

## АДВЕНТИВНІ ВИДИ ДЕРЕВНИХ РОСЛИН ТА ЇХНІ ІНВАЗІЇ В ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

**О. І. СЕРГА**, аспірант кафедри ботаніки

**Б. Є. ЯКУБЕНКО**, доктор біологічних наук, професор, завідувач кафедри ботаніки

**А. І. БАБИЦЬКИЙ**, кандидат біологічних наук, старший викладач кафедри фізіології, біохімії рослин та біоенергетики

**І. П. ГРИГОРЮК**, доктор біологічних наук, професор, член-кореспондент НАН України, професор кафедри фізіології, біохімії рослин та біоенергетики

**Національний університет біоресурсів і природокористування  
України**

*E-mail:* serha.aleksandr@gmail.com, andriybabytskiy@gmail.com

**Анотація.** Наведено результати аналізу дендрофлори Лісостепу України з диференціацією її адвентивної фракції. З поміж адвентивних видів деревних рослин визначено певну частку видів, яким притаманна висока інвазійна здатність. Загалом, потенційно інвазійними визнано усі адвентивні види, яким притаманна висока регенераційна здатність. Наразі висока інвазійна активність в умовах Лісостепу України характерна для 26 видів з 22 родів: дуб червоний (*Quercus rubra* L.), обліпіха крушиновидна (*Hipporhae rhamnoides* (L.) A. Nelson), маслинка вузьколиста (*Elaeagnus angustifolia* L.), магонія падуболиста (*Mahonia aquifolium* (Pursh) Nutt.), шовковиця біла (*Morus alba* L.), шовковиця чорна (*Morus nigra* L.), верба ламка (*Salix × fragilis* L.), в'яз низенький (*Ulmus pumila* L.), яблуня лісова (*Malus sylvestris* (L.) Mill.), ірга колосиста (*Amelanchier spicata* (Lam.) C. Koch.), ірга вільхोलиста (*Amelanchier alnifolia* Nutt.), шипшина зморшкувата (*Rosa rugosa* Thunb.), шипшина китайська (*Rosa chinensis* Jacq.), аморфа кущова (*Amorpha fruticosa*), церцис європейський (*Cercis siliquastrum* L.), робінія звичайна (*Robinia pseudoacacia* L.), карагана дерев'яниста (*Caragana arborescens* Lam.), гледичія звичайна (*Gleditsia traicanthos* L.), клен ясенolistий (*Acer negundo* L.), бузок звичайний (*Syringa vulgaris* L.), бузина чорна (*Sambucus nigra* L.), бузина червона (*Sambucus racemosa* L.), айлант найвищий (*Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle), бархат амурський (*Phellodendron amurense* Rupr.), липа повстиста (*Tilia tomentosa* Moench), повій звичайний (*Lycium barbatum* L.).

**Ключові слова:** інвазійні види, деревні рослини, дендрофлора, Лісостеп України.

**Актуальність.** Одним із пріоритетних завдань у системі заходів щодо сповільнення процесів біологічного забруднення української дендрофлори є вивчення причин, шляхів і механізмів занесення інвазійних видів дендроекзотів на територію України. Оцінюючи характер поширення інвазійних рослин як небезпечний для природного розвитку та сприятливого існування флори,

необхідно кардинально змінити ставлення до проблеми фітоінвазій, що вимагає розглядати її як один із важливих аспектів природоохоронної діяльності. Останніми часами в Україні суттєво посилюється несприятливий вплив інвазійних деревних видів рослин на навколишнє природне середовище. Наявні заносні види рослин створюють реальну загрозу фіторізоманіттю, які прогресують, водночас зростають темпи заносу, швидкість поширення та ступінь їхньої натуралізації.

**Методи та матеріали.** Дослідження проводили у лісових і міських насадженнях Лісостепу України маршрутно-експедиційними методами. Оглянуто більше ста насаджень, у яких визначено інвазійно найактивніші деревні і кущові види рослин. Водночас здійснено аналіз літературних джерел на предмет представленості адвентивних та інвазійних видів у складі дендрофлори Лісостепу України.

**Результати та обговорення.** Серед адвентивної фракції дендрофлори Лісостепу України присутня певна частка видів, яким властива висока інвазійна здатність, які спричиняють широкі інвазії в природних середовищах шляхом трансформування й перетворення у локалітетах своїх вторинних ареалів. Така трансформація природних біотопів зумовлює втрату ними низки аборигенних видів, яких витісняють конкурентоздатніші та агресивніші адвенти.

Інвазійним видам рослин притаманні прогресивні стратегії поширення та витіснення інших видів з природних біотопів. До цих стратегій, в першу чергу, належать способи розмноження. Часто інвазійні рослини утворюють значну кількість порослевих пагонів, що дозволяє їм активно захоплювати територію й створювати густі моновидові зарості. Одним із чинників, який забезпечує інвазії заносних видів, є їхня дисемінація [2]. Швидкому поширенню адвентів особливо активно сприяє ендозоохорія, а саме перенесення їхнього насіння птахами. Така стратегія поширення є особливо прогресивною, оскільки переважна кількість синантропних видів птахів, які харчуються плодами адвентивних рослин, здатна за короткий період часу рознести насіння на значній території. Окремим видам інвазійних рослин характерна алелопатична активність і завдяки виділенню колінів їхніми коренями, аборигенна флора не витримує такого алелопатичного навантаження й витісняється зі своїх природних місцезростань.

Представники родини бобових, як відомо, здатні до симбіотичної фіксації вільного атмосферного азоту. Ця, на перший погляд, позитивна здатність адвентивних видів рослин після появи їх у природних біотопах, змінює уміст доступних для рослин форм азоту в ґрунті, а отже трансформує екотопи. Таке фітогенно змінене середовище стає менш придатним для зростання низки аборигенних трав'яних рослин, зате рудеральні види легко заселяють багаті азотом ґрунти і сприяють витісненню природної флори адвентивною.

До складу дендрофлори Лісостепу України входить близько 390 видів з 128 родів аборигенних чи широко поширених у культурі натуралізованих інтродукованих деревних і чагарникових рослин. Серед них адвентивними є понад 100 видів з 61 роду. Адвентивна фракція дендрофлори Лісостепу України нараховує 26 видів з 22 родів, яким характерна висока інвазійна активність.

Зрештою, потенційно інвазійними можуть бути усі адвентивні види, що відзначаються високою регенераційною здатністю.

Найчисельнішою родиною інвазійної фракції дендрофлори Лісостепу України є шипшинові (*Rosaceae*), що налічує 4 види. Перелік інвазійних деревних і чагарникових рослин Лісостепу України та їхню характеристику наведено нижче.

#### **Родина Букові (*Fagaceae*)**

##### **Рід дуб (*Quercus* L.)**

**Дуб червоний (*Quercus rubra* L.)** – дерево заввишки до 40 м. Походить з Північної Америки. В Україні з другої половини ХІХ ст., зростає повсюдно. Зимо-, посухо-, газо- і зимостійка рослина [3].

#### **Родина Маслинові (*Elaeagnaceae*)**

##### **Рід обліпиха (*Hippophae* L.)**

**Обліпиха крушиновидна (*Hippophae rhamnoides* (L.) A.Nelson)** – дерево або чагарник заввишки до 6 м. Природний ареал простягається від Західної Європи до Східного Сибіру. Зимостійка рослина [4]. Раніше масові насадження цих рослин використовували для закріплення піщаних схилів, але птахи розповсюдили їхнє насіння, що спричинило до широкої інвазії цього виду. Завдяки здатності до розмноження кореневими паростками, обліпиха витісняє аборигенні види [1].

##### **Рід маслинка (*Elaeagnus* L.)**

**Маслинка вузьколиста (*Elaeagnus angustifolia* L.)** – дерево або чагарник заввишки до 10 м. Походить з Азії. Зимо- та газостійка рослина [4]. В Україні з ХІХ ст. Інвазійна активність цієї рослини особливо агресивна в долинах річок, де він часто утворює моновидові зарості і витісняє аборигенну дендрофлору [1].

#### **Родина Агрисові (*Grossulariaceae*)**

##### **Рід смородина (*Ribes* L.)**

**Смородина золотиста (*Ribes aureum* Pursh.)** – чагарник заввишки до 2 м. Походить з Північної Америки. В Україні зростає повсюдно. Зимо- та посухостійка рослина [4]. Для цього виду характерна потенційна інвазійна активність через формування ним адаптованого самосіву. Також небезпечним є здатність цієї рослини сприяти поширенню грибкових захворювань, що може стати у майбутньому причиною масових захворювань культурних і аборигенних видів рослин [1].

#### **Родина Барбарисові (*Berberidaceae*)**

##### **Рід магонія (*Mahonia* Nutt.)**

**Магонія падуболиста (*Mahonia aquifolium* (Pursh) Nutt.)** – чагарник заввишки до 1 м. Походить з північної Америки (від Британської Колумбії до Каліфорнії). В Україні в культурі з 1838 р. Цілком зимо- та посухостійка. Розмножується насінням [3]. Ксено- і агріофіт (Крим), ареал – європейсько-кавказько-північноамериканський; характер поширення – локальний; розмножується кореневими паростками, ксеромезофіт, геліосціофіт, ендозоохор; декоративна рослина [7].

#### **Родина Шовковицеві (*Moraceae*)**

##### **Рід шовковиця (*Morus* L.)**

**Шовковиця біла (*Morus alba* L.)** – дерево заввишки 15-20 м, яка походить зі східної Азії (Японія, Китай, Індія, Мала Азія). Зимостійка рослина [3]. Ксенофіт, мерофіт, ареал – європейсько-середземноморсько-ірано-

турансько-східноазійський; характер поширення – дифузний, ксеромезофіт, геліофіт, ендозоохор; вітамінна, ефіроолійна, кормова, лікарська, медоносна й технічна рослина [7].

**Шовковиця чорна (*Morus nigra* L.)** – дерево заввишки до 20 м. Походить з Ірану, Афганістану [3]. Ксенофіт, ареал – європейсько-середземноморсько-іранський; характер поширення – дифузний, ксеромезофіт, геліофіт, ендозоохор; вітамінна, ефіроолійна, кормова, лікарська, медоносна, харчова й технічна рослина [7].

**Родина Вербові (*Salicaceae*)**

**Рід верба (*Salix* L.)**

**Верба ламка (*Salix × fragilis* L.)** – дерево заввишки 15-20 м. Походить з малої Азії та Європи (окрім крайніх південних і північних районів). Швидкоросла, світловибаглива рослина. Розмножується насінням [3]. Археофіт, ареал – європейсько-середземноморсько-передньоазійський; характер поширення – суцільний, мезофіт, геліофіт, анемохор; вітамінна, декоративна, кормова, лікарська, ефіроолійна й технічна рослина [7].

**Родина В'язові (*Ulmaceae*)**

**Рід в'яз (*Ulmus* L.)**

**В'яз низенький (*Ulmus pumila* L.)** – дерево або чагарник заввишки до 5 м. Походить з Середньої Азії, Монголії, Китаю, Японії. Посухо- і солестійка рослина [3]. Епекофіт, кенофіт, фанерофіт; субмезотерм, евтроф, субмезофіт [5].

**Родина Шипшинові (*Rosaceae*)**

**Рід яблуня (*Malus* Mill.)**

**Яблуня лісова (*Malus sylvestris* (L.) Mill.)** – дерево заввишки від 3 до 10-12 м. Походить з Європи. Зимостійка рослина. Розмножується насінням [4]. Ксенофіт, ефемерофіт (у Криму), ареал – європейський; характер поширення – дифузний, мезофіт, сціогеліофіт, ендозоохор; декоративна, лікарська, медоносна й харчова рослина [7].

