mn), ймовірно і рухомими, бо

валові можуть нести сліди значно триваліших впливів. Його розширення (зростання кількості рухомих форм Fe та/або зменшення рухомості Mn) свідчатиме про певні процеси змін, зокрема збільшення величини Eh і навпаки. Оцінки потребують й інші форми хімічних елементів із змінною валентністю та повсюдністю їхнього перебування.

Аналіз попередніх досліджень. Оцінка інтенсивності ґрунтогенезу в зв'язку з чинниками довкілля тривалий час дискутується (3, 8, 12, 15–17) Кардинальний вплив умов зволоження на еволюцію ґрунтів відзначали чимало дослідників [2, 4–7, 9–11]. Підкреслюється [1], що коливання вмісту Mn визначаються умовами застою води (у цьому випадку він стає рухомих і легко виноситься) та доброї аерації (у такому випадку Mn втрачає рухомість та накопичується). В.А.Ковда з співавторами [7] із змінами режимів зволоження Руської рівнини ув'язували не тільки процеси в ландшафтах, але й зональну та регіональну диференціацію речовини, у тому числі і геохімічну.

Співвідношення валових Mn/Fe складає від 0.10 до 0.01. При вивітрюванні гірських порід ці елементи стають рухомими. Зміна відношення Mn/Fe у відкладах свідчить про процеси у зоні гіпергенезу, які призводять до їх диференціації на різних діапазонах Eh–pH. При будь-якому pH Fe випадає в осад при нижчих значеннях Eh, ніж Mn. Відповідно, при постійному Eh Fe осаджується у виді окислів при більш низькому значенні pH, ніж Mn, а природні сполуки Fe менш розчинні, ніж відповідні Mn. Загалом показник Eh важливіший у визначенні поведінки цих металів, ніж pH. Окисненню обох елементів сприяє діяльність бактерій, проте інтенсивніший її вплив виявляється для Mn. Як правило, окиснення Fe та Mn не відбувається, доки розчин не стане луж-

ним. Це ж підтверджується відповідними для заліза та марганцю діаграмами Пурбе (праве по осі абсцис крило з $pH > 8,0$ і навіть понад 10,0, що в природних умовах зони гіпергенезу спостерігається рідко). Іон Fe^{+2} легше окислюється за будь-яких $pH-Eh$, порівняно із Mn^{+2} (13, 14, 16). За сприятливих для відкладення карбонатів фаціальних умов обидва елементи осаджуються разом. Таким чином, окисли Fe та Mn можна використовувати як фаціальний критерій [3, 8].

Отже, на загал при переважанні відновної обстановки (гумідніший клімат) кількість малорухомого Fe^{+2} збільшується, тобто в цілому його рухомість зменшується. Одночасно зростає вміст рухомих форм Mn, переважно чотиривалентного, що загалом супроводжується звуженням Fe/Mn. В окисній обстановці (аридніший клімат) частка більш рухомого Fe^{+3} зростає, з одночасним збільшенням кількості малорухомого Mn^{+2} , що супроводжується розширенням Fe/Mn.

У відношенні важких металів однозначно рухомішим при окисненні стає хром, інші ж елементи здебільшого акумулюються на утворених геохімічних бар'єрах. В умовах переважання відновної обстановки Cr практично не мігрує, тобто

зростає його валова кількість, переважна частина інших металів, навпаки, стає рухомішою. Загалом аналіз таких процесів потребує комплексної характеристики всіх інших ландшафтно-екологічних умов та факторів, дія яких може бути і синергічною, і антагоністичною.

Результати досліджень та їх обговорення. Аналізувалися розрізи з різною номенклатурою похованих горизонтів – від сучасних ґрунтів до відкладів тилігульського кліматоліту. Спостерігається здебільшого звуження Fe/Mn з часом, від дніпровського кліматоліту до ґрунтів голоцену (рис. 1). Тренди його часових змін, які апроксимуються поліномом 2 степеня ($R^2=0,41; 0,33; 0,45$ та $0,52$, відповідно для розрізів Брусниця, Заставна, Киселів та Купка) показують на переважання відновної обстановки над окисною із зменшенням віку ґрунтів та відкладів. Більш виражено це спостерігається для розрізів Брусниця та Заставна. Проте флуктуації окисно-відновних умов, які відмічаються навіть для горизонтів одного стадіалу, можуть приховувати загальні тенденції часової динаміки. Відношення Fe/Mn здебільшого розширюється у нижніх перехідних горизонтах сучасних ґрунтів над похованими.

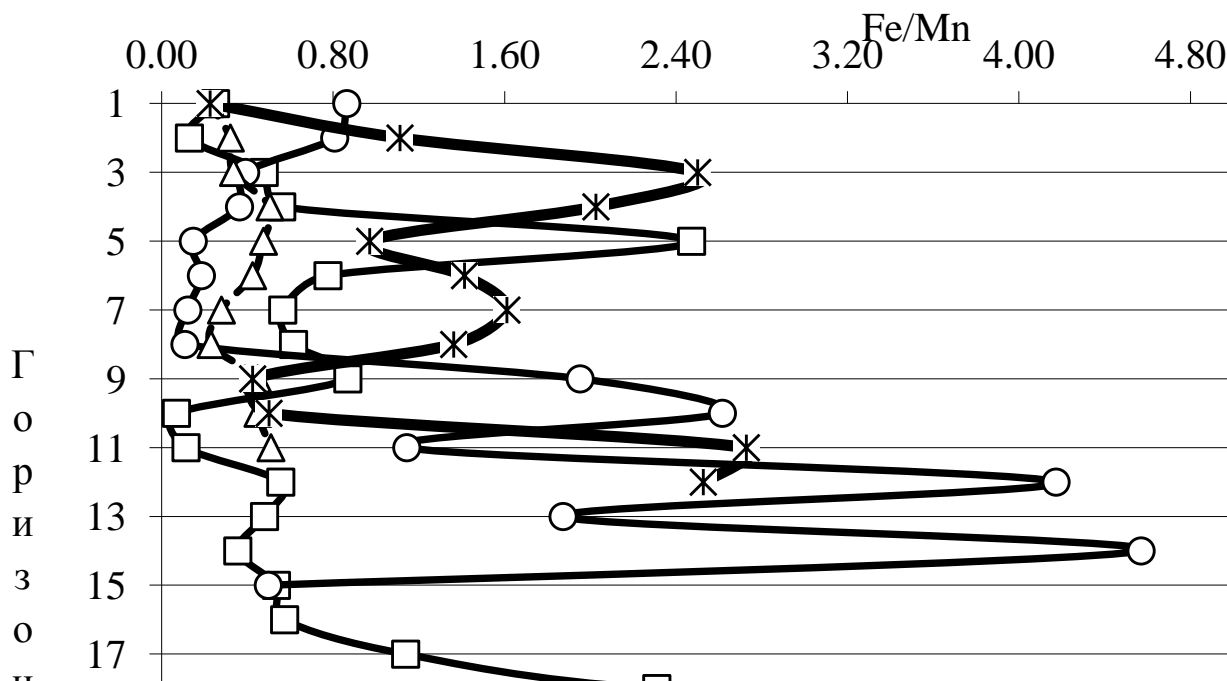


Рис. 1. Профільний розподіл Fe/Mn для розрізів Передкарпатської та Прут-Дністровської височинних областей

Fig. 1. Profile distribution of Fe/Mn for cuts of Precarpathians and Prut-Dniester highland areas

Природно, що динаміка Fe/Mn має і просторові особливості. Амплітуди змін цього показника складають: 2.0 (Киселів) – 27 (Купка) – 45 (Заставна) – 180 (Брусниця). Якщо в цілому для розрізу Киселів превалює відновний режим, для Купки – панує окисна обстановка, то для інших виявлено, що перевага відновних умов у верхній

частині розрізів змінюється превалюванням окисної обстановки в горизонтах давніших стадіалів. Екотоп розрізу Киселів характеризувався відновним режимом, що свідчить про тривале перебування у підпорядкованих умовах гідроморфного ландшафту та/або близьким рівнем залягання ґрунтових вод. Для розрізу Купка превалювала

окисна обстановка, що свідчить про його розміщення здебільшого в межах автоморфного ландшафту, з глибоким рівнем залягання підземних вод. Для інших розрізів динаміка окисно-відновної обстановки була істотною та більш неоднозначною. Загалом можна говорити про зміни переважно відновних умов у верхній частині розрізів окисними на давніших етапах розвитку ландшафтів (автоморфний ландшафт внаслідок трансформацій геолого-геоморфологічних умов змінювався гідроморфним і навпаки). Реально зволоженість території могла зростати на відповідних етапах при таненні льодовиків та змінами гідрологічного режиму території, найперше – коливанням рівня ґрунтових вод (глобальні екологічні зміни), або ж внаслідок локальних пертурбацій, які призводили до кардинальної перебудови балансу речовини (перехід з умов підпорядкованого ландшафту до автоморфного чи навпаки).

Диференціація Fe/Mn суттєво менша для розрізів похованих ґрунтів на території Західного Поділля. Зокрема, амплітуда значень цього пока-

зника складає для стаціонарів: Більче-Золоте – 0,26–0,38; Капустинці – 0,23–0,91; Новосілка – 0,16–0,79; Худяківці – 0,24–1,02. А тренди часових змін, апроксимуються переважно поліномом 2 степеня ($R^2=0,41$; 0,70; 0,93 та 0,99, відповідно для розрізів Новосілка, Худяківці, Капустинці та Більче-Золоте) із значно вищим рівнем достовірності, ніж для Передкарпаття.

Загалом для цих розрізів вміст рухомого Mn однозначно більший, ніж Fe (рис. 2). Пов'язано це, ймовірно, із переважанням протягом плейстоцену гідроморфних умов в ландшафтах Західного Поділля, порівняно із Передкарпаттям та Прут-Дністров'ям. При цьому, безумовно, слід враховувати системну дію літології, клімату та рельєфу. Останній визначає особливості поверхневого стоку, а разом із складом гірських порід – радіального виносу. Тобто, дія основних ландшафтоутворюючих чинників виявлялася в інтенсивності водообміну, спрямованості гіпергенних процесів, характері геохімічних умов, біологічній продуктивності ландшафту.

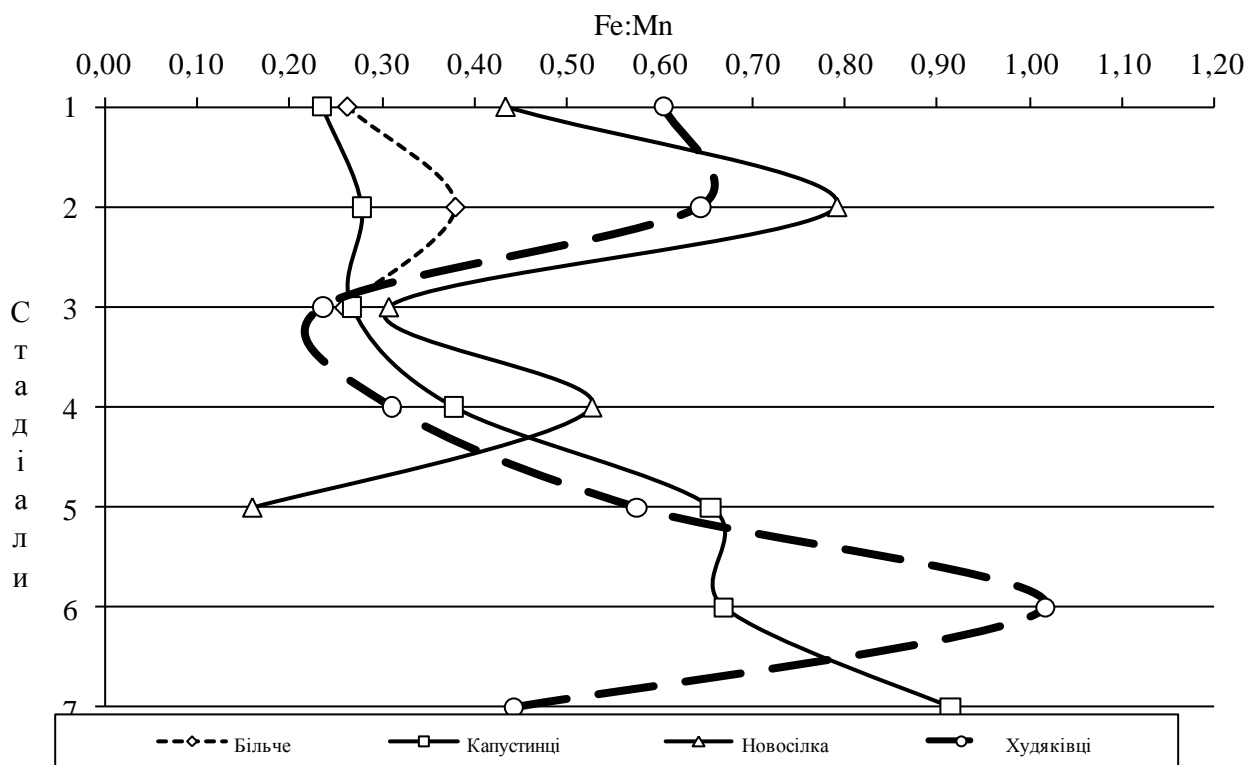


Рис. 2. Розподіл відношення Fe/Mn за стадіалами розрізів Західного Поділля
 Fig. 2. The distribution of a Fe/Mn ratio for stages of Western Podolian

Отже, Fe/Mn розширюється від голоцену до більш ранніх стадіалів, що може свідчити про переважання окисної обстановки у давніших серед аналізованих горизонтах, порівняно із молодшими (табл. 1). Рухомість важких металів зменшується здебільшого протилежно до змін Fe/Mn, що й підтверджується результатами коре-

ляційного аналізу. Останній процес далеко не завжди супроводжується зменшенням валового вмісту, вплив на який факторіальних ознак суттєво різноманітніший а кількість чинників, що визначають валовий вміст елементів значно більша. Тому спостерігаються кореляції останнього із Fe/Mn як прямі, так й обернені.