**Рід ірга (*Amelanchier* Medik)**

**Ірга колосиста (*Amelanchier spicata* (Lam.) C. Koch.)** – чагарник заввишки до 6 м. Походить з Північної Америки. В Україні з першої чверті XIX ст. Швидкоросла, зимо- і посухостійка рослина [4]. Інвазійна активність забезпечується активним поширенням насіння багатьма видами птахів [1].

**Ірга вільхолиста (*Amelanchier alnifolia* Nutt.)** – чагарник, зрідка дерево заввишки до 10 м. Походить з Північної Америки. В Україні з кінця XIX ст. Іноді утворює густі зарості. Швидкоросла, зимо- і посухостійка рослина [4].

**Рід шипшина (*Rosa* L.)**

**Шипшина зморшкувата (*Rosa rugosa* Thunb.)** – чагарник заввишки до 2 м. Походить з Японії, Китаю. Морозостійка рослина, зростає повсюдно [4]. Інвазійна активність проявляється внаслідок утворення повзучих кореневищ, з яких виростають порослеві пагони і формують густі моновидові зарості [1].

**Шипшина китайська (*Rosa chinensis* Jacq.)** – чагарник заввишки до 1,5 м. У дикому стані не трапляється, проте іноді дичавіє. В Україні з XVIII ст. [4].

**Родина Бобові (*Fabaceae*)**

**Рід аморфа (*Amorpha* L.)**

**Аморфа кущова (*Amorpha fruticosa* L.)** – чагарник заввишки до 4 м. Походить з Північної Америки. В Україні з початку XIX ст. Культивують повсюдно. Широко використовують у лісовому господарстві і полезахисному лісорозведенні [4].

#### **Рід церцис (*Cercis* L.)**

**Церцис європейський (*Cercis siliquastrum* L.)** – дерево заввишки 7-15 м. Походить з Середземномор'я. В Україні в культурі з 1809 р. (Краснокутський акліматизаційний сад). На широті Києва вимерзає. Посухостійка, світлолюбна, повільноросла рослина [4]. Ксенофіт, агріофіт, ареал – середземноморсько-передньоазійський; характер поширення – локальний; ксеромезофіт, сціогеліфіт; декоративна рослина [1].

#### **Рід робінія (*Robinia* L.)**

**Робінія звичайна (*Robinia pseudoacacia* L.)** – дерево заввишки до 25 м. Походить з Північної Америки. В Україні в культурі з кінця XVIII ст., зростає по всій території. Використовують у зеленому будівництві, лісовому господарстві й меліорації [4]. Епекофіт, археофіт, фанерофіт; субмезотерм, мезотроф, субксерофіт, субгеліофіт [5]. Ксенофіт, ергазіофіт, ареал – голарктичний; характер поширення – дифузний; розмножується кореневими паростками, ксеромезофіт, сціогеліофіт, автохор; декоративна, лікарська, ефіроолійна й медоносна рослина [7]. Інвазійна активність робінії забезпечується здатністю цієї рослини розмножуватись кореневими паростками і витісняють аборигенні види деревних рослин. Також вона здатна трансформувати природне середовище й змінювати, таким чином, склад фітоценозів. Корені робінії утворюють бульбочки, в яких симбіотичні азотфіксуючі мікроорганізми синтезують нітрати. Підвищення умісту азоту в ґрунті спричиняє до зміни аборигенних видів трав'яних рослин адвентивними. Відома й алелопатична активність робінії, що підвищує її інвазійну агресивність шляхом витіснення природної рослинності дією фенольних сполук, які виділяють корені [1].

#### **Рід карагана (*Caragana* Lam.)**

**Карагана дерев'яниста (*Caragana arborescens* Lam.)** – чагарник заввишки до 6 м. Природний ареал – Західний Сибір, Східний Казахстан. В Україні культивується з XVIII ст. Часто використовують в зеленому будівництві, лісовому господарстві, меліорації [4].

#### **Рід гледичія (*Gleditsia* L.)**

**Гледичія звичайна (*Gleditsia traicanthos* L.)** – дерево заввишки до 40 м. Природний ареал – центральна частина Північної Америки. Уперше інтродукована в Україну Краснокутським акліматизаційним садом у 1809 р. Масово застосовують у декоративних і лісомеліоративних насадженнях. Швидкоросла, зимо- і посухостійка та світлолюбна рослина [4].

#### **Родина Сапіндові (*Sapindaceae*)**

##### **Рід клен (*Acer* L.)**

**Клен ясенolistий (*Acer negundo* L.)** – дерево заввишки до 25 м. Походить з північної Америки (від Онтаріо до Флориди і на захід до Скелястих гір). В Україні в культурі повсюдно. Зимо- і посухостійка рослина Розмножують насінням [4]. Ксенофіт, агріофіт, ареал – голарктичний; характер поширення – суцільний; мезофіт, геліосціофіт, анемохор; декоративна, медоносна, харчова, бур'яниста й технічна рослина [7].

#### **Родина Маслинові (*Oleaceae*)**

##### **Рід бузок (*Syringa* L.)**

**Бузок звичайний (*Syringa vulgaris* L.)** – розлогий чагарник або невелике дерево заввишки 4-6 м. Походить з гірських районів східної Югославії, західної і південної Румунії, Болгарії та північно-західної Туреччини. В Україні в культурі з кінця XVII ст. Світловибаглива, морозо-, зимо-, посухо-, димо- й пилостійка рослина. Розмножують насінням [4]. Ксенофіт, ергазіофіт (Крим), ареал – європейський; характер поширення – дифузний; сціогеліофіт; вітамінна, декоративна й ефіроолійна рослина [7].

**Родина Адоксові (Adoxaceae)**

**Рід бузина (*Sambucus* L.)**

**Бузина чорна (*Sambucus nigra* L.)** – чагарник або невелике дерево заввишки до 10 м. Походить зі Західної та Східної Європи, Кавказу, Криму. В Україні в культурі повсюдно з давніх часів. Надзвичайно швидкоросла, цілком зимо- й посухостійка рослина. Розмножують насінням, кореневими паростками [4]. Апофіт випадковий, лісовий, ареал – європейсько-середземноморський; мезофіт, сціогеліофіт, ендозоохор; декоративна, лікарська, харчова, ефіроолійна й технічна рослина [7].

**Бузина червона (*Sambucus racemosa* L.)** – чагарник або дерево заввишки до 5 м. Походить з південного Примор'я, північно-східного Китаю, Кореї. В Україні у культурі [4]. Апофіт випадковий, лісовий, ареал – європейський; мезофіт, геліосціофіт; декоративна рослина [7].

**Родина Симарубові (Simaroubaceae)**

**Рід айлант (*Ailanthus* Desf.)**

**Айлант найвищий (*Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle)** – дерево заввишки до 30 м з рівним стовбуром. Природний ареал – Китай. В Україні в культурі з 1809 р. Уперше завезений І.Н. Каразином в Основ'янці на Харківщині. Посухостійкий. У холодні зими в Лісостепу підмерзає. Швидкорослий, розмножують кореневими паростками [4].

**Родина Рутові (Rutaceae)**

**Рід бархат (*Phellodendron* Rupr.)**

**Бархат амурський (*Phellodendron amurense* Rupr.)** – дерево заввишки до 26 м. Природний ареал – Далекий Схід, північно-східний Китай, Корея. В Україні культивують повсюди. Швидкоросла, зимостійка рослина, розмножують насінням [4].

**Родина Мальвові (Malvaceae)**

**Рід липа (*Tilia* L.)**

**Липа повстиста (*Tilia tomentosa* Moench)** – дерево заввишки до 30 м. Природний ареал – південно-західна Україна, Молдова, південно-східна частина Західної Європи до Балканського півострова. Зимо- і посухостійка. Медоносна рослина [3].

**Родина Пасльонові (Solanaceae)**

**Рід повій (*Lycium* L.)**

**Повій звичайний (*Lycium barbatum* L.)** – напівчагарник заввишки 1-2,5 м. Походить з Центрального Китаю. В Україні трапляється повсюдно, окрім високогір'я. Здичавів. Відзначається високою регенераційною здатністю – розмножують природним поновленням і кореневими паростками [4].

**Висновки і перспективи.** Для дендрофлори Лісостепу України характерною є інвазійна фракція, до якої належать 26 видів з 22 родів у деревних і чагарникових рослин, яким притаманні певні стратегії, що забезпечують здатність до активних фітоінвазій. Це, перш за все, підвищена

репродуктивна здатність завдяки утворенню значної кількості вегетативних клонів й активне перенесення насіння птахами (ендозоохорія). Окремі види мають також високу алелопатичну активність та здатність до трансформації природного середовища. Загалом, потенційно інвазійними можна вважати усі адвентивні види деревних і чагарникових рослин, з високою регенераційною здатністю (природне поновлення чи активне вегетативне розмноження).

#### **Список використаних джерел**

1. Виноградова Ю. К. Ресурсный потенциал инвазионных видов растений / Ю. К. Виноградова, А. Г. Куклина. – Москва : ГЕОС, 2012. – 186 с.
2. Володимирець В. О. Адвентизація спонтанної флори Волинського Полісся / В. О. Володимирець, Л. В. Ойцюсь, Т. М. Солodka // Вісник Національного університету водного господарства та природокористування. – 2013. – Вип. 1 (61). – С. 153-165.
3. Дендрофлора України. Дикорослі й культивовані дерева і кущі. Покритонасінні. Ч. 1 : довідник / За ред. М.А. Кохно, Л.І. Пархоменко, А.У. Зарубенко та ін. – К. : Фітосоціоцентр, 2002. – 448 с.
4. Дендрофлора України. Дикорослі й культивовані дерева і кущі. Покритонасінні. Ч. 2 : довідник / За ред. М.А. Кохно та Н.М. Трофименко. – К. : Фітосоціоцентр, 2005. – 716 с.
5. Звягінцева К. О. Інвазійні види в урбанofлорі Харкова / К. О. Звягінцева // Укр. ботан. журн. – 2013. – Т. 70, № 4. – С. 508-513.
6. Определитель высших растений Украины / Д.Н. Доброчаева, М.И. Котов, Ю.Н. Прокудин и др. – Киев : Наук. думка, 1987. – 548 с.
7. Протопопова В.В. Синантропная флора Украины и пути ее развития / В. В. Протопопова. – Киев : Наук. думка, 1991. – 204 с.

#### **References**

- 1.Vynogradova Yu. K. Resource potential of invasive plant species / Yu. K. Vynogradova // A. H. Kuklyna. – Moscow : HEOS, 2012. – 186 p.
- 2.Volodymyrets V. O. Adventitization of spontaneous flora of Volyn Polissya / V. O. Volodymyrets, L. V. Oitsius, T. M. Solodka // Visnyk of National University of Water and Environmental Engineering. – 2013. – Vol. 1 (61). – P. 153-165.
- 3.Dendroflora of Ukraine. Wild and cultivated trees and bushes. Angiosperm. Part 1 : handbook / Eds. M. A. Kokhno, L. I. Parkhomenko, A. U. Zarubenko et al. – Kyiv : Phytosociocenter, 2002. – 448 p.
- 4.Dendroflora of Ukraine. Wild and cultivated trees and bushes. Angiosperm. Part 2 : handbook / Eds. M. A. Kokhno and N. M. Trofymenko– Kyiv : Phytosociocenter, 2005. – 716 p.
- 5.Zviahintseva K. O. Invasive species in the urboflora of Kharkiv / K. O. Zviahintseva // Ukrainian Botanical Journal. – 2013. – Vol. 70, Iss. 4. – P. 508-513.
- 6.The determinant of vascular plants of Ukraine / D. N. Dobrochaeva, M. Y. Kotov, Yu. N. Prokudyn et al. – Kyiv :Nauk. Dumka, 1987. – 548 p.
- 7.Protopopova V. V. Synanthropic flora of Ukraine and the ways of their evolution / V. V. Protopopova. – Kyiv : Nauk. Dumka, 1991. – 204 p.

### **АДВЕНТИВНЫЕ ВИДЫ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ И ИХ ИНВАЗИИ В ЛЕСОСТЕПИ УКРАИНЫ**

## УСТАНОВЛЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ ТОКСИЧНОСТІ НАНОАГРОХІМІКАТІВ ЗА РЕАКЦІЄЮ ОРГАНІЗМІВ-СТЕНОБІОНТІВ

**Н. А. МАКАРЕНКО**, доктор сільськогосподарських наук, професор кафедри екології агросфери та екологічного контролю

**Л. В. РУДНИЦЬКА**, аспірант

**О. О. СЕМЕНЕЦЬ**, магістр

*Національний університет біоресурсів і природокористування  
України*

*E-mail: n-mak@ukr.net*

**Анотація.** *Наведено результати дослідження екологічної небезпечності наноагрохімікатів за використання методу біотестування. Було вивчено склад і будову наночастинок наноагрохімікатів і реакцію організмів-стенобіонтів водної та ґрунтової екосистем на наноагрохімікати. Реакцію організмів-стенобіонтів оцінювали за розмірами відхилення від контролю: зона оптимуму (відхилення не перевищує 10%), зона комфорту (відхилення в межах 10-25%), зона песимуму (відхилення перевищує 25%). За розмірами відхилення реакції біосистеми від оптимуму робили висновки про можливий негативний вплив наноагрохімікатів на екосистему: менше 10% належать до IV класу небезпеки (малонебезпечні речовини); 10-25% – III класу небезпеки (помірно небезпечні); 26-50% – II класу (небезпечні); 51-100% належать до I класу небезпеки (надзвичайно небезпечні речовини). Установлено, що препарат Nano-Gro, до складу якого входять наночастинки розміром до 90нм аморфної форми, виявляв меншу токсичність відносно представників біоти ґрунтової та водної екосистем, ніж препарат Аватар-1, який містить наночастинки розміром 26-45нм кристалічної форми. Було висунуто припущення, що екологічна небезпечність наноагрохімікатів залежить як від хімічного складу наночастинок, так і від їхніх фізико-хімічних характеристик.*

**Ключові слова:** *біотестування, наноагрохімікати, наночастинки, екотоксикологічна оцінка.*

**Актуальність.** Швидке впровадження наноматеріалів у сільськогосподарську практику не тільки відкриває нові перспективи, але й становить загрозу для природних екосистем і людини. Наноагрохімікати відрізняються від традиційних агрохімікатів тим, що до їхнього складу входять наночастинки (розмір не перевищує 100нм). Останні мають незвичні фізичні та хімічні властивості, які часто радикально відрізняються від властивостей цієї ж речовини у формі суцільних фаз або макроскопічних дисперсій. Біологічні ефекти наночастинок характеризуються високою біоцидною дією, вони можуть зв'язуватися з нуклеїновими кислотами, білками, вбудовуватися в мембрани, проникати в клітинні органели і тим самим змінювати функції біоструктур. Через малий розмір наночастинок не

розпізнаються захисними системами організму, не піддаються біотрансформації та не виводяться з організму.

Згідно з національними та міжнародними нормами агрохімікати мають відповідати вимогам безпечності для довкілля та людини. Для визначення екологічних ризиків широко використовують метод біотестування. Установлення класу небезпечності наноагрохімікатів за використання біотестів дасть можливість оцінити рівень їхньої небезпечності для екосистем і запобігти можливому негативному впливу на довкілля та здоров'я людини.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Проданчук Н. Г., Балан Г. М. (2009 р.) у своїх роботах показали, що наночастинки мають комплекс особливих фізичних і хімічних властивостей, які можуть радикально відрізнятись від властивостей цієї ж речовини у формі суцільних фаз або макроскопічних дисперсій. Роботами Фатхутдінової Л. М. (2009 р.), Чекмана І. С. (2009 р.), Хамідуліної Х. Х. (2011 р.), Анциферової І. В. (2010 р.), Демецької О. В. (2010 р.), Онищенко Г. Г. (2010 р.), Андрусішиної І. А. (2011 р.), Клестової З. С., Головка А. М. (2014 р.), Besley J. (2008 р.), Hasselov M. (2008 р.), Fan A. (2010 р.), Donaldson K. (2013 р.) та ін. порушено питання щодо високого рівня токсичності наночастинок і необхідності розроблення методів оцінювання їхньої небезпечності. Особливий інтерес являють частинки розміром до 10нм, у яких відношення числа поверхневих атомів досягає великих значень відносно числа атомів, які містяться в об'ємі, що створює велику кількість каталітично-активних центрів, а отже, і підвищує їхню реакційну здатність і потенційну небезпечність. Наголошується, що наночастинки в діапазоні 10-50нм мають вищу токсичність, ніж ті, що мають більший розмір [1-6].

Незважаючи на те, що кількість публікацій щорічно зростає, досліджень щодо впливу наноматеріалів на екологічні системи небагато. Недостатньо вивченою залишається проблема залежності токсичності від фізико-хімічних характеристик наночастинок, які входять до складу препаратів, зокрема наноагрохімікатів, що створює небезпеку для представників біоти природних екосистем.

**Метою дослідження** встановлення екотоксикологічної небезпечності наноагрохімікатів за результатами вивчення складу і будови наночастинок наноагрохімікатів, реакцією-відповіддю біотестів водної та ґрунтової екосистем.

**Матеріали і методи дослідження.** Досліджували нанопрепарати Nano-Gro та Аватар-1, які застосовуються у сільськогосподарському виробництві з метою створення оптимальних умов росту і розвитку сільськогосподарських рослин. Розмір, будову та хімічний склад наночастинок досліджували за допомогою методу скануючої електронної мікроскопії (електронний скануючий мікроскоп Tescan Mira 3 із просторовим дозволом 1нм).

У лабораторних умовах вивчали концентрації, які відповідали дозам внесення нанопрепаратів під сільськогосподарські культури (РД – рекомендована доза) згідно з рекомендаціями фірм-виробників. Для Nano-Gro вони становили 100-10000мг/га, концентрації розчинів коливалися від

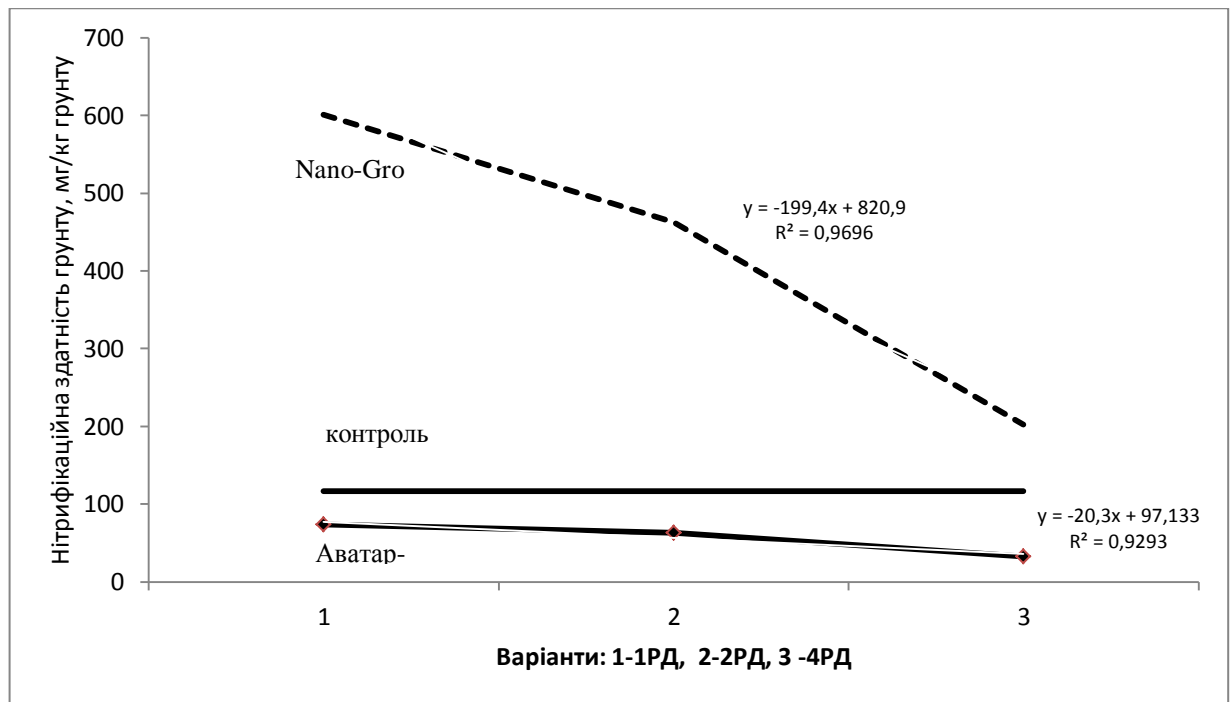
0,50 до 50,0мг/дм<sup>3</sup>; для Аватар-1, відповідно, – 50-5000мг/га та 0,25-25,0мг/дм<sup>3</sup>.

Для біотестування використовували показники активності ґрунтових мікроорганізмів, що беруть участь у перетворенні сполук азоту, а також реакцію представників водних організмів – ракоподібних (дафній). Попередніми роботами було встановлено, що саме ці біотести характеризуються високою чутливістю відносно наноагрохімікатів [7].

Нітрифікаційну здатність ґрунту та інгібіторну дію на мінералізацію ґрунту визначали за ДСТУ ISO 14238:2003. Токсичний вплив наноагрохімікатів на водні організми вивчали за реакцією церіодафній (*Ceriodaphnia affinis* Lilljeborg) за ДСТУ 4173:2003.

**Результати дослідження та їх обговорення.** Ідентифікація якісного та кількісного складу нанопрепаратів за допомогою скануючої електронної мікроскопії дала змогу виявити, що до складу наноагрохімікатів входили нанорозмірні частинки С, О<sub>2</sub>, Mg, Al, Cl, Mn, S, Ca, Fe. Разом із зазначеними до складу Аватар-1 входили нанорозмірні частинки Zn і Ag, до складу Nano-Gro – нанорозмірні частинки Cu. Наночастинки препарату Аватар-1 мали розмір 26-45нм, кристалічну будову з окресленими чіткими гранями у вигляді куба і характерною кристалічною ґраткою, утвореною Ag і Cl, із прикріпленими у вершинах наночастинками інших складових компонентів. Наночастинки препарату Nano-Gro мали розмір близько 90нм і аморфну форму [8]. З огляду на вищезазначене було висунуто припущення, що нанопрепарат Аватар-1 може мати вищий рівень токсичності порівняно з Nano-Gro, оскільки його наночастинки характеризуються кристалічною будовою, меншими розмірами та містять у своєму складі більшу кількість біоцидних хімічних елементів.