Кореляційний аналіз свідчить, що Fe/Mn частіше обернено пропорційно (в половині випадків достовірно) зв'язане із кількістю рухомих форм важких металів. Кореляції із валовим вмістом зу-

стрічаються як прямо, так й обернено пропорційні, при цьому достовірність цих зв'язків вдвічі менша, ніж для рухомих форм.

Таблиця 1

Тренди змін вмісту важких металів та Fe/Mn від сучасних до похованих горизонтів

Table 1

Trends change of heavy metals and Fe / Mn from modern to buried horizons

Розріз	Вміст важких металів		Fe / Mn	Кореляції між Fe/Mn та вмістом металів	
	валовий	рухомих форм		валовим	рухомих форм
Брусниця	збільшення	зменшення	збільшення	+0,05	- 0,85
Заставна	збільшення	зменшення	збільшення	+0,18	- 0,41
Киселів	зменшення	збільшення	збільшення	-0,81*	+0,90
Купка	збільшення	зменшення	збільшення	+0,40	-0,99
Більче-Золоте	збільшення	зменшення	збільшення	+0,15	-0,82
Капустинці	зменшення	збільшення	збільшення	-0,59	+0,67
Новосілка	збільшення	збільшення	зменшення	-0,10	-0,15
Худяківці	зменшення	збільшення	збільшення	-0,51	+0,37

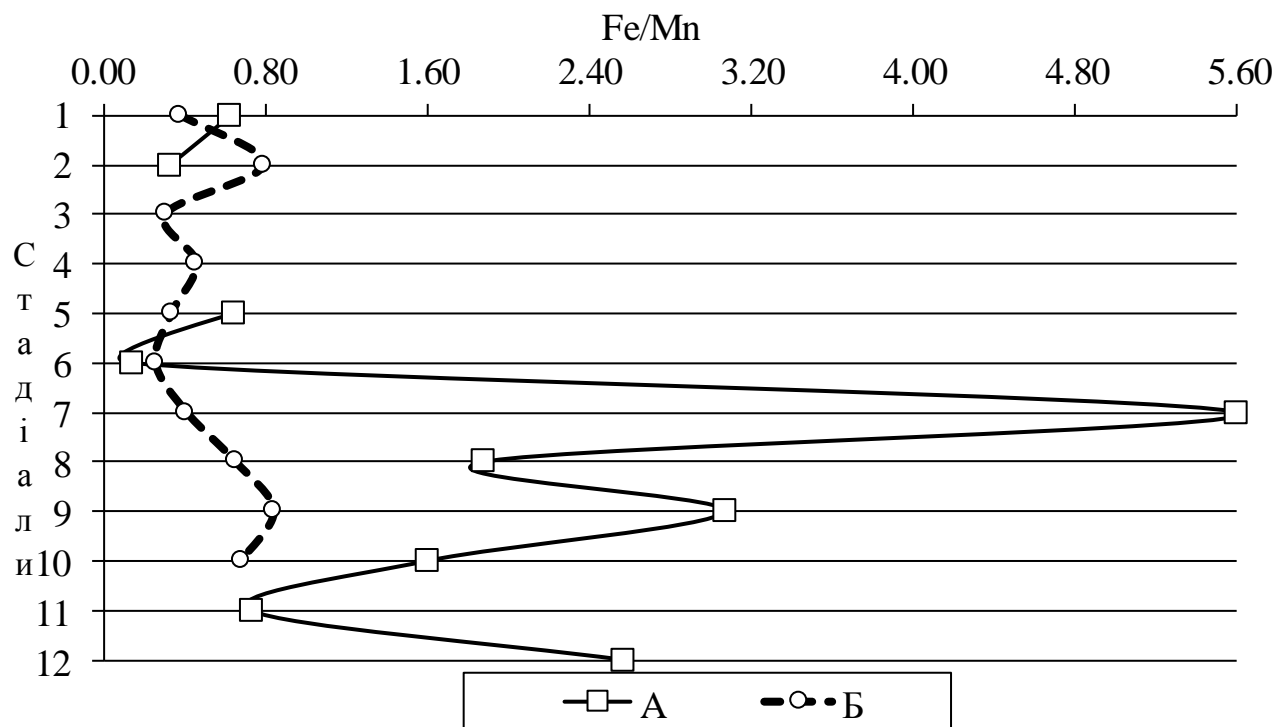


Рис. 3. Часова динаміка Fe/Mn для ландшафтів Передкарпаття і Прут-Дністров'я (А) та Західного Поділля (Б); стадіали: 1 – hl; 2 – hl-b; 3 – pc; 4 – df; 5 – bg; 6 – vt; 7 – ud; 8 – pl; 9 – kd; 10 – dn; 11 – zv; 12 – tl

Fig. 3. Temporal dynamics of Fe / Mn ratio for landscapes of Precarpathians and Prut-Dniester highland (A) and Western Podolian (B) areas; stages: 1 - hl; 2 - hl-b; 3 - pc; 4 - df; 5 - bg; 6 - vt; 7 - ud; 8 - pl; 9 - kd; 10 - dn; 11 - zv; 12 - tl

Детальніший математичний аналіз залежностей Fe/Mn з їх абсолютною кількістю показав, що для розрізів Західного Поділля вміст рухомого Mn у 90 % випадків більший, ніж Fe. Для розрізів Передкарпаття та Прут-Дністров'я перевага рухомих форм одного елемента над іншим спостерігається рідше (у двох випадках з трьох).

Отже, динаміка Fe/Mn протягом плейстоцен-голоценової епохи здебільшого циклічна, з неоднаковою періодичністю для різного виду ландшафтів внаслідок флуктуацій екологічних умов. Його величина для розрізів Західного Поділля

зменшується від сучасного ґрунту до відкладів удайського стадіалу, після чого суттєво зростає у верхньоприлуцьких і кайдацьких горизонтах ґрунтів, знову зменшуючись у відкладах дніпровського кліматоліту (рис. 3). Для розрізів Передкарпаття та Прут-Дністров'я ритмічність змін Fe/Mn ще очевидніша, а загальний тренд свідчить про розширення цього відношення з часом. Причому еколого-ландшафтні умови розрізів Західного Поділля (лінія Б) істотно монотонніші, ніж умови Передкарпаття і Прут-Дністров'я (лінія А). Очевидно, що передгірський екотон апри-

орі характеризується складнішими і більш диференційованими еколого-ландшафтними умовами, а посилює такі відмінності поєднання двох фізико-географічних областей в одну вибірку. Більша рухомість марганцю, ніж заліза є, очевидно, іманентною рисою палеоґрунтів екосистем Західно-го Поділля.

На загал тренд зростання Fe/Mn із збільшенням віку горизонтів може свідчити і про більшу рухомість заліза та меншу марганцю у попередні етапи, а також трансформацію рухомості металів у лісостепових умовах, спричинену спеціалізацією рослинності. Слід враховувати й динаміку величини рН. Якщо у похованих горизонтах превалює лужне середовище (вплив процесів вторинного окарбоначення), то в сучасних ґрунтах актуальна кислотність змінюється від слабкокислої до слабколузної.

Як і на сучасному етапі, зміни Fe/Mn в палео-горизонтах мають і просторові особливості. Найбільш типовим розрізом можна вважати Брусницю (рис. 1). Тут Fe/Mn розширюється у відкладах, порівняно із утвореними на них ґрунтами, що цілком закономірно – у теплі вологі періоди ґрунтоутворення відновні умови посилювалися, а під час гляціалів – навпаки, переважала окисна обстановка, особливо в умовах автономних ландшафтів. Загалом від відкладів дніпровського кліматоліту до сучасного ґрунту превалювання відновних умов над окисними наростало, сягаючи максимуму під час вітачівського стадіалу, коли Fe/Mn стало найвужчим. Якщо цей показник для дніпровських відкладів прийняти за одиницю, то всі етапи, крім кайдацького, характеризуються звуженням аналізованого показника. Аналіз, звичайно ж, ускладнюється через різний набір горизонтів похованих ґрунтів в одному еко-топі.

Список літератури

1. Е.И.Александровская, А.Л.Александровский. Антропохимия и почвоведение // Почвоведение.– 2005.– № 7.– С. 799 – 809.
2. Веклич М.Ф. Ґрунто- і породоутворення // Вісник АН УРСР.- 1973.- № 5.- С. 20 – 30.
3. Дегенс Э.Т. Геохимия осадочных образований.– М.: Мир, 1967.- С. 82 – 89.
4. Добровольский В.В. Роль выветривания и почвообразования в эволюции химического состава земной коры // Почвоведение.– 2002.– № 12.– С. 1413 – 1420.
5. Иванов И.В. Природная эволюция почв степной зоны в голоцене.- Автореф. дис... д-ра биол. наук.- М.: Изд-во МГУ, 1988.- 37 с.
6. Иванов И.В. Эволюция почв степной зоны как индикатор изменений климатических условий в голоцене //Палеоклиматы позднеледниковья и голоцена.- М.:Наука,1989.- С.68–75.
7. Ковда В.А., Васильевская В.Д., Самойлова Е.М., Якушевская И.В. Схема дифференциации продуктов выветривания и почвообразования на Русской равнине //Почвоведение.– 1968.– № 7.– С. 5 – 19.
8. Краускопф К.Б. Разделение марганца и железа в осадочном процессе // Геохимия литогенеза.– М.: Изд-во иностранной лит-ры, 1963. – С. 259 – 275.
9. Куница Н.А. Распространение и особенности ископаемых почв плейстоцена Подолья и среднего Побужья // Палеопедология.– К.: Наукова думка, 1974.- С. 71 – 82.
10. Самойлова Е.М., Толчельников Ю.С. Эволюция почв.- М.:Изд-во МГУ,1991.- 89 с.
11. Сиренко Н.А. Антропогенные почвенные покровы равнинной территории Украины // Палеопедология.– К.: Наукова думка, 1974.– С. 27 – 43.
12. Brimhall G.H. et al. Quantitative geochemical approach to pedogenesis: importance of parent material reduction, volumetric expansion, and eolian influx in lateritization // Geoderma. – 1991. 51. – pp. 51–91.
13. Lin C.Y. et al. Stability Behavior and Thermodynamic States of Iron and Manganese in Sandy Soil Aquifer, Manukan Island, Malaysia // Natural Resources Research. 2011.20 (1). – pp. 45–52.
14. Sutherland R.A.: Comparison between non-residual Al, Co, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb and Zn released by a three-step sequential extraction procedure and a dilute hydrochloric acid leach for soil and road deposited sediment // Applied Geochemistry. – 2002, 17. – pp. 353–365.
15. Taylor A.B., Velbel M.A. Geochemical mass balances and weathering rates in forested watersheds of the southern Blue Ridge. II. Effects of botanical uptake terms // Geoderma. 1991.51. - pp. 29–50.
16. Wakatsuki T. and Rasyidin A. Rates of weathering and soil formation // Geoderma. 1992.52. - pp. 251–263.
17. Yoshioka, R. Geochemical study of weathering through chemical composition in natural Waters // Journal Earth Sciences. – 1987. 35. – pp. 417–444.

FEATURES SOME APPROACHES TO GEOCHEMICAL ANALYSIS OF SOIL GENESIS CONDITIONS

Y.M.DMYTRUK

Geochemical approaches to the assessment of redox conditions of paleopedogenesis

Department of Soil Science of Institute Biological, Chemistry and of Biological Resources

Soil and geochemical characteristics of ecosystems are determined by a complex combination of factors and changes of indicators, some of which may be crucial for some time under certain conditions. Redox conditions are considered priority for contents of chemical elements, including heavy metals.

Complex of factors, namely aeration and moisture of the soil, the temperature, the presence of organic, activity microbiota and other are acknowledged indicators of redox conditions. One and the same ecotope for time of its existence is in recovery, and in oxidizing conditions, and such rhythmic changes are reflected in the its geochemical structure.

The purpose of the article was to analyze the genesis of facies conditions of paleosoils with using quantitative measures, one of which may be ratio between mobile forms of iron and manganese (Fe/Mn). In general its expansion (increase in the number of mobile forms of Fe and / or reduce the mobility of Mn) reflects the increasing Eh and conversely. Analytical determination of mobile forms of chemical elements was carried out by atomic adsorption spectrophotometry based on ammonium acetate buffer (pH = 4.8).

As well as at present, changes in Fe/Mn have also the spatial features. It was established, that the most typical cut among the studied is Brusnyca. Here Fe/Mn expands in deposits, compared with soils which are formed upon them. This is quite natural, because during the warmer humid periods, when pedogenesis are prevails more often intensified reducing conditions, and during glacial periods, on the contrary, mostly dominated are oxidation conditions, especially in the autonomous landscape.

In general, the prevalence of reducing conditions over oxidation deposits was grew from Dnieper interstadial (Europe –Riss) to modern soils. Maximum spread of reducing conditions was found to vitachiv (Europe – Wurm) stadial (Fe/Mn is most narrow). If the rate for deposits taken as a unit, then all stages except stadial Kaydaky are characterized by narrowing of the test target. Of course, the analysis is complicated by the varied set of horizons of buried soils in different ecosystems as well as large dynamic conditions and their transformation over time. However, the approach method shows its prospects for the evaluation ecogeochemical status of soils.

Keywords: paleosoil, heavy metals, ecosystem, iron, manganese, redox conditions, pedogenesis

ЕМІСІЯ ОКИСУ ВУГЛЕЦЮ З ЧОРНОЗЕМУ ПІВДЕННОГО ТА МОЖЛИВОСТІ ЙОГО СЕКВЕСТРУ ПРИ ЗАСТОСУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ NO-TILL

С. Г. ЧОРНИЙ, О. В. ВИДИНІВСЬКА

*Миколаївський національний аграрний університет, кафедра ґрунтознавства та агрохімії,
9, вул. Паризької Комуни, Миколаїв, 54029
e-mail: s.g.chornyuy@gmail.com*

Вивчено вплив технології No-till на емісію вуглекислого газу в атмосферу. Показано, що обсяги гетеротрофного дихання чорноземного ґрунту при цьому суттєво зменшуються. В той же час відзначено, що не завжди це буде приводити до зростання вмісту вуглецю в ґрунті. Секвестру CO₂ не буде спостерігатися в випадку, коли значне зниження врожайності сільськогосподарських культур приведе до зменшення обсягів вуглецю, який поступає в ґрунт з рослинними рештками.

Ключові слова: емісія вуглецю, no-till, гетеротрофне дихання, баланс вуглецю, рослинні рештки, секвестр вуглецю

Вступ. Ґрунтове "дихання", тобто виділення вуглекислого газу з поверхні ґрунту, становить одну з ланок у ланцюзі глобального біогеохімічного кругообігу вуглецю і кисню. Сучасний інтерес до величин і напрямків емісії CO₂ з ґрунту пов'язаний з необхідністю секвестру викидів цього парникового газу, що може бути однією із спроб зменшення концентрації вуглекислого газу в атмосфері та гальмування, таким чином, швидкого сучасного потепління клімату.

В Кіотському протоколі зазначено, що одним із засобів зменшення викидів CO₂ з ґрунту і часткового переведення вуглецю з атмосфери в ґрунт, де він буде зберігатися як складова органічної речовини, а також зменшення викидів в атмосферу при спаленні палива, є мінімізація обробітку ґрунту. Слід зазначити, що зараз впровадження мінімізації обробітку ґрунтів в Україні йде досить високими темпами і, скоріш за все, в майбутньому буде лише підсилюватись. Знижувати витрати виробника на обробітку ґрунту змушують високі ціни на пальне, бажання стрімко підвищити продуктивність праці, захистити ґрунт від водної та вітрової ерозії та зберегти вологу в ґрунті. Останнє дуже актуальне в степовій та сухо-степовій зоні України. Найбільш повно всі екологічні гаразди мінімізації основного обробітку ґрунту проявляються при реалізації технології нульового обробітку (або технології No-till), яка передбачає сівбу у необроблений ґрунт, коли з поверхні ґрунту після жнив не прибирають стерню та поживні залишки, а боротьбу з бур'янами проводять шляхом правильного підбору сівозмін та кваліфікованим застосуванням засобів захисту рослин.

Перші дослідження щодо впливу No-till на емісію CO₂ та секвестр вуглецю через накопи-

чення органічного вуглецю в ґрунті були проведені в США ще в 60-80 роки ХХ століття. Узагальнення, яке зроблене Райкоскі із співавторами (Reicosky et al., 1995) показує, що нульовий обробіток, в порівнянні із звичайними технологіями, приводить до збільшення вмісту органічного вуглецю в верхньому шарі ґрунту. В публікації приводяться величини збільшення вмісту вуглецю в ґрунті в діапазоні 2-3 т/га, в залежності від типу сівозмін та термінів впровадження технології прямого посіву, які коливалися від 2 до 20 років. У всіх випадках таке збільшення стосувалось лише верхнього 0-20 см шару ґрунту.

Вивчення впливу No-till на властивості ґрунтів штату Міссісіпі показало, що вже через 4 роки суттєво збільшується вміст вуглецю в шарі ґрунту 0-2,5 см. (Rhoton, 2000)

Узагальнення по 67 довготривалим польовим досліддам, які проводилися в США показали, що запровадження технології нульового обробітку приводить до секвестру в середньому 57±14 г вуглецю на м² за рік (0,57 т/га за рік). Причому максимальне утворення органічного вуглецю досягає максимуму через 5-10 років після запровадження No-till, а загальна рівновага буде спостерігатися через 15-20 років. (West, Post, 2002)

Використання No-till в Австралії показало, що 9 років застосування цієї технології привело до зростання вмісту органічного вуглецю в ґрунті, головним чином, в верхньому 10-см шарі (Thomas et al., 2007).

Узагальнення результатів по 19 польових досліддах на території колишнього Радянського Союзу по мінімізації основного обробітку ґрунту, в т. ч і при застосуванні No-till, яке було зроблене І.Н. Шарковим та А.А. Даниловим (2010) показало на деяке збільшення вмісту органічного ву-

глецю (на 0.1% від його загального вмісту в шарі ґрунту 0-10 та 0-25 см). Аналогічне узагальнення для ґрунтів «кукурудзяного поясу США» дало більшу прибавку – 0.2-0.3% від загального вмісту вуглецю в ґрунті, що пояснюється значною кількістю рослинних решток, які поступають в ґрунт на тлі високих урожаїв.

Об'єкт та методи. Дослідження щодо оцінки величини емісії CO₂ з ґрунту та величини секвестру вуглецю при впровадженні системи землеробства No-till проводилися на чорноземах південних Асканійської державної сільськогосподарської дослідної станції Інституту зрошувального землеробства НААН України (Каховський район, Херсонської області) в рамках стаціонарного польового дослідження по вивченню впливу способів основного обробітку на урожайність сільськогосподарських культур та властивості ґрунтів (3 роки впровадження No-till), на землях державного підприємства «Дослідне господарство «Асканійське»» (Каховський район, Херсонська область, 5 років впровадження No-till), на землях фермерського господарства «Росток» (Верхньорогачинський район, Херсонська область, 6 років впровадження No-till) та фермерського господарства «Весна» (Снігурівський район, Миколаївська область, 3 роки впровадження No-till). Контролем були ґрунти з із стандартним для Степу України основним обробітком – під просапні культури (горох, сорго, соняшник) оранка 20-22 см та 28-30 см глибиною, а під густо покривні (озима пшениця, ячмінь) – безполицевий (дискування глибиною 12-14см). Дослідження проводилися в червні-липні 2011-2012 рр.

Координати місць досліджень були визначені за GPS-навігатором «Garmin» і наведені в табл. 1.

Кількість CO₂, що виділилася з ґрунту, визначалося за Карпачевським (Практикум по агрохімії..., 2001) в 5-кратній повторності; вміст органічного вуглецю в ґрунті за ДСТУ 4289:2004 «Якість ґрунту. Методи визначення органічної речовини» в 3-х кратній повторності. В дослідженнях були використані також архівні данні за урожайностями сільськогосподарських культур по фермерському господарству «Росток» та АДСГДС ІЗЗ НААНУ.

Результати та їх обговорення. Прямі спостереження за емісією CO₂ з чорнозему південного продемонстрували (табл. 1), що у всіх випадках емісія оксиду вуглецю на варіантах, де використовувалася No-till була набагато меншою ніж при звичайному обробітку. Застосування критерію Стюдента показало, що у всіх чотирьох випадках зменшення емісії по варіанту No-till оцінюється на рівні 5 % вірогідності, а в одному випадку на рівні 1% вірогідності, тобто має абсолютне зниження.

Виходячи з приведених результатів прямого визначення емісії вуглекислого газу можна зробити попередній висновок, що в умовах південного чорнозему України, при запровадженні технології No-till, викиди вуглекислого газу зменшуються, а значить повинно йти накопичення органічного вуглецю в ґрунті. Причина цього явища очевидна. Це зменшення щільності орного шару ґрунту при реалізації технології нульового обробітку, що приводить до погіршення аерації ґрунту, яке, в свою чергу, загальмовує діяльність аеробних мікроорганізмів. Зменшення чисельності мікроорганізмів і приводить, при всіх інших рівних умовах, до зменшення емісії CO₂ з поверхні ґрунту.

Але пряме визначення його вмісту в ґрунті показало, що ситуація з його накопиченням при застосуванні технології нульового обробітку не зовсім однозначна. Зокрема дослідження, які були проведені на ґрунтах Асканійської дослідної станції та в дослідному господарстві «Асканійське» показали, що вміст органічного вуглецю в ґрунті при застосуванні технології No-till зменшується, як в верхньому шарі, так і в ґрунті взагалі (табл. 2). В той же час, на землях фермерських господарств «Росток» та «Весна» спостерігалось суттєве збільшення вмісту органічного вуглецю в ґрунті (табл. 3). На наш погляд, така неоднозначність результатів щодо вмісту вуглецю в ґрунті пов'язана з різними величинами складових балансу цього хімічного елементу в агроландшафтах та безпосередньо в ґрунті. Згідно існуючих підходів щодо балансу вуглецю (B_C , т/га в рік) в агроландшафтах при вирощуванні однолітніх сільськогосподарських культур розрахунок проводиться за наступною формулою (Ларионова и др., 2002; Помазкина и др. 2009; Курганова и др., 2010):

$$B_C = (C_{чпп} - C_V) + C_O - (C_{оп} + C_M), (1)$$

де $C_{чпп}$ – вуглець чистої первинної продукції агроландшафту, т/га в рік; C_V – винос вуглецю з агроландшафту разом з урожаєм сільськогосподарської продукції, т/га в рік; C_O – вуглець, який поступає в ґрунт разом з органічними добривами, т/га в рік; $C_{оп}$ – вуглець, який утворюється в результаті мінералізації минулорічного рослинного опаду; C_M – втрати вуглецю з ґрунту, в результаті дихання ґрунтових мікроорганізмів, т/га в рік.

Суму $C_{оп} + C_M$ ще називають вуглецем, який утворився в результаті гетеротрофного дихання (Ларионова и др., 2002).

Дослідження, які вже були проведені щодо визначення величин гетеротрофного дихання, показали на складну залежність цього параметру від вологості ґрунту, циклів «зволоження»-«висихання» ґрунту, кількості та якісного складу

органічної речовини, яка щорічно поступає в ґрунт тощо (Ларионова и др., 2002).

Табл. 1. Координати місць досліджень та величини емісії CO₂ з чорнозему південного при застосуванні технології No-till

Tab. 1. Research coordinates of CO₂ emissions and the value of the southern black soil in the application of No-till technology

№ №	Місце проведення досліджень	Координати	Варіант	Емісія CO ₂ , кг/га за годину, С	T	T _{st0,05}	T _{st0,01}	Співвідношення величин емісії CO ₂ No-till до традиційного обробітку
1.	Херсонська обл., Каховський р-н, ДГ «Асканійське»	46°34'58,5" п. ш., 33°54'17,0" сх. д.	No-till, 5 років	0,040	2,97	2,31	3,36	0,70
		46°34'15,2" п. ш., 33°54'28,1" сх. д.	Традиційний обробіток	0,057				
2.	Херсонська обл., Каховський р-н, Асканійська ДСГДС ІЗЗ НАНУ	46°33'05,1" п. ш., 33°48'75,3" сх. д.	No-till, 3 роки	0,034	4,32	2,31	3,36	0,52
		46°33'05,1" п. ш., 33°48'74,6" сх. д.	Традиційний обробіток	0,065				
3.	Херсонська обл., Верхньорогачинський р-н, Фермерське господарство «Росток»	47°14'40,6" п. ш., 34°16'53,8" сх. д.	No-till, 6 років	0,050	3,58	2,31	3,36	0,68
		47°14'43,3" п. ш., 34°16'55,5" сх. д.	Традиційний обробіток	0,073				
4.	Миколаївська обл., Снігурівський р-н, Фермерське господарство «Весна»	46°49'27,1" п. ш., 32°45'21,4" сх. д.	No-till, 3 років	0,048	4,26	2,31	3,36	0,62
		46°49'26,4" п. ш., 32°45'21,8" сх. д.	Традиційний обробіток	0,078				

Табл. 2. Вміст вуглецю в чорноземі південному при застосуванні технології No-till (ДСГДС ІЗЗ НААН та ДГ «Асканійське»)

Tab. 2. The carbon content of black southern technology in the application of No-till (NAAS ADSHDS IRA and DG " Askaniyske ")

№ п/п	Варіант	Глибина відбору зразків, см	Вміст С, %	Вміст С в шарі ґрунту, %			Різниця вмісту С, % в шарі ґрунту		
				0-10 см	0-30 см	0-50 см	0-10 см	0-30 см	0-50 см
1	No-till, 6 років*	2,5	1,48	1,33	1,15	0,93	-0,18	-0,18	-0,12
2		7,5	1,19						
3		20	1,06						
4		50	0,61						
5		70	0,27						
6	Традиційний обробіток, 6 років*	2,5	1,52	1,51	1,33	1,05	-0,18	-0,18	-0,12
7		7,5	1,50						
8		20	1,25						
9		50	0,62						
10		70	0,44						
11	No-till, 3 роки**	2,5	1,12	1,03	0,92	0,75	-0,07	-0,06	-0,10
12		7,5	0,95						
13		20	0,86						
14		50	0,49						
15		70	0,38						
16	Традиційний обробіток, 3 роки**	2,5	1,20	1,11	0,98	0,85	-0,07	-0,06	-0,10
17		7,5	1,03						
18		20	0,91						
19		50	0,67						
20		70	0,39						

Примітка: *ДСГДС ІЗЗ НААН; ** ДГ «Асканійське»

Табл. 3. Вміст вуглецю в чорноземі південному при застосуванні технології No-till (ФГ «Росток» та ФГ «Весна»)

№ п/п	Варіант	Глибина відбору зразків, см	Вміст С, %	Вміст С в шарі ґрунту, %			Різниця вмісту С, % в шарі ґрунту		
				0-10 см	0-30 см	0-50 см	0-10 см	0-30 см	0-50 см
1	No-till, 6 років*	2,5	3,36	2,74	2,32	1,88	+0,53	+0,37	+0,19
2		7,5	2,23						
3		20	2,10						
4		55	2,11						
5		75	1,22						
6	Традиційний обробіток, 6 років*	2,5	2,25	2,21	1,95	1,69	+0,06	+0,15	+0,20
7		7,5	2,17						
8		20	1,81						
9		55	1,30						
10		75	1,02						
11	No-till, 3 роки**	2,5	2,31	2,10	1,75	1,50	+0,06	+0,15	+0,20
12		7,5	1,90						
13		15	1,71						
14		28	1,42						
15		45	1,01						
16		60	0,90						
17	Традиційний обробіток, 3 роки**	2,5	2,02	2,04	1,60	1,30	+0,06	+0,15	+0,20
18		7,5	1,88						
19		15	1,53						
20		28	1,18						
21		45	0,76						
22		60	0,55						

Примітка: *ФГ «Росток»; **ФГ «Весна»

При цьому слід зауважити, що безпосередні визначення емісії CO₂ за різними методиками на поверхні ґрунту, в тому числі і за методикою Карпачевського, результати які приведені в таблиці 1, прямого відношення до балансу вуглецю за формулою (1) не мають, тому що, по-перше, концентрація вуглекислого газу в приземному шарі залежить не тільки від величини гетеротрофного дихання (C_{оп} + C_м), але є функцією від інтенсивності дихання рослини, у т.ч. і кореневого. А, по-друге, такі спостереження мають, як правило, короточасний характер – кілька годин або діб, а тому такі результати важко інтерпретувати в сенсі річного балансу вуглецю в агроландшафтах або в ґрунті.