Для встановлення екотоксичності препаратів відносно ґрунтової системи використовували показник активності ґрунтових мікроорганізмів. Вивчали процеси, пов'язані з бактеріями, які беруть участь у перетворенні сполук азоту ґрунту, мають високу чутливість до дії хімічних речовин та інтегральним показником активності яких є нітрифікаційна здатність ґрунту. Для характеристики пригнічення активності бактерій використовували показник інгібіторної дії (ID). Було встановлено, що нітрифікаційна здатність ґрунту у контрольному варіанті становила 117,1мг/кг ґрунту. Застосування препарату Аватар-1 у рекомендованій дозі (1РД) знизило активність нітрифікації до 73,6мг/кг, подальше збільшення доз Аватару-1 посилювало цей процес. Водночас спостерігалось посилення інгібування діяльності мікроорганізмів, що беруть участь у перетворенні сполук азоту, ID коливався в межах 22-43%. На відміну від Аватару-1 препарат Nano-Gro стимулював процеси перетворення сполук азоту в ґрунті – нітрифікаційна здатність підвищилася до 601,1мг/кг ґрунту за застосування рекомендованої дози (1РД). Проте збільшення дози препарату призвело до істотного пригнічення діяльності мікроорганізмів – рівень нітрифікаційної здатності знизився на 33% (до 202,3мг/кг ґрунту), хоча і залишався вище контрольного (рис. 1). Токсична дія препарату Аватар-1 на мікроорганізми ґрунту за величиною LC<sub>50</sub> становила 1,26 мг/дм<sup>3</sup>, що відповідає дозі внесення 251 мг/га.



**Рис. 1. Вплив наноагрохімікатів на нітрифікаційну здатність ґрунту**

Для вивчення впливу наноагрохімікатів на водну систему застосовували стандартизований метод біотестування на церіодафніях (*Ceriodaphnia affinis* Lilljeborg). Було встановлено, що застосування препарату Аватар-1 призводить до знищення всіх життєздатних самок церіодафній. Застосування препарату Nano-Gro в рекомендованій дозі зменшило кількість життєздатних самок, дочірніх особин та повторно закладених самкою яєць порівняно з контролем. Проте токсична дія Nano-Gro була значно меншою порівняно з препаратом Аватар-1. Застосування останнього, особливо у підвищеній дозі (4РД), призвело до таких явищ, як загибель самок, народження мертвих потомків, викиди яєць на різних стадіях розвитку, залишення ембріонів у порожнині самки, народження потомків з недорозвинутим панциром тощо (табл. 1). В умовах експерименту встановлено, що застосування препарату Аватар-1 у рекомендованій дозі (50мг/га) призводить до 100%-ої загибелі самок церіодафній ( $LC_{100}=0,25\text{мг/м}^3$ ). Токсичність препарату Nano-Gro за показником  $LC_{50}$  (за 96 год) становила  $1,5\text{мг/дм}^3$  (це відповідало дозі внесення 300мг/га).

### 1. Вплив наноагрохімікатів на популяцію церіодафній (*Ceriodaphnia affinis* Lilljeborg)

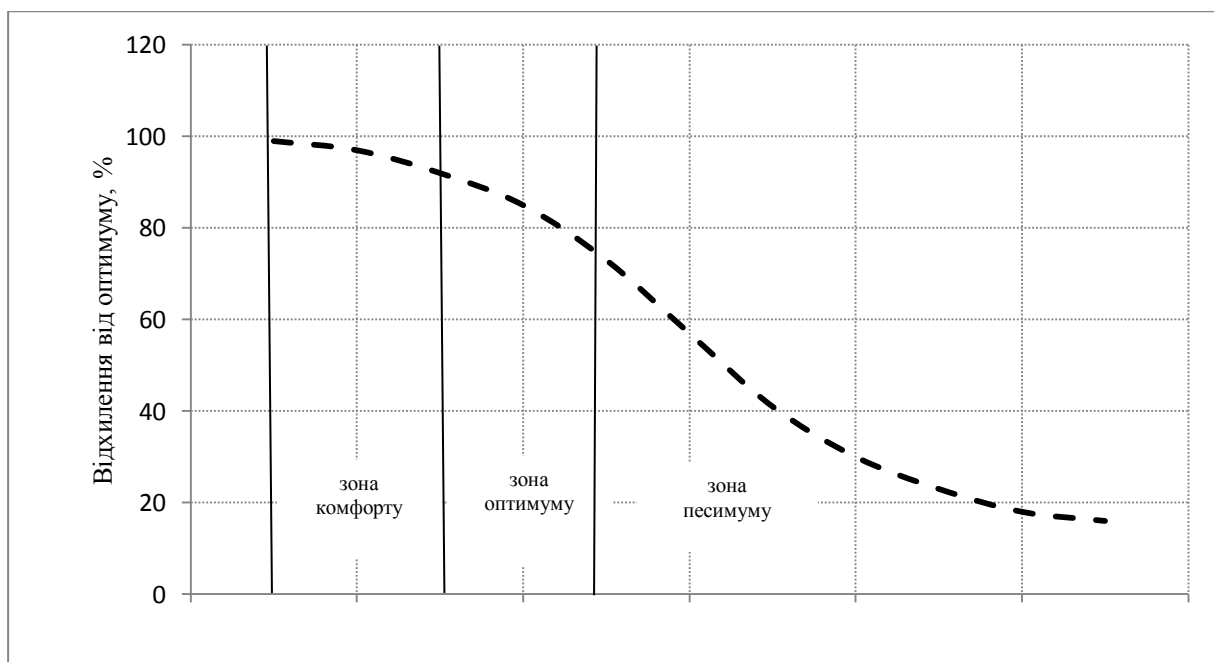
Препарат	Показники стану популяції			
	наявність життєздатної самки	кількість дочірніх особин, шт.		кількість повторно закладених яєць самкою, шт.
		життєздатних	загинуло	
Аватар-1	-	10	15	-
Nano-Gro	++	22	9	1

Екотоксикологічне оцінювання наноагрохімікатів здійснювали за реакцією організмів-стенобіонтів, керуючись класичними підходами В. Шелфорда, В. Ковальського та ін. Діапазон між оптимальними та критичними концентраціями позначали як зону екотоксикологічної толерантності. Реакцію тест-організмів на вплив наноагрохімікатів оцінювали так: зона оптимуму – пригнічення <10%, зона комфорту – пригнічення 10–25%, песимуму – пригнічення >25% відносно еталона (контролю) (рис. 2).

За розмірами відхилення реакції біосистеми від оптимуму робили висновки про можливий негативний вплив наноагрохімікатів на екосистему: менше 10% належать до IV класу небезпеки (малонебезпечні речовини); 10–25% – III класу небезпеки (помірно небезпечні); 26–50% – II класу (небезпечні); 51–100% належать до I класу небезпеки (надзвичайно небезпечні речовини).

За використання зазначених підходів оцінили небезпечність наноагрохімікатів відносно водної та ґрунтової екосистем (табл. 2).

Результати екотоксикологічного оцінювання дали змогу встановити, що препарат Аватар-1 за впливом на організми водної екосистеми характеризується як надзвичайно небезпечна речовина; відносно організмів ґрунтової екосистеми – як небезпечна речовина за впливом на процеси нітрифікації і як помірно небезпечна речовина за показниками інгібування мінералізації. Препарат Nano-Gro за впливом на водні організми виявив високий рівень небезпечності лише відносно материнських особин дафній; відносно організмів ґрунтової екосистеми препарат виявився майже безпечним.



**Рис. 2. Екотоксикологічне оцінювання наноагрохімікатів за реакцією організмів-стенобіонтів:**

зона оптимуму – відхилення не перевищує 10%, зона комфорту – відхилення складає 10–25%, зона песимуму – відхилення перевищує 25%

## 2. Установлення небезпечності наноагрохімікатів за показниками впливу на водну та ґрунтову екосистеми

Показник	Нанопрепарат			
	Аватар-1		Nano-Gro	
	результат вимірювання	клас небезпечності	результат вимірювання	клас небезпечності
Вплив на водні організми:				
Гостра токсичність для дафній, LC <sub>50</sub> , мг/дм <sup>3</sup>	≤ 0,25	I	1,5	II
Загибель дафній, % до контролю:				
материнські особини	100	I	78	I
дочірні особини	72	I	39	II
Вплив на мікроорганізми ґрунту:				
Зниження активності процесів нітрифікації, %	37	II	10	IV
Інгібіторна дія на мінералізацію, ID, %	22	III	10	IV

**Висновки і перспективи.** Встановлено, що препарат Nano-Gro, до складу якого входять наночастинки розміром до 90нм аморфної форми виявляв меншу токсичність відносно представників біоти ґрунтової та водної екосистем, ніж препарат Аватар-1, який містить наночастинки розміром 26-45нм кристалічної форми.

Можна припустити, що екологічна небезпечність наноагрохімікатів залежить як від хімічного складу наночастинок, так і від їхніх фізико-хімічних характеристик. Остаточні висновки можна буде зробити після проведення додаткових досліджень.

Використання градації екологічної токсичності наноагрохімікатів за чотирма класами небезпечності дасть можливість під час їх державних випробувань виявити лімітуючий критерій шкідливості, який визначає найбільшу безпеку препарату для біоти екосистем.

### Список використаних джерел

1. Дибкова, С.М. Оцінка *in vivo* ДНК-ушкоджувальної дії наночастинок золота різного розміру [Текст] / С. М. Дибкова, Л. С. Резніченко, Т. Г. Грузіна [та ін.] // Біотехнологія. – 2010. – Т. 3, №3. – С. 66–71.
2. Проданчук, Н. Г. Нанотоксикологія: состояние и перспективы исследований [Текст] / Н. Г. Проданчук, Г. М. Балан // Современные проблемы токсикологии. – 2009. – №3–4.– С. 4–18.
3. Хамидулина, Х.Х. Международные подходы к оценке токсичности и опасности наночастиц и наноматериалов [Текст] / Х. Х. Хамидулина, Ю. О. Давыдова // Токсикологический вестник. – 2011. – №6. – С. 53 – 57.
4. Фатхутдинова, Л. М. Токсичность искусственных наночастиц [Текст] / Л. М. Фатхутдинова, Т. О. Халиуллин, Р. Р. Залялов // Казанский медицинский журнал. – 2009. –Т. 90, №4.– С. 578 – 584.
5. Андрусина, И. Н. Наночастицы металлов: способы получения, физико-химические свойства, методы исследования и оценка токсичности [Текст] / И. Н. Андрусина // Современные проблемы токсикологии. – 2011. – №3. – С. 5–14.

6. Трахтенберг, І. М. Наночастинки металів, методи отримання, сфери застосування, фізико-хімічні та токсичні властивості [Текст] / І. М. Трахтенберг, Н. М. Дмитруха // Український журнал з проблем медицини праці. – 2013. – №4 (37). – С. 62 – 74.

7. Makarenko, N. Peculiarities of ecotoxicological assessment nanoagrochemicals used in crop productio [Текст] / N. Makarenko, L. Rudnytska, V. Bondar // Annals of Agrarian Science. – 2016. – Т. 14. – Вип. 2. – С. 35-41.

8. Макаренко, Н. А. Екотоксикологічне оцінювання нанопрепаратів шляхом біотестування [Електронний ресурс] / Н. А. Макаренко, Л. В. Рудницька // Електронний журнал «Наукові доповіді НУБіП України». – 2015. – №4 (53). – Режим доступу: [http://nd.nubip.edu.ua/2015\\_4/3.pdf](http://nd.nubip.edu.ua/2015_4/3.pdf).