Рівняння (1) в контексті поставленої задачі – визначення впливу технології No-till на вміст ґрунтового вуглецю та можливості його секвестру за рахунок широкого впровадження цієї технології – може бути дещо спрощено. По-перше, в згаданих господарствах органічні добрива за час впровадження No-till не вносилися (C_о = 0), а, по-друге, привхідна складова балансу (C_{чп} – C_у) реально дорівнює обсягам вуглецю, який поступає щоріч-

Tab. 3. The carbon content of black southern technology in the application of No-till (FG " Sprout " and FG " Spring ")

но в ґрунт в складі рослинних решток, обсяг яких розраховується, як функція від урожайності сільськогосподарської культури (Балюк та ін., 2011). Отже рівняння (1) можна трансформувати в рівняння балансу вуглецю для ґрунту (B_{сг}):

$$B_{сг} = C_{pp} - (C_{оп} + C_{м}), \quad (2)$$

В (2) C_{pp} – вуглець, який поступає в ґрунт з рослинними рештками, т/га за рік, C_{оп} – вуглець, який утворюється в результаті мінералізації минулорічного рослинного опаду; C_м – втрати вуглецю з ґрунту, в результаті дихання ґрунтових мікроорганізмів, т/га за рік.

Величина вуглецю, який поступає в ґрунт з рослинними рештками (перша складова правої частини рівняння (2)), була розрахована для умов двох господарств (Фермерське господарство «Росток» та АДСГДС ІЗЗ НААНУ (табл. 4, табл. 5)).

В першому випадку, середньорічна загальна кількість вуглецю, яка поступає в ґрунт, приблизно дорівнює на варіанті з No-till 2,4 т/га, а при

звичайному обробітку – 1,3 т/га, при загальній кількості за п'ять років, в першому випадку, 11,7 т/га, в другому – 6,7 т/га. В іншому господарстві (АДСГДС ІЗЗ НААНУ) середньорічна загальна кількість вуглецю, яка поступила в ґрунт приблизно дорівнює на варіанті з No-till 1,7 т/га, а при звичайному обробітку – 2,3 т/га, при загальній кількості за три роки, в першому випадку 5,1 т/га, в другому – 7,0 т/га. Як показав аналіз (табл. 5) низькі величини вуглецю, що поступають в ґрунт в АДСГДС ІЗЗ НААНУ пов'язані із суттєвим зни-

женням урожайності сільськогосподарських культур при застосуванні технології No-till. Причиною цього є, скоріш за все, звичайні на перших роках впровадження цієї технології негаразди – загальне погіршення дії ґрунтових гербіцидів, поява резистентних до гербіцидів популяцій бур'янової флори, несприятливий фітосанітарний стан посівів, що пов'язано з наявністю на поверхні ґрунту рослинних решток, на яких зберігаються джерела інфекції та залишаються шкідники у зимовий період (Сайко, Малієнко, 2007).

Табл. 4. Вплив технології No-till на обсяги вуглецю, який поступає в ґрунт з рослинними рештками (Фермерське господарство «Росток»)

Tab. 4. Effect of No-till technology to volume carbon enters the soil with plant remains (farm "Rostock")

Рік	No-till					Звичайний обробіток				
	С.-г. культура	Урожайність, ц/га	Кореневі рештки, ц/га	Поверхні рештки, ц/га	Всього рослинних решток, ц/га	С.-г. культура	Урожайність, ц/га	Кореневі рештки, ц/га	Поверхні рештки, ц/га	Всього рослинних решток, ц/га
2008	Озимий ріпак	21,0	20,9	8,9	29,8	Соняшник	10,0	16,5	3,6	20,1
2009	Озима пшениця	18,0	22,8	19,3	42,1	Озима пшениця	19,0	23,5	19,6	43,1
2010	Соняшник	4,0	9,5	3,4	12,9	Соняшник	8,0	14,2	3,5	17,7
2011	Однорічні трави (з. к.)	100,0	63,3	18,8	82,1	Озима пшениця	8,0	15,7	16,1	31,8
2012	Озима пшениця	22,0	25,6	20,5	46,2	Соняшник	2,0	7,2	3,3	10,5
Всього решток за 5 років, ц/га			142,1	70,9	213,1			77,1	46,1	123,2
Всього вуглецю, що поступає в ґрунт за 5 років, т/га			7,8	3,9	11,7			4,2	2,5	6,7
Середньорічна величина вуглецю, що поступає в ґрунт, т/га за рік			1,6	0,8	2,4			0,8	0,5	1,3

Кількісне значення від'ємної частини балансу вуглецю (2) ($C_{оп} + C_M$), тобто його втрати в результаті гетеротрофного дихання, в процесі досліджень не визначалося, але, як було сказано вище (табл. 1), непряме визначення емісії CO₂ за методикою Карпачевського показало на суттєве зменшення емісії вуглекислого газу по варіанту з технологією No-till. Аналіз літературних даних показав, що частка кореневого дихання в загальній емісії вуглекислого газу з поверхні ґрунту коливається в межах 30-50 % і залежить від виду сільськогосподарської рослини та періоду року (Ларинова и др., 2002). Отже скоріш за все, на обсяг кореневого дихання ні яким чином не впливає обробіток ґрунту. А тому, якщо розглядати технологію No-till як засіб утилізації CO₂, то, очевидно, що баланс (2) повинен бути додатнім, а це станеться лише в тому випадку, коли можливе зменшення величини C_{pp} через зниження врожайності буде компенсоване зменшенням гетеротрофного дихання ($C_{оп} + C_M$). Тобто впровадження технології прямого посіву не повинно в порівнянні із звичайним обробітком ґрунту суттєво зменшувати

урожайність сільськогосподарських культур, а отже, і прихід в ґрунт вуглецю рослинних решток (C_{pp}). Якщо це спостерігається, то тоді ефект секвестру вуглецю за рахунок зменшення гетерогенного дихання ґрунту при впровадженні технології No-till не проявиться.

Висновки. Запровадження технології No-till на південних чорноземах України приводить до суттєвого зменшення викидів вуглекислого газу в атмосферу, що пов'язано із створенням більш анаеробних умов в верхньому шарі ґрунту, що, в свою чергу, подавляє діяльність ґрунтових аеробних мікроорганізмів, яка, в значній мірі, і визначає обсяги гетеротрофного дихання ґрунту. В той же час, аналіз складових балансу вуглецю показав, що при цьому не завжди буде проходити збільшення вмісту вуглецю в ґрунті. При суттєвому зниженні урожайності сільськогосподарських культур при застосуванні технології No-till зменшується додатна складова балансу вуглецю в ґрунті – вуглець, який поступає в ґрунт з рослинними рештками.

Табл. 5. Вплив технології No-till на обсяги вуглецю, який поступає в ґрунт з рослинними рештками (АДСГДС ІЗЗ НААНУ)

Рік	No-till				Звичайний обробіток						
	С.-г. культура	Урожайність, ц/га	Кореневі рештки, ц/га	Поверхневі рештки, ц/га	Всього рослинних решток, ц/га	С.-г. культура	Урожайність, ц/га	Кореневі рештки, ц/га	Поверхневі рештки, ц/га	Всього рослинних решток, ц/га	
2009	Озима пшениця	20,1	24,3	19,9	44,2	Озима пшениця	23,5	26,7	21,0	47,7	
2010	Сорго	17,0	21,3	5,0	26,3	Сорго	44,6	44,2	10,5	54,7	
2011	Горох	16,1	14,7	7,9	22,6	Горох	20,2	16,1	8,7	24,9	
Всього решток за 5 років, ц/га			60,3	32,8	93,1				87,0	40,3	127,3
Всього вуглецю, що поступає в ґрунт за 5 років, т/га			3,3	1,8	5,1				4,8	2,2	7,0
Середньорічна величина вуглецю, що поступає в ґрунт, т/га за рік			1,1	0,6	1,7				1,6	0,7	2,3

Tab. 5. Effect of No-till technology to volume carbon enters the soil with plant remains (IRA ADSHDS NAANU)

Таке зменшення може не компенсуватися зростанням вмісту вуглецю в ґрунті за рахунок менш потужного гетеротрофного дихання при запровадженні технології No-till. Баланс вуглецю в цьому випадку в ґрунті стає від'ємним і його секвестру не спостерігається.

Список літератури

1. Балок С.А., Греков В.О., Лісовий М.В., Комариста А.В. Розрахунок балансу гумусу і поживних речовин у землеробстві України на різних рівнях управління. – Харків: КП «Міська друкарня», 2011. – 30 с.
2. Курганова І.Н., Ермолаєва А.М., Ловес де Гереню В.О., Ларионова А.А., Кузяков Я., Келлер Т, Ланге Ш. Баланс углерода в почвах залежій Подмосковья // Почвоведение. – 2007. – №1. – С. 60-68.
3. Ларионова А.А., Розанова Л.Н., Евдокимов И.В., Ермолаев А.М. Баланс углерода в естественных и антропогенных экосистемах Лесостепи // Почвоведение – 2002. – №2. – С. 177-185.
4. Помазкина Л.В., Семенова Ю.В., Стеренчук А.В. Вклад агроэкосистем в формировании бюджета углерода на территории Иркутской области // Известия Самарского научного центра РАН. – 2009. – Т.1. – № 1. – С. 212-216.

5. Практикум по агрохимии: Учеб. пособие. - 2-е изд., перераб. и доп./ Под ред. В.Г.Минеева. - М.: Изд-во МГУ, 2001.-689 с.

6. Сайко В.Ф., Малієнко А.М., Системи обробітку ґрунту в Україні. – К.: ВД «ЕКМО», 2007. – 44 с.
7. Шарков И.Н., Данилова А.А. Влияние агротехнических приемов на изменение содержания гумуса в пахотных почвах// Агрохимия. – 2010. – № 12. – С. 72–81.
8. Reicosky D.C., Kemper WD., Langdale G.W., Douglas C.L. Jr., and Rasmussen P.E. Soil organic matter changes resulting from tillage and biomass production // Journal of Soil and Water Conservation. – 1995. – V. 50. – № 3. – pp. 253-261.
9. Rhoton F. E. Influence of Time on Soil Response to No-Till Practices // Soil Sci. Soc. Am. J. – 2000. – № 64. – pp. 700-709.
10. Thomas G.A., Dalal R.C., Standley J. No-till effects on organic matter, pH, cation exchange capacity and nutrient distribution in a Luvisol in the semi-arid subtropics //Soil and Tillage Research. –2007. – V. 94. – I.2. – Pp. 295-304.
11. West T. O., Post W. M. Soil Organic Carbon Sequestration Rates by Tillage and Crop Rotation: A Global Data Analysis // Soil Sci. Soc. Am. J. – 2002. – № 66. – Pp. 1930–1946.

CARBON MONOXIDE EMISSION FROM SOUTHERN CHORNOZEM AND THE POSSIBILITY OF ITS SEQUESTRATION BY NO-TILL TECHNOLOGY

Chorny S.G., Vydynivska O.V.

Influence of No-till technology on emissions of carbon dioxide into the atmosphere was studied. At the same time, the volume of heterotrophic chernozem soil respiration very decrease. But that it will not always lead to an increase in carbon content in the soil. CO₂ sequestration will not occur in the case where a significant reduction in crop yields would lead to reduction of carbon that enters the soil with plant remains.

Key words: emission of carbon, no-till, heterotrophic respiration, balance of carbon, plant remains, sequestration of carbon.

ФОРМУВАННЯ БОНІТЕТУ ҐРУНТІВ РІЗНОГО ЛАНДШАФТНОГО МІСЦЕПОЛОЖЕННЯ

I. С. СМАГА

Чернівецький національний університет ім. Ю. Федьковича, Чернівці, Україна

Виокремлено методологічні проблеми встановлення об'єктивної бонітетної оцінки аналогічних агропромислових груп ґрунтів, віднесених до різних технологічних груп земель. Проаналізовано показники бонітету агропромислових груп ґрунтів орних земель, спільних для Кіцмансько-Кельменецького, Сокирянського та Чернівецького земельно-оціночних районів Чернівецької області. Встановлено параметри бонітетної оцінки ґрунтів однієї генетичної природи залежно від їх ландшафтного місцезонашування (виположені ділянки та схили до 3°, схили, крутизною 3-5°, 5-7° та більше 7°) в розрізі окремих земельно-оціночних районів. Проведено аналіз нормативних показників уточнення коефіцієнтів зміни бала слабо-, середньо- та сильнозмитих ґрунтів та їх уточнення на основі використання середніх балів бонітету, визначених за ґрунтовими властивостями для окремих земельно-оціночних районів.

Ключові слова: бонітет ґрунту, якість ґрунту, природно-сільськогосподарське районування, методика бонітування, ландшафтне місцезонашування земель, земельно-оціночний район, еродовані ґрунти, коефіцієнти зміни бала бонітету.

Вступ. Важливим чинником підвищення економічної ефективності використання землі у аграрному виробництві виступає повніше врахування резервів ґрунтової родючості, про потенційний рівень якої свідчать дані бонітетної оцінки ґрунтів. Тому, в сучасних умовах переходу до ринкового господарювання, формування законодавчих і нормативно-методичних аспектів запровадження ринку земель сільськогосподарського призначення зростає роль бонітування ґрунтового покриву, а отже й підвищення об'єктивності бонітетної оцінки ґрунтів. Чинні дані бонітування ґрунтів сільськогосподарських угідь, встановлені за показниками ґрунтових властивостей, були отримані при проведенні останнього туру відповідних робіт в Україні в період 1993-95рр. На кожний з природно-сільськогосподарських районів держави. В тому числі й Чернівецької області розроблено бонітувальні шкали, які вміщують показники бонітетів кожної агропромислової групи ґрунту стосовно культур, обраних згідно з картосхемами зон вирощування і орних земель в цілому, а також для ґрунтів багаторічних насаджень, сіножатей та пасовищ (Технічна документація..., 1994). Результати даного виду оцінки землі знайшли застосування при паюванні земель, визначенні розмірів втрат сільськогосподарського виробництва від відчуження земель, при нормативній грошовій оцінці окремих агропромислових груп ґрунтів.

Уточнення бонітету ґрунтів залежно від ландшафтного місцезонашування – важливий елемент деталізації шкал бонітування ґрунтів. В цьому випадку для ґрунтів, розміщених на схилах 3-5°, 5-7° та більше 7° практикують застосу-

вання поправочних коефіцієнтів до бонітету їх аналогів, розміщених на виположених ділянках та схилах стрімкістю 0-3°. Вони, зазвичай, отримуються розрахунковим шляхом для порівняно великих територій – західних, правобережних і лівобережних провінцій всіх природно-сільськогосподарських зон (Новаковський та ін., 1992). Тому, важливим завданням залишається уточнення їх в межах окремих природно-сільськогосподарських (земельно-оціночних) районів.

Існують пропозиції як щодо удосконалення чинної методики бонітування ґрунтів (Канаш, 2009) так і альтернативні концепції бонітування (Медведев, Пліско, 2011; Полупан, Величко, Соловей, 2008). Якщо виходити з статті 199 Земельного кодексу України, то порівняльна оцінка якості ґрунтів має проводитися за їх природними властивостями, які мають сталий характер і суттєво впливають на урожайність сільськогосподарських культур, вирощуваних у конкретних ґрунтово-кліматичних умовах. Фактично, відмічається повна узгодженість цього положення з чинним нормативним документом (Новаковський та ін., 1992). Тому, подальший розвиток чинної системи бонітування ґрунтів вбачається в удосконаленні окремих методичних положень, зокрема щодо деталізації шкал бонітування ґрунтів різних умов залягання та ерозійної небезпеки, що здійснюється через відповідні коефіцієнти (Канаш, 2009).

Для встановлення залежності властивостей ґрунтів, прийнятих в якості критеріїв бонітування від крутизни схилу рекомендовано по одному з природно-сільськогосподарських районів з ви-

сокою часткою еродованих ґрунтів провести збір і статистичний обробіток даних окремо по технологічних групах земель в розрізі агровиробничих груп ґрунтів. На основі таких даних слід розрахувати бонітети змитих ґрунтів і підкоректувати наведені в додатку до методики, коефіцієнти зміни бала, які були отримані розрахунково.

Мета досліджень - прослідкувати залежність бонітету ґрунтів від їх ландшафтного місцеположення та уточнити поправочні коефіцієнти до бонітету ґрунтів різних еколого-технологічних груп земель в розрізі земельно-оціночних районів Чернівецької області. Об'єкт досліджень – шкали бонітування ґрунтів у розрізі земельно-оціночних районів Чернівецької області. Предмет досліджень – бонітет агровиробничих груп ґрунтів різного ландшафтного місцеположення.

Методика досліджень. За даними «Технічної документації бонітування ґрунтів Чернівецької області» (Технічна документація..., 1994) було визначено бонітет ґрунтів, спільних для Кіцмансько-Кельменецького, Сокирянського та Чернівецького земельно- оціночних районів Чернівецької області. За фактичними значеннями бонітету встановлювали коефіцієнти його зміни для агровиробничих груп ґрунтів земель, розміщених на схилах 3-5⁰, 5-7⁰ та більше 7⁰ по відношенню до їх аналогів, розміщених на виположених ділянках та схилах 0-3⁰.

Результати досліджень. Дослідження впливу ландшафтного місцеположення земель на бонітету оцінку агровиробничих груп ґрунтів встановлювали в межах земельно - оціночних районів Чернівецької області. Були вибрані ті агровиробничі групи ґрунтів, що є спільними для Кіцмансько-Кельменецького, Сокирянського, Чернівецького, а також Чернівецького та Сторожинецького районів.

Раніше проведеними дослідженнями на прикладі одного із землекористувань Кіцмансько-Кельменецького земельно- оціночного району було встановлено, що бонітет темно-сірих лісових ґрунтів та чорноземів опідзолених. Розміщених на схилах 3-5⁰, 5-7⁰ та більше 7⁰ становить 88, 67 і 31% від їх аналогів, віднесених до першої еколого-технологічної групи земель відповідно. Зниження величин часткових бонітетів у цьому випадку виявилось різним для різних культур (Смага, Журавель, 2010). Таким чином, доцільно провести уточнення бонітетів агровиробничих груп ґрунтів стосовно невеликих територій.

Відомо, що чинна система бонітування ґрунтів потребує певного удосконалення, зокрема щодо деталізації шкали бонітування для територій з різними умовами ерозійної безпеки ґрунтів. У чинній методиці для визначення бонітету ґрунтів схилів передбачено використання відповід-

них коефіцієнтів до окремих властивостей ґрунтів. Показники ґрунтових властивостей, що використовуються в якості критеріїв для бонітування та були отримані при великомасштабному ґрунтовому обстеженні, усереднюються по природно-сільськогосподарських районах. При цьому вони на окремих територіях можуть відрізнятися від середньо районних значень, що повинно адекватно відбиватися на бонітетах ґрунтів. На основі значень показників ґрунтових властивостей доцільно виділяти мікрорайони з вужчим розкидом значень показників основних ґрунтових властивостей та провести подібнення малопоширених агрогруп ґрунтів при детальному внутрігосподарському бонітуванні, а також враховувати коефіцієнти на місцеположення у ландшафті (Канаш, 2009). Щодо останнього, то в чинному нормативному документі наведено коефіцієнти зміни кінцевих балів бонітету змитих ґрунтів залежно від крутизни схилу в розрізі окремих сільськогосподарських провінцій. Для прикладу, в Західних провінціях, незалежно від ступеня змитості (слабо-, середньо- та сильно змиті ґрунти) при розміщенні їх на виположеній ділянці чи схилі до 3⁰ такий коефіцієнт рівний одиниці. Для ґрунтів на схилі 3-7⁰ – він рівний 0,9; 0,95 і 1,0, а при стрімкості схилу більше 7⁰ – 0,7; 0,75 і 0,8 для ґрунтів зазначеного ступеня змитості відповідно. Для правобережних та лівобережних провінцій природно-сільськогосподарських зон відповідні коефіцієнти дещо нижчі (Новаковський та ін., 1992).

Зазначимо, що для встановлення залежності властивостей ґрунтів, прийнятих в якості критеріїв для бонітування від крутизни схилу, рекомендовано по одному з природно-сільськогосподарських районів, де широко розповсюджені еродовані ґрунти, провести збір і статистичний обробіток даних про властивості ґрунтів окремо по технологічних групах земель в розрізі агровиробничих груп ґрунтів. На основі таких даних слід розрахувати бонітети змитих ґрунтів і підкоректувати наведені в додатку до методики коефіцієнти зміни бала, отримані розрахунково. Фактично, можливо розрахувати тільки бонітет агрогруп ґрунтів різного ступеня змитості, розміщених на схилі крутизною до 3⁰, а для агрогруп ґрунтів, що відносяться до інших технологічних груп земель використовувати тільки поправочні коефіцієнти (Новаковський та ін., 1992).

Однак, такий підхід не враховує закономірностей зміни урожаю окремих сільськогосподарських культур на еродованих ґрунтах та специфіки зміни ґрунтових властивостей у різних природно-сільськогосподарських районах окремого округу, а тим більше провінції. Зазначимо, що бонітет ґрунтів різного ландшафтного місцеполо-

ження у випадку наявності даних про показники їх властивостей можливо розрахувати за наведеним у чинній методиці бонітування алгоритмом (Новаковський та ін., 1992). Його величина в розрізі окремих агрогруп буде залежати від генетичної специфіки, а також від характеру та інтенсивності використання орних земель, що призводять до сильнішого чи слабшого розвитку ерозійних процесів, а отже й погіршення окремих показників ґрунтових властивостей.

Проаналізуємо бонітети агропробних груп ґрунтів орних земель, спільних для земельно-оціночних районів Чернівецької області. При порівнянні величин бонітетів таких ґрунтових відмін встановлено, що його величина знижується (за невеликими винятками) в напрямі: Кіцмансько-Кельменецький – Сокирянський – Чернівецький земельно-оціночний район. Бонітет деяких агрогруп ґрунтів, розміщених у Кіцмансько-Кельменецькому районі виявився в 1,5-2 рази вищим, ніж аналогічних ґрунтових відмін Сокирянського та Чернівецького районів, за виключенням агрогруп 49е, 501е та 82л (табл.1). Це може бути пояснене різною сприятливістю факторів ґрунтоутворення для проходження ґрунтоутворюючого процесу. Наприклад, для території Кіцмансько-Кельменецького земельно-оціночного району характерна краща зволоженість порівняно з територією Сокирянського. На території останнього склалася краща теплозабезпеченість порівняно з Чернівецьким.

Іншою закономірністю є те, що бонітет агрогруп ґрунтів схилів стрімкістю більше 70 порівняно з ґрунтами виліжених місцезростаювань і схилів стрімкістю до 30 знижується більше в

Кіцмансько-Кельменецькому земельно-оціночному районі. Наприклад, для агрогрупи 37е зниження бонітету складає 13 балів при 9 і 6 балах у Сокирянському та Чернівецькому районах. Для агрогрупи 50е ці показники складають 15, 12 і 10 балів відповідно для зазначених земельно-оціночних районів. Це може свідчити про посилення розвитку ерозійних процесів з підвищенням стрімкості схилів саме в Кіцмансько-Кельменецькому земельно-оціночному районі.

Наступним етапом досліджень було встановлення коефіцієнтів зміни бала бонітету слабо-, середньо- та сильнозмитих ґрунтів у випадку їх розміщення на схилах 3-50, 5-70 і більше 70 по відношенню до їх аналогів, розміщених на виліжених ділянках та схилах менше 30. Для слабозмитих ґрунтів характерно те, що при деякому варіюванні значень коефіцієнтів, середні показники виявилися близькими до нормативних значень в усіх трьох районах (табл. 2). У випадку середньозмитих ґрунтів середні значення коефіцієнта для ґрунтів, розміщених на схилі 5-70 відрізняються від нормативного значення незалежно від району. В Кіцмансько-Кельменецькому районі відхилення коефіцієнта від встановлених нормативних значень складають 0,044, Сокирянському – 0,060 та в Чернівецькому – 0,046. Для ґрунтів, розміщених на схилах іншої стрімкості відмінності значень отриманих коефіцієнтів від встановлених нормативів відсутні.

Щодо сильнозмитих ґрунтів, то проявляються незначні відмінності від встановлених нормативів у Сокирянському (особливо для агрогруп, розміщених на схилах стрімкістю більше 70) та Чернівецькому земельно-оціночних районах.