### References

1. Ocinka in vivo DNK-yshkodshyvanoi dii nanochastunok zolota riznogo rozmiry/S.M.Dubkova, L.S. Reznichenko, T.G. Gryzina [ta in.] // Biotechnologia. – 2010. – Т. 3, №3. – С. 66 –71.

2. Prodanchyk N.G. Nanotoksikologia: sostojanie i perspektivu issledovaniy / N. G. Prodanchyk, G.M. Balan // Sovremennui problemu toksikologii. – 2009. – №3–4.– С. 4–18.

3. Chamidylyna Ch.Ch. Meshdynarodnue podchodu k ocenke toksichnosti i opasnosti nanochastic i nanomaterialov/ Ch.Ch. Chamidylyna, U. O. Davudova // Toksikologicheskiy vesnik. – 2011. – №6. – С. 53 – 57.

4. Fachtydinova L.M. Toksichnost isskystvennuch nanochastic/ L.M. Fachtydinova, T.O. Fachtydinova, T.O. Chaliyllin, R.R. Zaljlov // Kazanskiy medicinskiy shyrnal. – 2009. –Т. 90, №4.– С. 578 – 584.

5. Andryshuna I.I. Nanochasticu metallow: sposoby polychenia, fiziko-chimicheskie cvoistva, metodu issledovaniya I ocenka toksichnosti / I.I. Andryshuna // Sovremennye problem toksikologii. – 2011. – №3. – С. 5 –14.

6. Trachtenberg I.M. Nanofstini metallov, metodu otrumannij, sfery zastosyvannij, fiziko-chimichni ta toksichni vlastivosti / I. M. Trachtenberg, N. M. Dmitruha // Ukrainisriy shyrnal z problem medicine praci. – 2013. –№4(37). – С. 62 – 74.

7. Makarenko N. Peculiarities of ecotoxicological assessment nanoagrochemicals used in crop productio / N. Makarenko, L. Rudnytska, V. Bondar // Annals of Agrarian Science. – 2016. – Т. 14. – Вип. 2. – С. 35-41.

8. Makarenko N. A. Ekotoksikologichne ocinjvannij nanopreparativ shljchom biotestyvannij [Elektronnij resurs] / N. A. Makarenko, L. V. Rydnickaj // Elektronnij shyrnal «Naukovi dopovidi NUBIP Ukrainu». – 2015. – №4 (53). – Reshum dostypu: [http://nd.nubip.edu.ua/2015\\_4/3.pdf](http://nd.nubip.edu.ua/2015_4/3.pdf).

## УСТАНОВЛЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ТОКСИЧНОСТИ НАНОАГРОХИМИКАТОВ ПО РЕАКЦИИ ОРГАНИЗМОВ-СТЕНОБИОНТОВ

Н. А. Макаренко, Л. В. Рудницкая, О. О. Семенец

**Аннотация.** Приведены результаты исследований экологической опасности наноагрохимикатов при помощи метода биотестирования. Изучены состав, форма и размеры наночастиц наноагрохимикатов. По отклонению реакции биотестов от оптимума были установлены классы опасности наноагрохимикатов: меньше 10% – IV класс (малоопасные вещества); 10-25% – III класс (умеренно опасные); 26-50% – II класс (опасные); 51-100% - I класс (чрезвычайно опасные вещества).

Установлено, что препарат Nano-Gro, в состав которого входят наночастицы размером до 90 нм аморфной формы, проявляет меньший уровень токсичности относительно представителей биоты почвенной и водной экосистем, чем препарат Аватар-1, который содержит наночастицы размера 26-45 нм кристаллической формы.

Было выдвинуто предположение, что экологическая опасность наноагрохимикатов зависит от химического состава наночастичек и их физико-химических характеристик.

**Ключевые слова:** биотестирование, наноагрохимикаты, наночастицы, экотоксикологическая оценка.

## ESTABLISHMENT OF ENVIRONMENTAL TOXICITY OF NANOAGROCHEMICALS BY THE REACTION OF ORGANISMS-STENOBIONS

N. Makarenko, L. Rudnicka, O. Semenets

**Abstract.** Represented by results of studies environmental hazards nanoagrochemicals using bioassays. Studied composition, shape and dimensions of the nanoparticles nanoagrochemicals. To reject reaction of biotests from optimum hazard classes were installed nanoagrochemicals: < 10% – IV class (a little hazardous substances); 10-25% – III class (moderately hazardous); 26-50% – II class (dangerous); 51-100% – I class (extremely hazardous substances).

Found that the drug Nano- Gro contains nanoparticle, sizes up to 90 nanometer amorphous form less toxic relative soil biota and water biota ecosystems than drug Avatar-1, which contains 26-45 nm nanoparticle crystalline form.

The assumption is advanced, that environmental hazards nanoagrochemicals depends on chemical composition were their chemical characteristics.

**Keywords:** bioassay, nanoagrochemicals, nanoparticles, ecotoxicological assessment.

## СИСТЕМИ ФОТОРЕЦЕПТОРІВ ЯК МАРКЕРИ ОРІЄНТАЦІЇ КАШТАНОВОЇ МІНУЮЧОЇ МОЛІ В ПРОСТОРІ

І. П. ГРИГОРЮК, доктор біологічних наук

М. М. ЛІСОВИЙ, доктор сільськогосподарських наук

О. С. ПЕНТЕЛЮК, аспірант\*

*Національний університет біоресурсів і природокористування  
України*

*E-mail: creadleofdeath@gmail.com*

**Анотація.** *Висвітлено аспекти біології каштанової мінуючої молі (КММ), зокрема пошуку, вибору рослини-живителя та орієнтації комах у просторі.*

*КММ є одним із найнебезпечніших, найагресивніших адвентивних і поширених видів, для якого характерна наявність достатньої кормової бази, відсутність природних ворогів і висока швидкість розселення в ареалі, що спричиняє обезводнення, пожовтіння, інфекційне усихання листків і передчасну загибель рослин гіркокаштана звичайного (*Aesculus hippocastanum* L.) у природних умовах зростання, особливо в населених пунктах. Вперше встановлено наявність фасеточної структури складного ока КММ з кришталіком, симетрично розташованим з боків голови, а також довгих, циліндричних світлочутливих омаїдів. Показано, що для метеликів КММ характерна вільна орієнтація у просторі, що є ознакою інтегрального мозку. Такий мозок здійснює кооперацію мультимодальної сенсорної інформації та виконаних рухів із залученням значних ресурсів пам'яті.*

**Ключові слова:** *каштанова мінуюча міль, шкідник, фоторецептори, кришталік, складні очі, адаптація.*

**Актуальність.** *Каштанова мінуюча міль – вид метеликів, який належить до ряду лускокрилих (*Lepidoptera*) і родини молей-строкаток (*Glacillariidea*) (рис. 1) [1]. Це типовий ксерофіл, для якого характерна наявність достатньої кормової бази, відсутність природних ворогів і висока швидкість розселення в ареалі, що спричиняє обезводнення, пожовтіння, інфекційне усихання листків і передчасну загибель рослин гіркокаштана звичайного в природних умовах зростання [2]. Найінтенсивніше розмноження фітофага виявлено в зоні Степу і Лісостепу України за умов недостатнього зволоження під час вегетаційного періоду [3].*



**Рис. 1. Імаго КММ [1]**

В Україні розвиток КММ відбувається у трьох повних і четвертому факультативному поколінні [2]. Дорослі метелики (див. рис. 1) мають довжину 4мм, коричнево-білувате забарвлення і розмах крил 7-10мм. Голова, груди і тегули вохристі, з домішкою білих лусочок. Ноги білі й місцями темно-бурі. Передні крила бурувато-вохристі з трьома білими поперечними перев'язками і з домішкою темно-бурих лусочок. Торочка крила білувато-сіра, місцями бурувата [4]. Гусениці 1-3-го і 4-5-го поколінь відрізняються за способом живлення, яке відбувається на поверхні листка, де вони роблять галерею ходів з утворенням мін неправильної та плямоподібної форми. Вони здатні переходити на сусідні листки в пошуках їжі, а також утворювати звивисті та глибокі ходи. Характерною ознакою пошкодження листків рослин гіркокаштана звичайного КММ є наявність ексcrementів у мінах біля вихідних отворів після вилітання дорослих метеликів. КММ може мати шосте покоління, яке не живиться, а пряде шовк і зимує у стадії лялечки в шовковистій коробочці в міні на поверхні опалих листків.

Виліт метеликів з лялечок, які перезимували, відбувається наприкінці квітня – на початку травня і збільшує інтенсивність на початку фази квітнення рослин гіркокаштана звичайного. Гусениці КММ живуть приховано і утворюють значну кількість мін, розмір яких коливається від 0,8 до 4,5-6,0мм [1].

Підраховано, що вогнища КММ трапляються переважно уздовж міських транспортних магістралей з інтенсивним рухом та високим рівнем забруднення атмосфери повітря хімічними компонентами. На крилах метеликів розташована надзвичайно розвинена торочка, яка забезпечує пасивну міграцію на значні відстані з повітряними течіями [5]. Поширення КММ відбувається за допомогою автомобільного та залізничного транспорту, коли метелики переборюють відстані в десятки й навіть сотні кілометрів і поступово розселяються з осередку популяції гіркокаштанів [6]. Метелики КММ відрізняються від дрібних лусоккрилих типовим польотом, причому літають неохоче і відлітають від «рідного дерева» лише на декілька десятків метрів. Вони концентруються переважно на стовбурі гіркокаштанів і

сусідніх з ними деревах і можуть певний час сидіти в їхній кроні, траві, на ґрунті та навколишніх предметах [6]. В Україні КММ віднесено до найважливіших інвазійних видів зі статусом об'єкта зовнішнього і внутрішнього карантину. Пошкодження за типом мінування, спричинені КММ, знижують інтенсивність і спрямованість метаболічних процесів, зменшують кількість і розмір плодів гіркокаштана звичайного та погіршують їхню якість [7].

Однією з інтегральних функцій мозку метеликів КММ є їхня орієнтація в просторі, яка потребує кооперації мультимодальної сенсорної інформації, виконання рухів та залучення значних ресурсів пам'яті. Метелики координують потоки інформації з різних джерел, нервова система їх складається з головного мозку, поперечного черевного нервового ланцюга і багатожильних нейронів, що отримують і передають імпульси.