Табл. 1. Бонітет ґрунтів різного ландшафтного місцезростаювання земельно-оціночних районів Чернівецької області

Агрогрупа ґрунту	Кіцмансько-Кельменецький				Сокирянський				Чернівецький			
	3 ⁰	3-5 ⁰	5-7 ⁰	7 ⁰	3 ⁰	3-5 ⁰	5-7 ⁰	7 ⁰	3 ⁰	3-5 ⁰	5-7 ⁰	7 ⁰
Слабозмиті ґрунти												
37в	32	30	27	22	24	23	20	17	21	20	18	15
37г	40	38	34	28	30	29	26	21	26	25	22	18
37д	47	45	40	33	33	31	28	23	25	24	21	18
37е	44	42	37	31	34	32	29	24	25	24	21	18
49 ¹ е	86	82	73	60	55	52	47	39	58	55	49	41
49е	94	89	80	60	62	59	53	43	60	57	51	42
85л	20	19	17	14	39	37	33	27	39	37	33	27
Середньозмиті ґрунти												
38д	27	26	26	20	24	24	23	18	19	19	18	14
50 ¹ е	54	53	52	41	24	24	24	19	38	37	37	29
50е	60	59	58	45	49	48	48	37	41	40	40	31
Сильнозмиті ґрунти												
51 ¹ е	25	25	25	20	24	24	24	19	38	37	37	29
86л	14	14	14	11	30	29	29	23	30	29	29	23

Tab. 1. Estimation of soils of different land landscape location estimates districts of Chernivtsi region

Табл. 2. Коефіцієнти зміни бала бонітету еродованих ґрунтів залежно від крутизни схилу для земельно-оціночних районів Чернівецької області

Tab. 2. Coefficient of variation points growth class eroded soils depending on the steepness of the slope to land valuation districts of Chernivtsi region

Агрогрупа ґрунту	Кіцмансько-Кельменецький				Сокирянський				Чернівецький			
	3 ⁰	3-5 ⁰	5-7 ⁰	7 ⁰	3 ⁰	3-5 ⁰	5-7 ⁰	7 ⁰	3 ⁰	3-5 ⁰	5-7 ⁰	7 ⁰
Слабозмиті												
37в	1,0	0,937	0,844	0,733	1,0	0,958	0,833	0,708	1,0	0,952	0,857	0,714
37г	1,0	0,95	0,85	0,70	1,0	0,967	0,867	0,70	1,0	0,962	0,846	0,692
37д	1,0	0,958	0,851	0,702	1,0	0,839	0,849	0,697	1,0	0,960	0,840	0,720
37е	1,0	0,955	0,841	0,705	1,0	0,941	0,853	0,706	1,0	0,960	0,840	0,720
49 ¹ е	1,0	0,954	0,849	0,698	1,0	0,946	0,855	0,709	1,0	0,948	0,845	0,707
49е	1,0	0,947	0,851	0,638	1,0	0,952	0,855	0,694	1,0	0,95	0,850	0,70
85л	1,0	0,95	0,85	0,70	1,0	0,949	0,846	0,693	1,0	0,949	0,846	0,693
Середнє	1,0	0,950	0,848	0,696	1,0	0,936	0,851	0,701	1,0	0,954	0,846	0,706
Нормативне значення	1,0	0,95	0,85	0,70	1,0	0,95	0,85	0,70	1,0	0,95	0,85	0,70
Середньозмиті												
38д	1,0	0,963	0,963	0,741	1,0	1,0	0,958	0,750	1,0	1,0	0,947	0,737
50 ¹ е	1,0	0,982	0,963	0,759	1,0	1,0	1,0	0,792	1,0	0,974	0,974	0,763
50е	1,0	0,983	0,967	0,750	1,0	0,98	0,98	0,755	1,0	0,976	0,976	0,756
Середнє	1,0	0,976	0,964	0,750	1,0	0,990	0,980	0,765	1,0	0,983	0,966	0,752
Нормативне значення	1,0	0,98	0,92	0,75	1,0	0,98	0,92	0,75	1,0	0,98	0,92	0,75
Сильнозмиті												
51 ¹ е	1,0	1,0	1,0	0,80	1,0	1,0	1,0	0,792	1,0	1,0	1,0	0,818
86л	1,0	1,0	1,0	0,786	1,0	0,967	0,967	0,767	1,0	0,967	0,967	0,767
Середнє	1,0	1,0	1,0	0,793	1,0	0,984	0,984	0,779	1,0	0,984	0,984	0,792
Нормативне значення	1,0	1,0	1,0	0,80	1,0	1,0	1,0	0,80	1,0	1,0	1,0	0,80

Висновки. 1. Бонітет одних і тих же агровиروبних груп ґрунтів Чернівецької області знижується в напрямі: Кіцмансько-Кельменецький – Сокирянський – Чернівецький земельно-оціночний район. Найвище зниження бонітету (на 25-30%) притаманне агрогрупам ґрунтів, розміщеним на схилах стрімкістю більше 7⁰ порівняно з тими ж агрогрупами виположених місцезростаювань та схилів до 3⁰. Найістотніше зниження бонітету (до 15%) на схилах 5-7⁰ відмічене для слабозмитих відмін, для середньозмитих воно незначне (3-4%), а сильно змитих – відсутнє. Найменше зниження бонітету (слабозмитих на 4-6, а середньозмитих – 2-4%) спостерігається для ґрунтів, розміщених на схилі 3-5⁰. 2. Уточнено коефіцієнти зміни балів бонітету слабо-, середньо- та сильнозмитих ґрунтів у залежності від їх ландшафтного місцезростаювання (схил 0-3⁰, 3-5⁰, 5-7⁰ і більше 7⁰) для території Кіцмансько-Кельменецького, Сокирянського та Чернівецького земельно-оціночних районів через використання бонітетів, встановлених за числовими параметрами показників ґрунтових властивостей. Найістотніше відхилення їх

значень від встановлених нормативів характерне для середньозмитих ґрунтів досліджуваних земельно-оціночних районів, розміщених на схилі стрімкістю 5-7⁰.

Список літератури

1. Канаш О.П. Бонітування ґрунтів у контексті сучасних земельних проблем / О.П. Канаш // Генеза, географія та екологія ґрунтів: зб. наук. пр. - Львів: Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2008. - С. 269-273.
2. Медведєв В.В. Бонітування ґрунтів в Україні: підсумки і перспективи / В.В. Медведєв, І.В. Пліско // Вісник ХНАУ.-Сер. Ґрунтознавство, агрохімія, землеробство, лісове господарство, екологія ґрунтів.-2011.-№1.-С22-28.
3. Новаковський Л.Я. Методика бонітуровки почв України / Новаковський Л.Я., Канаш А. П., Розумний А.И., Деревицький А.В., Медведєв В.В. [та інші]. - К., 1992. - 102 с.
4. Полупан М.І. Родючість ґрунтів і ґрунтового покриву Степу Південного і Сухого за агропотенціалами сільськогосподарських культур та бонітурвальними критеріями / М.І. Полупан, В.А.Величко, В.Б.Соловей // Вісник аграрної науки.-2008.-№2.-С.18-25.
5. Смаґа І.С. Залежність природної та економічної родючості ґрунтів від їх ландшафтного місцезростаювання / І.С. Смаґа, М.А. Журавель // Вісник ХНАУ.- сер. Економічні науки.-2010.-№11.- С. 249-255.
6. Технічна документація бонітування ґрунтів Чернівецької області.-Чернівці, 1994.- 383с.

CREDITWORTHINESS SOIL FORMATION DIFFERENT LANDSCAPE LOCATION

I. S. Smaha

Separation was carried out methodological problems establishing an objective assessment of growth class agroindustrial groups of similar soils, which are attributed to the different technological groups of land. Indicators of growth class were analyzed agroindustrial groups cropland soils, which are common to Kitsman-Kelmenetsky, Sokyryany and Chernivtsi land valuation districts of Chernivtsi Region. Established valuation parameters growth class single genetic nature of soil, depending on the location of the landscape (flat land and slopes and 3⁰, the slopes, slope 3-5⁰, 5-7⁰ and over 7⁰) in terms of various land valuation areas.

The analysis of regulatory indicators refinement coefficients change points varying degrees of soil erosion and refinement on the basis of average growth class rank determined by soil properties for individual land valuation areas.

Keywords: creditworthiness of soil, soil quality, natural and agricultural zoning, appraisal methodology, landscape location of land, land evaluation area, eroded soils, rates of change points growth class.

СОЗОФІТИ НАЦІОНАЛЬНОГО ПРИРОДНОГО ПАРКУ «ПОДІЛЬСЬКІ ТОВТРИ»

Л.Г.Любінська

Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка,
вул. Івана Огієнка, 61, м. Кам'янець-Подільський, Хмельницька обл.32300

Наведено список созофітів національного природного парку «Подільські Товтри». Флора НПП налічує 38 видів з «червоних» списків (Міжнародний червоний – 4, Європейський червоний список – 5, Список Бернської конвенції – 5, Список ICTS – 27) та 77 видів з Червоної книги України, 93 – регіональний червоний список Хмельницької області.

Ключові слова: созофіти, Національний природний парк «Подільські Товтри»

Дослідження флори на території, що увійшла в 1996 р. в національний природний парк (НПП) «Подільські Товтри» (Хмельницька обл.) активно проводилися науковцями у XIX-XXI ст. Висвітлення проблеми рідкісності видів на Поділлі започатковано В.Г. Бессером [12] та А.Л. Андржієвським [11]. Конкретизацію созологічних аспектів флори здійснив І.К. Пачоський [7], який вказав на унікальність флори, навів ендемічні та реліктові види. У 50-х роках XX ст. аналіз раритетних компонентів для Середнього Придністров'я проводить Г.М. Кузнєцова [4]. Узагальнення созологічних досліджень та оцінку рідкісної флори для Волино-Поділля здійснив Б.В. Заверуха [2]. Створення НПП спонукало до інвентаризації місць зростання рідкісних видів, наведених науковцями у літературних джерелах, виявлених у зборах гербаріїв Інституту ботаніки та Інституту екології НАН України, Кам'янець-Подільського ботанічного саду, Подільського аграрно-технічного університету та гербарію, отриманого від Кам'янець-Подільського відділення всеукраїнського географічного товариства. Розпочалися дослідження і виявлення нових оселищ рідкісних видів, вивчення стану популяцій раритетів, узагальнення списків раритетів науковцями НПП [5,6].

Матеріали та методи дослідження. Проведено маршрутне вивчення рідкісних видів. Здійснено аутфітосозологічну оцінку, видів, занесених до Червоної Книги України (ЧКУ)[9, 10] і визначено аутфітосозологічний індекс за методикою С.М. Стойко [8]. Проаналізовано стан популяцій окремих видів на контрольованій НПП території та на не вилучених у користування землях. Созологічний статус наводиться відповідно до ЧКУ [9], ЄЧС - Європейський Червоний список [9], СЧС - Світовий Червоний список [10], БЕРН - Бернська конвенція [1], CITES [3]. Назви видів рослин наводяться за S.L. Mosyakin, M.M. Fedoronchuk [13].

Результати досліджень та їх обговорення.

Перші списки рідкісних видів для території НПП «Подільські Товтри» наведені у першому томі Літопису природи НПП та передано для створення переліку видів, що потребують охорони у Хмельницькій обл. Для внесення рослин до списків (переліків) регіонального рівня розроблено принципи і критерії. Загальноприйнятим принципом охорони видів є наявність охоронного статусу вищих рангів: міжнародного (міждержавного) (Світовий Червоний список (МСОП), Європейський Червоний список, Додаток I Конвенції про міжнародну торгівлю видами дикої фауни і флори, яким загрожує зникнення (Бернська конвенція) та загальнодержавного (Червона книга України (1996)). Критерії відповідають прийнятим у Червоній книзі України. Зокрема, виділяються види ендемічні, на межі ареалу, диз'юнктивноареальні (з розірваним ареалом); види, місця зростання яких інтенсивно знищуються через використання надр; реліктові; види, що формують рідкісні угруповання, які занесені до Зеленої книги України; види, які мають низький біологічний потенціалі низьку чисельність особин; види, що інтенсивно використовуються населенням (декоративні, лікарські, кормові тощо); рідкісні види, які наводилися для даної території, але на сучасному етапі інформації недостатньо для встановлення їх статусу.

Списки видів, що потребують охорони на території НПП «Подільські Товтри», постійно коректуються, що спричинено оновленням інформації та змінами у Червоній книзі України. Важливим моментом є підтвердження місць знаходження чи зростання видів, які відомі за гербарними зборами чи літературними джерелами. Також перевіряється усна інформація. Станом на 1.01.2011 р. нами встановлено перелік видів, що занесені до Червоної книги України (2009) нараховує 77 видів, які входять до 46 родів, 22 родин, 3 класів та 2 відділів.

У созологічні списки міжнародного значення занесено 38 видів (МСОП – 4, Європейський

список – 5, Додаток 2 Бернської конвенції – 6 видів, ICTS – 27 (табл.1). Доля рідкісних видів, що занесені до ЧКУ, у флорі НПП “Подільські Товтри” складає 5,0 %, у флорі України – 1, 4% (при тому що площа парку займає лише 0, 42 % території України).

Таблиця 1.

Аутофитозологічні індекси раритетних видів
НПП “Подільські Товтри”

Table 1.

Aufitosenologichni indexes rare species NNP "Podilsky
Tovtry"

№	Назва виду	АФІ НПП	Європейський список	МСОП	Додаток II Бернської Конвенції	СІТЕС
1.	<i>Aconitum besserianum</i> Andrz.	14,6				
2.	<i>Aconitum pseudanthora</i> Blocki ex Pacz.	9,1				
3.	<i>Adonis vernalis</i> L.	6,1				
4.	<i>Allium obliquum</i> L.	11,2				
5.	<i>Allium pervestitum</i> Klok.	13,1	+			
6.	<i>Allium sphaeropodium</i> Klok.	13,8				
7.	<i>Allium strictum</i> Schrad.	12,7				
8.	<i>Allium ursinum</i> L.	7,5				
9.	<i>Anacamptis coriophora</i> (L.) (R.M. Bateman, Pridgeon et M.W. Chase	5,7			+	
10.	<i>Anacamptis morio</i> (L.) R.M. Bateman, Pridgeon et M.W. Chase	9,4				+
11.	<i>Anacamptis palustris</i> (Jacq.) R.M. Bateman, Pridgeon et M.W. Chase	7,4				+
12.	<i>Anacamptis pyramidalis</i> (L.) Rich.	5,7				+
13.	<i>Asplenium adiantum-nigrum</i> L.	7,1				+
14.	<i>Astragalus monspessulanus</i> L.	9,4				
15.	<i>Astragalus ponticus</i> Pall.	10,2				
16.	<i>Atropa belladonna</i> L.	7,7				
17.	<i>Carex alba</i> Scop.)	10,3				
18.	<i>Carlina cirsioides</i> Klok.	12,5	+			
19.	<i>Cephalanthera damasonium</i> (Mill.) Druce	6,8				+
20.	<i>Cephalanthera longifolia</i> (L.) Fritsch	8,8				+
21.	<i>Cephalanthera rubra</i> (L.) Rich.	8,8				+
22.	<i>Chamaecytisus albus</i> (Hacq.) Rothm.	11,4				
23.	<i>Chamaecytisus blockianus</i> (Pawl.) Klaskova	12,0	+	+		
24.	<i>Chamaecytisus paczoskii</i> (V.Krecz.) Klaskova	11,0		+		
25.	<i>Chamaecytisus podolicus</i> (Blocki) Klaskova	14,2	+	+		
26.	<i>Corallorhiza trifida</i> Chatel.	10,5				
27.	<i>Crocus heuffelianus</i> Herb.	9,5				
28.	<i>Cypripedium calceolus</i> L.	9,3			+	+
29.	<i>Dactylorhiza fuchsii</i> (Druce) Soo	3,7				+
30.	<i>Dactylorhiza incarnata</i> (L.) Soo	4,2				+
31.	<i>Dactylorhiza maculata</i> (L.) Soo	4,2				+
32.	<i>Dactylorhiza majalis</i> (Reichenb.) P.F.Hunt et Summerhayes	5,7				+
33.	<i>Dictamnus albus</i> L.	10,0				
34.	<i>Dracocephalum austriacum</i> L.	6,0			+	
35.	<i>Epipactis atrorubens</i> (Hoffm. et Bernh.) Schult	7,7				+
36.	<i>Epipactis helleborine</i> (L.) Crantz	7,2				+
37.	<i>Epipactis palustris</i> (L.) Crantz	8,1				+
38.	<i>Epipactis purpurata</i> Smith	8,9				+
39.	<i>Euonymus nana</i> Bieb.	10,5				
40.	<i>Euphorbia volhynica</i> Bess, ex Szaf., Kulcz. et Pawl.	14,7				
41.	<i>Fritillaria montana</i> Hoppe	11,5			+	

42.	<i>Galanthus nivalis</i> L.	6,8				
43.	<i>Gladiolus imbricatus</i> L.	9,5				
44.	<i>Gymnadenia conopsea</i> (L.) R.Br.	4,2				+
45.	<i>Gypsophila thyracea</i> Krasnova	14,7				
46.	<i>Iris sibirica</i> L.	9,7				
47.	<i>Lathyrus laevigatus</i> (Waldst. et Kit.	12,8				
48.	<i>Lathyrus venetus</i> (Mill.) Wohlf.	10,5				
49.	<i>Lilium martagon</i> L.	8,0				
50.	<i>Linum basarabicum</i> (Savul. et Rayss) Klokov ex Juz.	14,3				
51.	<i>Listera ovata</i> (L.) R.Br.	8,0				+
52.	<i>Lunaria rediviva</i> L.	9,8				
53.	<i>Malaxis monophyllos</i> (L.) Sw.	8,2				+
54.	<i>Neottia nidus-avis</i> (L.) Rich.	9,1				+
55.	<i>Neotinea ustulata</i> (L.) R.M. Bateman, Pridgeon et M.W. Chase	7,4				+
56.	<i>Orchis mascula</i> (L.) L.	7,4				+
57.	<i>Orchis militaris</i> L.	5,3				+
58.	<i>Orchis signifera</i> Vest	7,7				+
59.	<i>Platanthera bifolia</i> (L.) Rich.	7,1				+
60.	<i>Platanthera chlorantha</i> (Cust.) Reichenb.	7,1				+
61.	<i>Pulsatilla grandis</i> Wend.	10,3				+
62.	<i>Pulsatilla patens</i> (L.) Mill.	9,6				+
63.	<i>Pulsatilla pratensis</i> (L.) Mill.	11,2				
64.	<i>Rhamnus tinctoria</i> Waldst. Et Kit.	7,8				
65.	<i>Rosa czackiana</i> Besser	14,0				
66.	<i>Salvia cremonensis</i> Bess.	15,1	+			
67.	<i>Schivereckia podolica</i> (Bess.) Andr. ex DC.	14,0	+	+	+	
68.	<i>Scopolia carniolica</i> Jacq.	9,1				
69.	<i>Scutellaria verna</i> Bess.	11,9				
70.	<i>Sorbus torminalis</i> (L.) Crantz	9,0				
71.	<i>Staphylea pinnata</i> L.	9,1				
72.	<i>Stipa capillata</i> L.	8,2				
73.	<i>Stipa pennata</i> L.	8,3				
74.	<i>Stipa lessingiana</i> Trin.en Rupr.	9,8				
75.	<i>Stipa pulcherrima</i> C.Koch	8,3				
76.	<i>Thalictrum foetidum</i> L.	9,9				
77.	<i>Viola alba</i> Bess.	11,3				

Для 16 видів місця знаходження не підтвердження і в інших місцях зростання їх не виявлено (*Anacamptis morio* (L.) R.M. Bateman, Pridgeon et M.W. Chase, *Anacamptis palustris* (Jacq.) R.M. Bateman, Pridgeon et M.W. Chase, *Anacamptis pyramidalis* (L.) Rich., *Asplenium adiantum-nigrum* L., *Carlina cirsioides* Klok., *Dactylorhiza fuchsii* (Druce) Soo, *Dactylorhiza incarnata* (L.) Soo, *Dactylorhiza maculata* (L.) Soo, *Dracocephalum austriacum* L., *Gymnadenia conopsea* (L.) R.Br., *Iris sibirica* L., *Malaxis monophyllos* (L.) Sw., *Neotinea ustulata* (L.) R.M. Bateman, Pridgeon et M.W. Chase, *Orchis mascula* (L.) L., *Orchis militaris* L., *Orchis signifera* Vest).

У перелік видів, що не внесені до Червоної книги і потребують охорони в межах НПП та Хмельницької області, нами включено 93 види з 39 родин та 4 класів (*Aconitum eulophum* Reichenb., *Aconitum moldavicum* Hacq., *Aconitum variegatum* L., *Actaea spicata* L., *Allium podolicum* (Aschers. et Graebn.) Blocki ex Racib., *Allium sphaerocephalon* L., *Allium alexandrii* Пјинська, *Amygdalus nana* L., *Anchusa pseudocholeuca* Schost., *Anemone sylvestris* L., *Antennaria dioica* (L.) Gaertn., *Arum besserianum* Schott., *Astragalus albidus* Waldst. et Kit., *Astragalus austriacus* Jacq., *Blechnum spicant* L., *Campanula persicifolia* L.,

Carex atherodes Spreng., *Carex brevicollis* DC., *Carex hordeistichos* Vill., *Centaurea marschalliana* Spreng., *Centaurea orientalis* L., *Centaureum erythraea* Rafn., *Cerasus fruticosa* Pall., *Chamerion dodonaei* (Vill.) Holub, *Cicuta virosa* L., *Cleistogenes serotina* (L.) Keng, *Coronilla coronata* L., *Crataegus lipskyi* Klok., *Cymicifuga europaea* Schipcz., *Daphne mezereum* L., *Dentaria glandulosa* Waldst. et Kit., *Dianthus andzejowskianus* (Zapal.) Kulcz., *Ephedra distachya* L., *Equisetum telmateia* Ehrh., *Euphorbia angulata* Jacq., *Euphorbia lingulata* Jacq., *Euphorbia tyraica* Klok. et Artemcz., *Galium tyraicum* Klok., *Genista germanica* L., *Gentiana pneumonanthe* L., *Gnaphalium uliginosum* L., *Hackelia deflexa* (Wahlenb.) Opiz, *Hedera helix* L., *Helleborus purpurascens* Waldst. et Kit., *Hordelymus europaeus* (L.) Harz, *Hyacinthella leucopaea* (C. Koch) Schur., *Inula helenium* L., *Iris graminea* L., *Iris hungarica* Waldst. et Kit., *Lappula semicineta* (Stev.) M.Pop. ex Dobroc., *Laser trilobum* (L.) Borkh., *Lemna gibba* L., *Leopoldia tenuiflora* (Tausch) Heldr., *Linum linearifolium* (Lindem.) Jav., *Melittis sarmatica* Klok., *Mercurialis ovata* Sternb. et Hoppe, *Minuartia thyraica* Klok., *Nymphaea alba* L., *Nymphaea candida* J. et C. Presl, *Onosma macrochaeta* Klok. et Dobroc., *Oxytropis pilosa* (L.) DC., *Pedicularis kaufmannii* Pinzg., *Pilosella shultesii* (F.Schultz) F.Schultz et Sch.Bip., *Phyllitis scolopendrium* (L.) Newm., *Polygala sibirica* L., *Polypodium vulgare* L., *Polypodium interjectum* Shivas, *Polystichum braunii* (Spenn) Fée, *Potentilla alba* L., *Poterium sanguisorba* L., *Primula veris* L., *Primula elatior* (L.) Hill., *Pulmonaria mollis* Wulf. ex Hornem, *Ptarmica vulgaris* DC., *Pyrola rotundifolia* L., *Ranunculus zapalowiczii* Pacz., *Ranunculus lingua* L., *Rosa livescens* Bess., *Rosa nitidula* Bess., *Salvia austriaca* Jacq., *Salvia betonicaefolia* Etl., *Scorzonera purpurea* L., *Senecio nemorensis* L., *Sesleria heuflerana* Schur., *Spiraea media* Franz Schmidt, *Spiraea piroviensis* Besser, *Teucrium pannonicum* A.Kerner, *Trifolium ochroleucum* Huds., *Trifolium pannonicum* Jacq., *Trollius europaeus* L., *Veratrum lobelianum* Bernh., *Veronica montana* L., *Vinca minor* L.).

Висновки

У списку видів, що потребують охорони на території НПП, окрім 77 червонокнижних, 27 реліктів (*Arum besseranum* Schott., *Ephedra dis-*

tachya L., *Polygala sibirica* L.), 12 ендеміків (*Anchusa pseudoochroleuca* Schost., *Minuartia thyraica* Klok., *Euphorbia tyraica* Klok. Et Artemcz., *Spiraea piroviensis* Besser), видів на межі ареалу – 12 (*Centaurea orientalis* L., *Helleborus purpurascens* Waldst. et Kit., *Sesleria heuflerana* Schur.) та 14 видів з розірваним ареалом (*Amygdalus nana* L., *Centaurea marschalliana* Spreng.).

Чисельними є родини *Orchidaceae* (30 видів), *Fabaceae* (17), *Ranunculaceae* (18), *Rosaceae* (11), *Asteraceae* (10).

Список літератури

1. Вінніченко Т.С. Рослини України під охороною Бернської конвенції. – К.: Хімджест, 2006. – 176 с.
2. Заверуха Б.В. Флора Волино-Поділля та її генезис. – К.: Наук. думка, 1985. – 192 с.
3. Збірник законодавчих актів України про охорону навколишнього природного середовища: Міжнар. конвенції та угоди, ін. правові акти. – Т. 5. – Чернівці: Зелена Буковина, 1999. – 344 с.
4. Кузнєцова Г.О. Флора і рослинність Середнього Придністров'я. // Матеріали до вивчення природних ресурсів Поділля. – Тернопіль-Кременець. – 1963. – №4. – 146 с.
5. Любінська Л. Г. // Літопис НПП «Подільські Товтри». Т. 1. – 1997. – Т. 1. – Реєстр. № 0105U007009, облік. № 0205U006338. – С. 19-23, 52-56.
6. Любінська Л.Г., Ковальчук С.І., Матвеев М.Д. Природні цінності національного природного парку «Подільські Товтри». – Кам'янець-Подільський, 1999. – 89 с.
7. Пачоский И.К. Основные черты развития флоры юго-западной России // Записки Новорос. о-ва естествоиспытателей. – 1910. – Т.34. – С.1– 430.
8. Стойко С.С., Ященко П.Т., Кагало О.О. та ін. Аутофітосоціологічна оцінка рідкісних і зникаючих видів рослин, їх узагальнений та регіональний перелік // Раритетний фітогенофонд західних регіонів України (соціологічна оцінка й наукові засади охорони). – Львів: Ліга-Прес, 2004. – С. 66-67.
9. Червона книга України. Рослинний світ / відп. ред. Ю.Р.Шеляг-Сосонко. –Київ: Вид-во Укр. енцикл., 1996. – 608 с.
10. Червона книга України. Рослинний світ/ за ред. Я.П. Дідуха. – К.: Глобалконсалтинг, 2009. – 900 с.
11. Andrzejowski A. Rys botaniczny krain zwiedzonych w podrozach miedzy Bohem a Dnistrem od Zbrucz az do morza Czarnego odbytych w latach 1814, 1816, 1818, 1822/ A. Andrzejowski - Wilno, 1823.
12. Besser W. Enumeration plantarum hucusque in Volhynia, Podolia, gub. Kioviensi, Bessarabia cis Thyraica et circa Odessam collectarum simul cum observationibus in rimitias Florae Galiciae Austriae. –Vilnae, 1882. – 111 p.
13. Mosyakin S.L. Vascular plants of Ukraine. A nomenclatural checklist. – Kiev, 1999. – 346 p.

SOZOPHYTES OF THE NATIONAL NATURE PARK “PODILSKI TOVTRY”

L.G. Lyubinska

The list of sozophytes of the National nature park “Podilski Tovtry” and autfitosozological index of them are presented. Flora of NNP include 38 species of various lists (World Red List – 4, список European Red List – 5, Bern Convention – 6 видів, ICTS – 26) and 77 species in Red Data Book of Ukraine, 93 – in Khmelnytskii region.