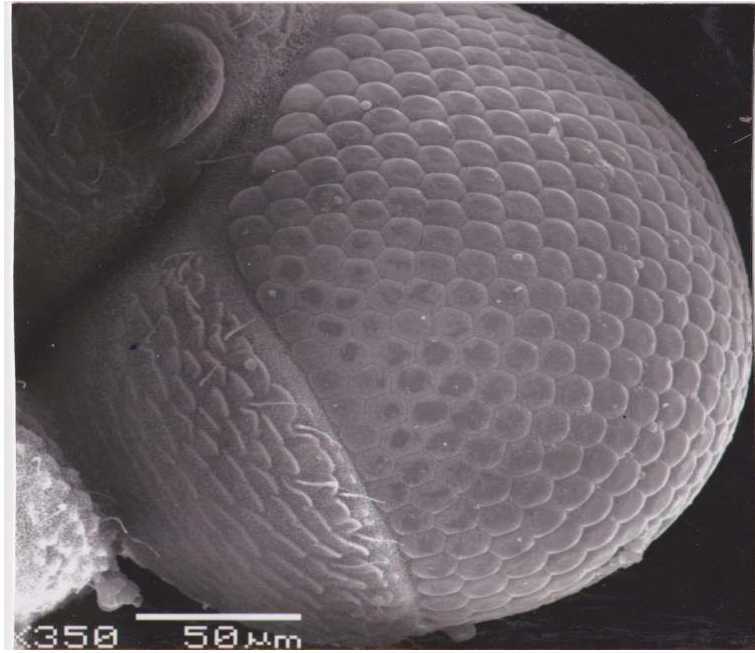
Різноманітність систем фоторецепторів як маркерів стану навколишнього середовища дає змогу імаго КММ чітко розрізняти форму предметів, їх взаєморозташування, переміщення, шлях до предметів, колір, відрізняти світло від темряви, реагувати на інтенсивність і спектральний склад сонячного світла та довжину фотоперіоду. Показано, що фоторецептори багатьох видів комах сприймають світло за допомогою пігменту, який його поглинає за певної довжини хвилі і збуджує чутливі нервові клітини. У КММ вони представлені дермальними світлочутливими утвореннями, латеральними та дорсальними оченятами й складними очима, що забезпечує його оптимальну адаптацію до умов навколишнього середовища [8, 9].

**Мета.** Дослідити фоторецептори як маркери орієнтації КММ у просторі та визначити вибір комахами рослини-живителя.

**Методи.** У процесі обстеження застосовано такі методи дослідження, як пошук, опрацювання й аналіз наявних літературних джерел щодо системи фоторецепторів у комах. Об'єктами досліджень слугували дорослі метелики КММ у період активного льоту з метою пошуку кормових ресурсів. Комах відловлювали спеціальною пасткою і ставили в безкисневий скляний вакуум. Структуру складного ока вивчали за допомогою трансмісійного електронного мікроскопа JEM – 1230 фірми «JEOL» (Японія) за кімнатної температури 22-24 °С та відносної вологості повітря 50-55%.

**Результати та обговорення.** Нами вперше встановлено наявність фасеточної структури складного ока КММ із кристаликом, симетрично розташованим з боків голови, а також довгих, циліндричних світлочутливих омаїдів, кількість яких становить 25000 у жуків, 8000-1000 – у бджіл, 4000 – у мух і 100-1000 – у мурашок [10]. Дослідження свідчать, що фасетки складного ока впритул розташовані одна до одної, майже однакового розміру та бульбоподібної форми й захищені з боків чутливими волокнами (рис. 2, 3).

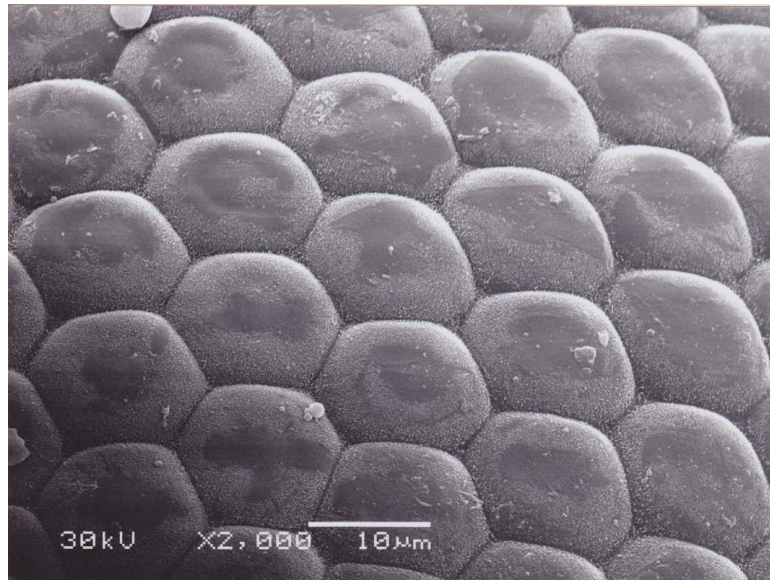
Оптичний апарат, який концентрує світло, складається зі звичайної прозорої та двоопуклої лінзи – кристалика (рогівки) (див. рис. 2), під яким розташовані кристаликовий конус і група первинних пігментних клітин. Сенсорний рецепторний апарат міститься під оптичним апаратом (кристаликом) і складається з чутливих (або рецепторних) клітин, зібраних у групи по 6-12 шт., на поверхні яких розташована значна кількість тонких нейрофібрил [11].



**Рис. 2. Електронна мікрофотографія поверхні складного ока метелика КММ у період активного льоту. Видно фасетки, які щільно вкладені у вигляді візерунка з утворенням чітко впорядкованої мозаїчної структури. У верхньому лівому куті міститься кришталік, оточений водонепроникною кутикулою (ориг.)**

Аксон від ретикулярної клітини проходить через базальну мембрану в напрямку до головного мозку. Дендрити кожної групи клітин утворюють складне світлочутливе паличкоподібне утворення – рабдом (ретинальна клітина), що містять зорові пігменти – родопсини, конфігурація молекул яких за умов потрапляння на них світла викликає зміни, що зумовлюють корекцію енергетичного стану світлочутливих клітин. Інформація щодо прояву цих змін передається через чутливі нейрони в мозок [12].

Дослідження щодо орієнтації в просторі комах і органів, які за це відповідають, проводилися вченими також на тваринах, зокрема на щурах. У головному мозку щурів вперше виявлено нервові клітини, відповідальні за навігацію. За це відкриття у 2014 р. Дж. М. О'Кіфу, М.-Б. Мозеру та Е. Мозеру присуджено Нобелівську премію з фізіології та медицини. Експериментально показано, як нейронні ланцюги мозку залучаються до виконання когнітивних функцій, а саме навігації вищих тварин і людини [13].



**Рис. 3. Збільшений фрагмент фасеточної мозаїчної структури складного ока метелика КММ у період активного льоту (ориг.)**

Доведено, що в гіпокампі щурів сконцентровано так звані просторові клітини (place-cells) – нейрони, які сигналізують про положення організму в просторі й беруть участь у процесах запам'ятовування довкілля з використанням механізмів просторової пам'яті [14]. У цьому випадку просторові клітини здатні забезпечувати функцію пам'яті про стан довкілля, яка зберігається як специфічні комбінації ансамблів активних просторових клітин [15, 16]. Так, у медіальній енторинальній корі мозку клітин, що беруть участь у навігації, автори відкриття виявили координатні нейрони (grid cells), які активуються у разі потрапляння тварин у конкретні місця навколишнього середовища [13]. Визначено, що сигнали з окремих оматидіїв надходять у мозок, де координуються, і таким чином комахи бачать предмет. Якщо інтенсивність освітлення кардинально змінюється, то характер процесів у їхніх складних очах може бути іншим. Стає очевидним, що нейронні системи головного мозку у тварин здатні здійснювати навігацію [13].

Реакція на світло у комах відбувається за допомогою двох складних і трьох простих очей. Просте око складається з прозорої лінзи, шару зорових клітин (близько 800) і зорового нерва. Показано, що на сітківці простих очей комах не формується зорове зображення, які уможливають сприймати інтенсивність, період і спектральний склад оптичного випромінювання, реагувати на сутінки або світанок і забезпечувати орієнтацію в умовах зниженої освітленості [10].

Стає очевидним, що головне призначення фоторецепторної системи тварин полягає в забезпеченні інформацією про стан навколишнього природного середовища, зокрема про інтенсивність світлового стимулу, просторові та часові характеристики, за допомогою яких організм здатний орієнтуватися відносно світла. Просторові модифікації інтенсивності й напрямку світлового потоку спричиняють зміни рухової та поведінкової активності тваринного організму [10].

**Висновки і перспективи.** Нами висловлено припущення щодо функціонування аналогічного механізму руху й орієнтації в просторі

метеликів КММ під час їх активного льоту. У цьому випадку просторові клітини-нейрони здатні функціонувати як пам'ять, і комахи завдяки наявним типам фоторецепторів вільно орієнтуються в просторі й розрізняють форму предметів, колір і рух. Отримані результати важливі для розроблення методів біоіндикації КММ у просторі за механізмами системи фоторецепторів.

### Список використаних джерел

1. <http://www.hantsmonths.org.uk/species/0366a.php>.
2. Акимов, И. А. Биология каштановой минирующей моли – *Cameraria ohridella* Deschka et Dimić (Lepidoptera: Glacillariidea) в Україні / И. А. Акимов, М. Д. Зерова, Н. Б. Нарольский и др. // Вестник зоологии. – 2006. – 40, №4. – С. 321 – 332.
3. Трибель, С. О. Каштанова мінуюча міль / С. О. Трибель, О. М. Гаманова, Я. Свентославські. – К.: Колоб'іг, 2008. – 72 с.
4. Зерова, М. Д. Каштановая минирующая моль в Украине / М. Д. Зерова, Г. Н. Никитенко, Н. Б. Нарольский и др. – Киев: ТОВ «Велес», 2007. – 87 с.
5. Чайка, В. М. Екологія агроecosистем України в умовах змін клімату / В. М. Чайка, І. П. Григорюк, М. Д. Мельничук – К.: ЦП «Компринт», 2013. – 628 с.
6. Попов, Г. В. Каштановая моль и борьба с ней в Донецкой области / Г. В. Попов, С. В. Свиридов. – Донецк: 2009. – 20 с.
7. Григорюк, І. П. Фізіологічні і молекулярні основи стійкості видів рослин роду *Aesculus* L. проти каштанової мінуючої молі / І. П. Григорюк, Т. Л. Лук'яненко – К.: ЦП «Компринт», 2015. – 174 с.
8. Захваткин, Ю. А. Курс общей энтомологии / Ю. А. Захваткин. – М.: Колос, 2001. – 376 с.
9. Росс, Г. Энтомология / Г. Росс, Ч. Росс, Д. Росс. – М.: Мир, 1985. – 573 с.
10. Посудін, Ю. І. Біофізика і методи аналізу навколишнього середовища: Підручник. – К.: Видавничий центр НУБіП України, 2011. – 296 с.
11. Бей-Биенко Г. Я. Общая энтомология / Г. Я. Бей-Биенко. – М.: Высш. шк., 1980. – 416 с.
12. Шванвич, Б. Н. Курс общей энтомологии / Б. Н. Шванвич. – Л.: «Советская наука», 1949. – 900 с.
13. Прес-реліз Нобелівського комітету при Каролінському медичному інституті. – [http://www.nobelprize.org/nobel\\_prizes/medicine/laureates/2014/press.html](http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/medicine/laureates/2014/press.html).
14. O'Keefe, J. The hippocampus as a Spatial map. Preliminary evidence from unit activity in the freely-moving rat / J. O'Keefe, S. Dastrovsky // Exp. Brain Res. – 1971. – Vol. 34. – P. 171-175.
15. O'Keefe, J. Single unit activity in the rat hippocampus during a spatial memory task / S. O'Keefe, A. Speakman // Exp. Brain Res. – 1987. – Vol.68. – P. 1-27.
16. O'Keefe J. Hippocampal place units in the freely moving rat: why the fire where they fire / S. O'Keefe, DH Conway // Exp. Brain Res. – 1978. – Vol. 31. – P. 573-590.

### References

1. <http://www.hantsmonths.org.uk/species/0366a.php>.
2. Akimov, I. A., Zerova, M. D., Narol'skiy, N. B. i dr. (2006). Biologiya kashtanovoy miniruyushchey moli – *Cameraria ohridella* Deschka et Dimić (Lepidoptera: Glacillariidea) v Ukraini [Horse-chestnut leaf miner's biology - *Cameraria ohridella* Deschka et Dimić (Lepidoptera: Glacillariidea) in Ukraine]. Herald of zoology, 40 (4), 321 – 332.
3. Trybel', S. O., Gamanova, O. M., Svjentoslavski, Ja. (2008). Kashtanova minujucha mil' [Horse-chestnut leaf miner]. Kolobig,72.

4. Zerova, M. D., Nikitenko, G. N., Naroł'skiy, N. B. i dr. (2007). Kashtanovaya miniruyushchaya mol' v Ukraine [Horse-chestnut leaf miner in Ukraine]. Ltd. Veles, 87.
5. Chajka, V. M., Grygorjuk, I. P., Mel'nychuk, M. D. (2013). Ekologija agroekosystem Ukrai'ny v umovah zmin klimatu [Ecology of Ukraine agro-ecosystems in a changing climate]. CP Kompyrnt, 628.
6. Popov, G.V., Sviridov, S. V. (2009). Kashtanovaya mol' i bor'ba s ney v Donetskoy oblasti [Horse-chestnut leaf miner and fighting with it in the Donetsk region]. Donetsk, 20.
7. Grygorjuk, I. P., Luk'janenko, T. L. (2015). Fiziologichni i molekularni osnovy stijkosti vydiv roslyn rodu *Aesculus* L. proty kashtanovoi' minujuchoi' moli [Physiological and molecular basis of the stability of plant genus *Aesculus* L. against horse-chestnut leaf miner]. CP Kompyrnt, 174.
8. Zakhvatkin, Yu. A. (2001). Kurs obshchey entomologii [General Entomology Course]. Moscow, Russia: Kolos, 376.
9. Ross, G., Ross, Ch., Ross, D. (1985). Entomologiya [Entomology]. Moscow, Russia: Peace, 576.
10. Posudin, Ju. I. (2011). Biofizyka i metody analizu navkolyshn'ogo seredovyshha: Pidruchnyk [Biophysics and methods of analysis of the environment: Textbook]. NULES publishing center, 296.
11. Bey-Bienko G. Ya. (1980). Obshchaya entomologiya [General Entomology]. Moscow, Russia: Higher education, 416.
12. Shvanvich, B. N. (1949). Kurs obshchey entomologii [General Entomology Course]. Lviv, Sovetskaya nauka, 900.
13. Press release of the Nobel Committee at the Karolinska Medical Institute. Available at: [http://www.nobelprize.org/nobel\\_prizes/medicine/lau-reates/2014/press.html](http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/medicine/lau-reates/2014/press.html).
14. O'Keefe, J., Dastrovsky, S. (1971). The hippocampus as a Spatial map. Preliminary evidence from unit activity in the freely-moving rat. *Exp. Brain Res.*, 34, 171-175.
15. O'Keefe, J., Speakman, A. (1987). Single unit activity in the rat hippocampus during a spatial memory task. *Exp. Brain Res.*, 68, 1-27.
16. O'Keefe J., Conway, DH (1978). Hippocampal place units in the freely moving rat: why the fire where they fire. *Exp. Brain Res.*, 31, 573-590.

## **СИСТЕМЫ ФОТОРЕЦЕПТОРОВ КАК МАРКЕРЫ ОРИЕНТАЦИИ КАШТАНОВОЙ МИНИРУЮЩЕЙ МОЛИ В ПРОСТРАНСТВЕ**

**И. А. Григорюк, Н. М. Лесовой, Е. С. Пентелюк**

**Аннотация.** Освещены аспекты биологии каштановой минирующей моли (*Cameraria ohridella* Deschka et Dimić) (КММ), в частности поиска, выбора растения-хозяина и ориентации насекомых в пространстве.

КММ является одним из самых опасных, агрессивных адвентивных и распространенных видов, для которого характерно наличие достаточной кормовой базы, отсутствие естественных врагов и высокая скорость расселения ареала, что приводит к обезвоживанию, пожелтению, инфекционному усыханию листьев и к преждевременной гибели растений каштана конского обыкновенного (*Aesculus hippocastanum* L.) в естественных условиях произрастания, особенно в населенных пунктах. Впервые установлено наличие фасеточной структуры сложного глаза КММ с хрусталиком, симметрично расположенным по бокам головы, а также длинных, цилиндрических

светочувствительных омаидиев. Показано, что бабочки КММ свободно ориентируются в пространстве благодаря интегральным функциям мозга, которые заключаются в интеграции мультимодальной сенсорной информации, выполнения движений и привлечения значительных ресурсов памяти.

**Ключевые слова:** каштановая минирующая моль, вредитель, фоторецепторы, хрусталик, сложные глаза, адаптация.

## PHOTORECEPTOR'S SYSTEM AS MARKERS ORIENTATION FOR HORSE-CHESTNUT LEAF MINER IN SPACE

I. Grygoryuk, M. Lisovyy, E. Penteliuk

**Abstract.** *There were focused aspects of biology horse-chestnut leaf miner (HCLM), including search, selection of plants-hosts, insects breadwinner and orientation in space.*

*HCLM is one of the most dangerous, aggressive and alien species spread, which is characterized by the presence of sufficient fodder, lack of natural predators and high speed resettlement area causing dehydration, yellowing, leaf drying infection and premature death of common horse-chestnut plants (Aesculus hippocastanum L.) in vivo growth, especially in settlements. For the first time, the presence of the facet complex structure of HCLM eye lens, which is located symmetrically on the sides of the head, and the long, cylindrical light-omatidium. It is shown that for typical butterflies HCLM free orientation in space, which is a sign of the integral brain. Such brain makes the cooperation for multimodal sensory information and made motions involving significant memory resources.*

**Keywords:** *horse-chestnut leaf miner, pest, photoreceptors, lens, compound eyes, adaptation.*

**ВПЛИВ РАДІОАКТИВНОГО ЗАБРУДНЕННЯ СЕРЕДОВИЩА  
ПРИРОДНИМИ І ШТУЧНИМИ РАДІОНУКЛІДАМИ НА НАЗЕМНІ  
УГРУПОВАННЯ РОСЛИН ТА ТВАРИН**

**І. М. ГУДКОВ**, доктор біологічних наук, професор  
*Національний університет біоресурсів і природокористування  
України*

**А. Г. КУДЯШЕВА**, доктор біологічних наук, старший науковий співробітник  
*Інститут біології Комі НЦ УрВ РАН, Сиктивкар*  
E-mail: ingudkov@ukr.net

***Анотація.** Розглянуто вплив забруднення навколишнього середовища природними та штучними радіоактивними речовинами і, як наслідок, тривалого хронічного опромінення на природні угруповання рослин і тварин. Проаналізовано біологічні ефекти малих доз опромінення в дикорослих рослин, популяцій тварин на клітинному, тканинному, організменому рівнях. Сукупність експериментальних даних, відомих на теперішній час, дає можливість зробити висновок про високу чутливість багатьох фізіолого-біохімічних процесів у тканинах рослин і тварин до хронічної дії іонізуючої радіації низької інтенсивності у природних умовах і при радіоактивному забрудненні. Разом з тим виявлено відмінності у забезпеченні антиоксидантами тканин мишоподібних гризунів із контрольних і радіоактивних ділянок, а також у кількісному співвідношенні окремих фракцій фосфоліпідів у тканинах мишоподібних гризунів «чорнобильської» популяції. Це дає змогу припустити як залежність стану біохімічних параметрів у тканинах тварин із природних популяцій від еколого-популяційних чинників, так і наявність змін регуляції клітинних процесів у тканинах тварин, які протягом десятків поколінь мешкають на територіях із підвищеним природним радіаційним фоном. Показано, що хронічна дія іонізуючого випромінювання у малих дозах зумовлює неспецифічні реакції, характерні для різних стадій загального адаптаційного синдрому, і закономірний розвиток компенсаторних перебудов органів різних систем, що є реакціями пристосування організму до дії радіоекологічного чинника. Однак цей механізм спрямований лише на виживання популяції, а не на її процвітання у подібних умовах.*

***Ключові слова:** радіоактивні речовини, іонізуюче випромінювання, хронічне опромінення, популяції рослин і тварин, радіобіологічні ефекти.*

***Актуальність.** Радіобіологією та радіоекологією накопичено великий досвід вивчення реакцій живих організмів на дію іонізуючого випромінювання, який дає можливість певною мірою передбачати можливі зміни в угрупованнях рослин і популяціях тварин, які піддані тотальній дії радіаційного чинника у природному середовищі. І порівняння результатів*

вивчення дії радіації на природні екосистеми з даними лабораторних досліджень виявляє велику різницю, зумовлену сильною модифікуючою дією звичайних постійно діючих чинників навколишнього середовища.

Вже у перших експериментах з тривалого опромінення вегетуючих рослин, проведених у 1950-і роки у відповідь на випробування атомної зброї, було одержано багато матеріалу, який основу став підґрунтям сучасних уявлень про виникнення і розвиток у рослин радіаційного синдрому. Дослідження з вивчення дії хронічного  $\gamma$ -опромінення на рослини було розпочато у США у Брукгейвенській національній лабораторії під керівництвом видатного радіобіолога А. Х. Сперроу на спеціально створеному для цієї мети гамма-полі [1]. Було визначено радіочутливість більше ніж ста видів рослин із 35 родин. Установлено, що цей важливий показник варіює у сотні разів. Саме там у ті часи було виявлено надзвичайно високу порівняно з іншими видами рослин радіочутливість голонасінневих видів, зокрема родини соснових, і особливо виду сосна. Пізніше було виявлено основні параметри, що визначають радіочутливість рослин і серед них такі найбільш важливі, як ядерні та хромосомні характеристики клітин, показано високу радіочутливість процесів статевого розмноження.

У цій же лабораторії проведено великомасштабні експерименти з вивчення дії іонізуючих випромінювань на ценози й екосистеми, кінцевою метою яких було розроблення системи критеріїв для оцінювання екологічних наслідків хронічної дії радіації на живі системи і заходів з відновлення рослинних ресурсів після ядерних і радіаційних інцидентів. В умовах експериментів з хронічним опроміненням виявлено зміни у структурі, особливостях домінування видів, щільності їх заселення, продуктивності. У польових дослідженнях підтверджено прогностичну роль хромосомно-ядерних характеристик і висунуто припущення, що у природних умовах вплив хронічного опромінення може проявлятися за менших потужностях доз, ніж при їх вирощуванні в умовах експерименту.

Значну потенційну небезпеку для рослин, що ростуть на уранових «хвостах» – залишках уранової руди після видобутку металу для потреб ядерної енергетики та військових цілей, довели Е. Речел і В. Кемпбел [2]. В лабораторних дослідах з особливо радіочутливим видом традесканції, яка вирощувалася на ґрунті з додаванням уранових відходів, вони спостерігали зміни у швидкості утворення волосків на тичинкових нитях, зниження життєздатності пилку, а також збільшення кількості соматичних мутацій. Було зроблено слушне припущення про немінучі специфічні особливості становлення фітоценозів в умовах подібних техногенних утворень, які проявляються насамперед в елімінації радіочутливих видів.