Key words: sozophytes, National nature park “Podilski Tovtry”

ЗМІСТ

БІОХІМІЯ, БІОТЕХНОЛОГІЯ, МОЛЕКУЛЯРНА ГЕНЕТИКА

Г. П. КОПИЛЬЧУК, І. М. БУЧКОВСЬКА NO-СИНТАЗНА АКТИВНІСТЬ У КЛІТИНАХ ПЕЧІНКИ ЩУРІВ ЗА УМОВ РІЗ- НОЇ ЗАБЕЗПЕЧЕНОСТІ ПРОТЕЇНОМ	G. P. KOPYLCHUK, I. M. BUCHKOVSKA NO-SYNTHASE ACTIVITY IN RAT LIVER CELLS UNDER CONDITIONS OF DIFFERENT PROTEIN SUPPLEMENTATION	155
Д. О. МІНЧЕНКО, Д. О. КОМПАНИЄЦЬ, І. В. КРИВДЮК, Т. В. БАКАЛЕЦЬ, Б. М. ТЕРЛЕЦЬКИЙ, Ю. Д. ЗАЛЄСНА, О. В. ГУБЕНЯ, Л. Л. КАРБОВСЬКИЙ, О. Г. МІНЧЕНКО ЕКСПРЕСІЯ CDC20, CDC42 ТА CDC42-ЕФЕКТОРНИХ ГЕНІВ У КЛІТИНАХ ГЛІОМИ ЛІНІЇ U87 З ПРИГНІЧЕНОЮ ФУНКЦІЄЮ СИГНАЛЬНОГО ЕНЗИМУ ERN1: ВПЛИВ ГІПОКСІЇ	D. O. MINCHENKO, D. O. KOMPANIETS, I. V. KRYVDIUK, T. V. BAKALETS, B. M. TERLETSKYI, Y. D. ZALESNA, O. V. HUBENIA, L. L. KARBOVSKYI, O. H. MINCHENKO THE EXPRESSION OF CDC20, CDC42 AND CDC42-EFFECTOR GENES IN U87 GLIOMA CELLS WITH ERN1 SIGNALING ENZYME LOSS OF FUNCTION: EFFECT OF HYPOXIA	160
І. О. ШМАРАКОВ, В. А. ДИМАШОК, Г. П. КОПИЛЬЧУК, М. М. МАРЧЕНКО ВПЛИВ АЛІМЕНТАРНИХ РЕТИНОЇДІВ НА РІСТ КАРЦИНОМИ ЛЬЮІС В МИШЕЙ	I. O. SHMARAKOV, V. A. DYMASHOK, G. P. KOPYLCHUK, M. M. MARCHENKO NUTRITIONAL RETINOIDS INFLUENCE ON LEWIS LUNG CARCINOMA GROWTH IN MICE	167
О. П. ДОЛАЙЧУК, Р. С. ФЕДОРУК, М. І. ХРАБКО ФРАКЦІЙНИЙ СКЛАД ФЕНОЛІВ ТКАНИН ЩУРІВ ДВОХ ПОКОЛІНЬ ДО РАЦІОНУ ЯКИХ ДОДАВАЛИ НАТИВНУ ТА ГМ СОЮ	O. P. DOLAYCHUK, R. S. FEDORUK, M. I. KHRABKO FRACTIONAL COMPOSITION OF PHENOLS IN TISSUES OF TWO-GENERATIONS OF RATS FED DIET WITH ADDED CONVENTIONAL AND GM SOYBEAN	172
Л. М. ЧЕБАН, І. В. МАЛІЩУК АНАЛІЗ РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ <i>ACONITUM EULOPHUM RCHB.</i> НА ВМІСТ СПОЛУК ФЕНОЛЬНОЇ ПРИРОДИ	L. M. CHEBAN, I. W. MALISCHUK THE ANALYSIS OF <i>ACONITUM EULOPHUM RCHB.</i> PLANT MATERIAL ON THE CONTENT OF PHENOLIC NATURE COMPOUNDS	176
С.В.ГОРОБЕЦЬ, О.Ю.ГОРОБЕЦЬ, Ю.М.ЧИЖ, І.В.ДЕМ'ЯНЕНКО ГЕНЕТИЧНА ОСНОВА ФУНДАМЕНТАЛЬНОГО МЕХАНІЗМУ БІОСИНТЕЗУ НАНОМАГНЕТИТУ У МАГНІТОТАКСИСНИХ ТА АНАЕРОБНИХ МІКРООРГАНІЗМІВ	S.V.GOROBETS, O.YU.GOROBETS, YU.M.CHYZH, I.V.DEMJANENKO THE GENETIC BASIS OF A FUNDAMENTAL MECHANISM OF THE BIOSYNTHESIS NANOMAGNETITE IN THE MAGNETOTACTIC AND ANAEROBIC MICROORGANISMS	181

ЕКОЛОГІЯ

О. АНДРЕЄВА, О. МАРИСКЕВИЧ, В. КОЗЛОВСЬКИЙ ХІМІЧНІ ЕЛЕМЕНТИ (Pb, Cd, Zn, Cu, Al, Ca, Mg, Mn, Fe) В ПЕРІОДІ ВІДКЛАДАХ ОЛІГОТРОФНОГО БОЛОТА МІШОК (РЕГІОНАЛЬНИЙ ЛАНДШАФТНИЙ ПАРК "НАДСЯНСЬКИЙ" УКРАЇНСЬКІ КАРПАТИ)	O. ANDRIEIEVA, O. MARYSKEVYCH, V. KOZLOVSKYY CHEMICAL ELEMENTS IN THE PROFILE OF SUBATLANTIC PERIOD OF HOLOCENE OF OLIGOTROPHIC BOG MISHOK (REGIONAL LANDSCAPE PARK NADSANSKY, UKRAINIAN CARPATHIANS)	188
О. В. СИЩИКОВА ВИДОВЕ РІЗНОМАНІТТЯ СТРЕПТОМІЦЕТІВ В ТЕХНОЗЕМАХ ХВОСТОСХОВИЩ ЗА ЇХ БІОЛОГІЧНОЇ РЕКУЛЬТИВАЦІЇ	O. V. SYSHCHUKOVA STREPTOMYCETES SPECIFIC VARIETY IN TEKHOZEMS OF TAILING PONDS UNDER THEIR BIOLOGICAL RECULTIVATION	192
Л. М. ХЛУС СТРУКТУРА ПОПУЛЯЦІЙ МОЛЮСКІВ РОДУ <i>XEROPICTA</i> КРЫН. В УРБОЛАНДШАФТІ ПІВДНЯ УКРАЇНИ: ФАКТОРНИЙ АНАЛІЗ	L. M. KHLUS. THE STRUCTURE OF <i>XEROPICTA</i> KRYN. POPULATIONS IN URBOLANDSCAPE OF THE SOUTH OF UKRAINE: FACTOR ANALYSIS	196
Т. В. МІЩЕНКО, А. В. ЗАВОРОТИНСЬКИЙ, А. О. ЖИДЕНКО АКТИВНІСТЬ КАТАЛАЗИ У ТКАНИНАХ КОРОПІВ ЯК БІОМАРКЕР ГЕРБИЦИДНОГО ЗАБРУДНЕННЯ ВОДОЇМ	T. V. MISHCHENKO, A. V. ZAVOROTYNSKYI, A. O. ZHIDENKO CATALASE ACTIVITY IN CARP TISSUES AS BIOMARKER OF HERBICIDE WATER POLLUTION	202
О. М. СМЕТАНА, О. О. ДОЛИНА, Ю. В. ЯРОЩУК ДИФЕРЕНЦІАЦІЯ ЕКОТОПІВ ПОСТТЕХНОГЕННИХ ЛАНДШАФТІВ (ГІТРО- ТА ЛІТОХІМІЧНИЙ АСПЕКТ)	A. N. SMETANA, A. A. DOLINA, Y. V. YAROSCHUK DIFFERENTIATION OF POST-INDUSTRIAL LANDSCAPE ECOTOPES (HUMIDITY AND LITHOCHEMICAL ASPECT)	206

БОТАНІКА. ЗБЕРЕЖЕННЯ БІОТИ І БІОРЕСУРСІВ

Ю. А. ВАШЕНЯК УЗЛІСНІ УГРУПОВАННЯ КЛАСУ <i>TRIFOLIO-GERANIETEA SANGUINEI</i> TH. MÜLLER 1961 НА ЦЕНТРАЛЬНОМУ ПОДІЛЛІ	YU. A. VASHENYAK FOREST-EDGE COMMUNITIES OF THE CLASS <i>TRIFOLIO-GERANIETEA SANGUINEI</i> TH. MÜLLER 1961 IN CENTRAL PODILLYA	210
М. М. ЧЕКАНОВ, І. П. ДІДЕНКО ВІКОВА ТА ВІТАЛІТЕТНА СТРУКТУРА ПОПУЛЯЦІЇ <i>PULSATILLA PRATENSIS</i> L. В СЕРЕДНЬОМУ ПОБУЖЖІ	M. M. CHEKANOV, I. P. DIDENKO AGE AND VITALITY STRUCTURES OF <i>PULSATILLA PRATENSIS</i> L. POPULATION ON MIDDLE POBUZHZHYA	220
І. В. ВАНТЮХ ПОШИРЕННЯ ТА РЕСУРСИ <i>ARNICA MONTANA</i> L. НА ТЕРИТОРІЇ ЧЕРНІВЕЦЬКОЇ ОБЛАСТІ	I. V. VANTYUH DISTRIBUTION AND RESOURCES OF <i>ARNICA MONTANA</i> L. IN CHERNIVTSI REGION	224
С. М. ЗИМАН, М. Ю. ДЕРБАК ПОШИРЕННЯ Й ЕКОЛОГО-ФІТОЦЕНОТИЧНІ ОСОБЛИВОСТІ РІДКІСНИХ РОСЛИН ГІРСЬКОЇ ФЛОРИ УКРАЇНСЬКИХ КАРПАТ ЯК МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ЇХ ПОРІВНЯЛЬНОГО ВИВЧЕННЯ <i>IN SITU</i> Й <i>EX SITU</i>	S. M. ZIMAN, M. YU. DERBAK DISTRIBUTION AND ECOLOGY-PHYTOCOENOTIC FEATURES OF THE RARE SPECIES WITHIN THE MOUNTAIN FLORA OF UKRAINIAN CARPATHIANS AS MODELS FOR THEIR COMPARATIVE STUDY <i>IN SITU</i> AND <i>EX SITU</i>	228
О. В. РЕШЕТИЮК МОРФОМЕТРИЧНІ ПОКАЗНИКИ ВІКОВИХ ГРУП У ПОПУЛЯЦІЯХ <i>CYPRIPEDIUM CALCEOLUS</i> L.	O. V. RESHETYUK MORPHOMETRIC INDICES OF AGE GROUPS IN <i>CYPRIPEDIUM CALCEOLUS</i> L. POPULATIONS	231
В. В. БУДЖАК, І. А. КОРОТЧЕНКО, А. І. ТОКАРЮК, І. І. ЧОРНЕЙ ГЕОБОТАНІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОСЛИННОСТІ УРОЧИЩА «СТЕП МАСЬОК»	V. V. BUDZHAK, I. A. KOROTCHENKO, A. I. TOKARYUK, I. I. CHORNEY GEOBOTANIC CHARACTERISTICS OF VEGETATION OF TRACT «STEP MASYOK»	235
С. Г. ЛІТВІНЕНКО РЕЗУЛЬТАТИ ІНТРОДУКЦІЇ СХІДНОАЗІАТСЬКИХ ДЕРЕВ'ЯНИСТИХ ЛІАН НА БУКОВИНІ	S. G. LITVINENKO THE RESULTS OF EAST ASIAN WOODY VINES INTRODUCTION IN BUKOVYNA	249
А. І. ТОКАРЮК, О. Д. ВОЛУЦА ХОРОЛОГІЧНІ ТА ЕКОЛОГО-ЦЕНОТИЧНІ ОСОБЛИВОСТІ <i>GALATELLA PUNCTATA</i>	A. I. TOKARYUK, O. D. VOLUTSA CHOROLOGICAL, ECOLOGICAL AND COENOTICAL FEATURES OF <i>GALATELLA</i>	253

(WALDST. & KIT.) NEES (*ASTERACEAE* DUMORT.) У ЧЕРНІВЦЬКІЙ ОБЛАСТІ
PUNCTATA (WALDST. & KIT.) NEES (*ASTERACEAE* DUMORT.)
ON THE TERRITORY OF CHERNIVTSI REGION

ГРУНТОЗНАВСТВО

- Ю. М. ДМИТРУК** ОСОБЛИВОСТІ ОКРЕМИХ ПІДХОДІВ ДО ГЕОХІМІЧНОГО АНАЛІЗУ УМОВ ПАЛЕОГРУНТОГЕНЕЗУ
Y. M. DMYTRUK GEOCHEMICAL APPROACHES TO THE ASSESSMENT OF REDOX CONDITIONS OF PALEOPEDOGENESIS 257
- С. Г. ЧОРНИЙ, О. В. ВИДИНІВСЬКА** ЕМІСІЯ ОКИСУ ВУГЛЕЧАСНОГО З ЧОРНОЗЕМУ ПІВДЕННОГО ТА МОЖЛИВОСТІ ЇЇ СЕКВЕСТРАЦІЇ ПРИ ЗАСТОСУВАННІ ТЕХНОЛОГІЇ БЕЗПРИКОПНОГО ПЛАНШУ
S. G. CHORNYI, O. V. VYDYNIVSKA CARBON MONOXIDE EMISSION FROM SOUTHERN CHORNOZEM AND THE POSSIBILITY OF ITS SEQUESTRATION BY NO-TILL TECHNOLOGY 262
- І. С. СМАГА** ФОРМУВАННЯ БОНИТЕТУ ГРУНТІВ РІЗНОЇ ГЕНЕТИЧНОЇ ПРИРОДИ ТА ЛАНДШАФТНОГО МІСЦЕПОЛОЖЕННЯ
I. G. SMAHA THE FORMATION OF SOIL CREDITWORTHINESS OF DIFFERENT GENETIC NATURE AND LANDSCAPE LOCATION 268

КОРОТКІ ПОВІДОМЛЕННЯ

- Л.Г. ЛЮБІНСЬКА** СОЗОФІТИ НАЦІОНАЛЬНОГО ПРИРОДНОГО ПАРКУ «ПОДІЛЬСЬКІ ТОВТРИ»
L.G. LYUBINSKA SOZOPHYTES OF THE NATIONAL NATURE PARK "PODILSKI TOVTRY" 272