У дослідженнях, проведених у 1960–1970-і роки в Інституті біології Комі Уральського відділення РАН, в умовах унікального урано-радієвого біогеоценозу на півночі Республіки Комі, показано, що тривале зростання популяції горошку мишачого призводить до появи у цих рослин ознак, що відрізняють їх від тих, які ростуть в умовах звичайного радіаційного фону. Популяція зазначеного виду зростала на ділянці, де гамма-фон у найактивніших місцях досягав 1,5-2,5мР/год, що у сто і більше разів перевищує середні рівні радіаційного фону на Землі. При цьому рослини

додатково були піддані радіаційному навантаженню з боку інкорпорованих  $\alpha$ -випромінюючих радіонуклідів –  $^{222}\text{Rn}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{210}\text{Po}$ . Інтегральна кумулятивна доза на надземну масу за період вегетації становила 5,3МГр і для коренів – 64,3МГр. Було виявлено велику кількість аберантних ана- і телофаз у меристемних клітинах проростків із насіння, що сформувався на рослинах в умовах хронічного опромінення, що свідчить про підвищення темпів мутаційної мінливості в рослин. Водночас ця популяція мала вищу порівняно з контролем частоту хлорофільних мутацій. Її також відрізняла підвищена радіочутливість насіння, що може свідчити про обтяженість генома популяції мутаціями, які накопичуються і передаються у прихованому вигляді наступним поколінням. Наявність такого вантажу в разі дії на популяцію радіаційного фактора більшої потужності робить її більш вразливою порівняно зі звичайними угрупованнями. Індуктором генетичного вантажу тут є весь комплекс несприятливих умов, що характеризують екологічну обстановку. Особливо важлива роль, разом із фактором підвищеного радіаційного фону, може належати важким металам, які також мають мутагенні властивості і вміст яких підвищений у цих ґрунтах [3].

Спостереження за хребетними тваринами (гризуни, зайцеві, копитні, рептилії) на полігонах після випробувань ядерної зброї на початку 1960-х років, на ділянках з локальним радіонуклідним забрудненням свідчать про затримку їх розвитку і статевого дозрівання, скорочення тривалості життя і зменшення стійкості до дії несприятливих факторів середовища, зменшення плодючості, зростання мінливості морфологічних структур. У звірків з районів з підвищеним у 5-7 разів природним радіаційним фоном частіше виявляли патології в діяльності кровотворної і статевої систем, значні варіювання чисельності популяції, високу загибель ембріонів, зміну структури популяції [4]. Усі ці зміни і порушення свідчать про вплив у природних умовах малих доз радіації на популяції тварин, зокрема гризунів, які тут мешкають.

Багаторічні дослідження співробітників Інституту біології показують, що радіоекологічний фактор (спільний вплив підвищеного фону природної радіації на один-два порядки порівняно з фоновими значеннями та геохімічних, кліматичних та інших природних і техногенних умов) може негативно діяти на організм і популяції тварин навіть за дуже малих рівнів іонізуючої радіації. На прикладі популяції полівок-економок продемонстровано високий рівень морфофізіологічної, гістоморфологічної, цитогенетичної мінливості деяких органів і систем під дією підвищеного рівня природної радіації у біогеоценозах [5]. Зареєстровано зміни у білковому обміні полівок, у рівні сульфгідрильних груп у печінці тварин, активності ферментів енергетичного обміну, антиоксидантних ферментів, окремих ланок перекисного окислення ліпідів, виявлено високу чутливість клітин периферичної крові до хронічної дії малих доз у природному середовищі. Гістоморфологічне вивчення сіменників та яєчників полівок показало радіаційне ураження гонад в ембріональний період.

У цілому дослідження показали, що хронічна дія іонізуючого випромінювання у малих дозах спричинює неспецифічні реакції, характерні для різних стадій загального адаптаційного синдрому і зумовлює закономірний розвиток компенсаторних перебудов органів різних систем, що є реакціями пристосування організму до дії радіоекологічного чинника.

Однак це пристосування спрямоване лише на виживання популяції, а не її процвітання у подібних умовах.

У мишоподібних гризунів, які живуть у районах з підвищеним рівнем природних радіонуклідів урану, радію, торію, порівняно з такими тваринами з фонових територій, спостерігається порушення закономірних змін фаз популяційного циклу, підвищення інтенсивності розмноження, потенційної та загальної плодючості, що призводить до скорочення тривалості життя і репродуктивного періоду, зростання ембріональної смертності та появи менш життєздатного потомства [5, 6].

Аварія на Чорнобильській АЕС посилила інтерес до досліджень біологічних наслідків хронічного опромінення у малих дозах. виникли після аварії з'явилися території, забруднені довгоживучими радіонуклідами, – так звані штучні радіонуклідні аномалії. З їх появою створилися унікальні можливості для вивчення близьких і віддалених наслідків тривалого опромінення рослин і тварин. І було підтверджено, що радіобіологічні ефекти у підданих радіоактивному забрудненню природних екосистемах залежать від радіочутливості домінуючих у них видів. До найбільш радіочутливих видів рослин належать хвойні породи дерев, до найбільш радіо чутливих видів тварин – ссавці, а екосистем – хвойні ліси.

Характерною ознакою великих радіаційних аварій є наявність двох періодів їхнього перебігу – інтенсивного короткострокового опромінення і наступного тривалого, часом багаторічного, етапу з повільним зменшенням потужності дози. Найбільш значні ураження біоти бувають спричинені дією іонізуючої радіації в період гострого опромінення.

Багаторічне вивчення стану рослинності у зазначених умовах виявило стійку появу деяких біологічних ефектів тривалого – хронічного опромінення декількох поколінь однорічних видів рослин і багаторічників, у яких протягом цього періоду можуть накопичуватися досить значні дози опромінення клітин первинних і вторинних утворювальних тканин, спочиваючих бруньок і попередників майбутніх генеративних органів. Порівняння радіобіологічних ефектів у різних видів рослин вказує на суттєві відмінності відповіді популяції на хронічне опромінення [7].

Розрізняють ценотичні та видопопуляційні відповіді рослинності на хронічне опромінення. У швидко наступаючих ценотичних ефектах, які виявляються у зміні видового складу ценозу та зміні домінантних форм, основну роль відіграють явища радіаційного пригнічення радіочутливих видів, або збільшується частота утворення хромосомних і точкових мутацій, або проявляється явище гормезису. У повільніших ценотичних ефектах можуть виявлятися наслідки індукованих опроміненням процесів генетико-популяційної природи.

З ефектів, що виявляються при вивченні окремих видів рослин чи їхніх популяцій, треба зазначити такі:

- при хронічному низькоінтенсивному опроміненні проявляється кумулятивність його дії – у деяких видів з часом радіочутливість насіння і вегетуючих рослин зростає;

- з часом у рослин, що ростуть в умовах радіонуклідної аномалії, підвищується генетична нестабільність, яка проявляється у збільшенні частоти цитогенетичних і генетичних порушень і може зберігатися протягом

декількох років після припинення дії підвищених порівняно з фоновим рівнів опромінення;

- хронічне низькофонове опромінення не супроводжується індукцією радіоадаптації, що, ймовірно, спричинено поступовою втратою здатності клітин до репарації ДНК;

- в опромінених популяціях деяких видів рослин, зокрема хвойних дерев, з'являються радіоморфози двох типів: потворні форми окремих органів (листіків, стебел, квіток, суцвіть), поява яких зумовлена втратою здатності до поділу клітин, стохастично розподілених у меристемах; формування аномальних за розміром органів (дуже великих чи, навпаки, дрібних порівняно з нормою), хоча із збереженням регулярності у тканинній і клітинній структурах, що є наслідком втрати клітинами здатності сприймати сигнали позиційної інформації;

- зміни позиційної інформації на рівні фізіологічних процесів, які проявляються порушеннями властивій нормі періодичності органічного спокою насіння, послабленням апікального домінування у вегетуючих рослин та іншими явищами, від яких залежить стійкість рослин не тільки до опромінення іонізуючою радіацією, але й до стресових навантажень іншої природи [8, 9].

Флористичні дослідження, проведені у зоні радіаційного впливу аварії на Чорнобильській АЕС на різних рівнях організації рослин – від клітинного до популяційного, підтвердили дані про надзвичайну радіочутливість рослин родин соснових, бобових і лілейних [10].

Реакція на радіоактивне забруднення представників інших родин та рослинних угруповань, зокрема видів, що є компонентами природних трав'яних ценозів, була не такою помітною. При цитогенетичному аналізі насіння деяких представників дикої та культурної флори були одержані дані, що свідчать про зростання рівня мутацій, хоча далеко не завжди вдалося виявити зв'язок між кількістю мутацій і гамма-фоном у місцях зростання рослин. У різних видів рослин знаходили патології на всіх фазах мейозу, відхилення у мікроспорогенезі, різноспрямовані зміни мутаційного вантажу в популяціях рослин, що зростають за різних режимів хронічного опромінення. Протягом багатьох років реєстрували більш високий рівень різних відхилень у морфології вищих квіткових рослин, помічено зміни у структурі трав'янистих фітоценозів.

Усі ці дані свідчать про пригнічуючу дію на рослини радіонуклідного забруднення ґрунту, навколишнього середовища в цілому. Це проявляється як на цитогенетичному рівні у формі зростання частоти хромосомних мутацій, так і на рівнях організму і популяції окремих видів рослин. Досить переконливим показником негативної дії радіоактивного забруднення на рослини є зменшення насінневої продуктивності в популяціях окремих видів.

Однак за сукупністю результатів різнобічного обстеження насіння великої кількості видів вищих квіткових рослин, що входять у лучні угруповання агроценозів у 30-кілометровій зоні Чорнобильської АЕС, можна вважати, що радіоактивне забруднення не призвело до помітних відхилень у рівні мінливості найважливіших популяційних показників. Разом з тим серед аборигенної рослинності є окремі види, чутливі до опромінення іонізуючою радіацією, такі як арабідопсис (резуха, *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh.),

подорожник ланцетолистий (*Plantago lanceolata* L.), фіалка ранкова (*Viola matutina* Klok.) і деякі інші [11].

Досвід радіаційної аварії на Південному Уралі, що сталася у 1957р., виявився досить корисним для таких досліджень. Сьогодні, коли після неї минув удвічі довший період, ніж після аварії на Чорнобильській АЕС, на території того радіоактивного сліду майже немає будь-яких зовнішніх проявів дії радіації на живі організми. Частота хромосомних аберацій у твірних клітинах вийшла на сталий рівень. Природні екосистеми набули свого передаварійного вигляду, за винятком хвойних лісів, які сильно постраждали від опромінення. Окрім того, біохімічні мутації й зараз ще не досягли сталого рівня. Екосистеми, уражені після аварії на Чорнобильській АЕС, мабуть, проходять ті самі етапи формування радіаційного синдрому, які проходили уражені екосистеми на Уралі. Для об'єктивного прогнозу можливих майбутніх змін у фітоценозах необхідно продовжувати моніторинг, залучаючи у багаторічні дослідження нові види рослин і вдосконалюючи фітоценотичні підходи до вивчення антропогенного впливу на природу. Однак результати досліджень наслідків тривалої радіаційної дії на стан здоров'я населення, яке мешкає на забруднених внаслідок аварії на Уралі територіях, дають певні підстави для висновку про негативну дію радіоактивного забруднення [12].

У тварин, які мешкають у природних умовах 30-кілометрової зони Чорнобильської АЕС, виявлено суттєві зміни біофізичних і біохімічних показників життєво важливих систем організму на рівні клітин, тканин, органів, популяцій. Характерними ознаками радіаційного ураження у перші роки після аварії (1986–1991 рр.) є порушення закономірностей зміни фаз чисельності дрібних ссавців, зростання частоти виникнення анатомічних аномалій, зміни у статеві-віковій структурі. У цих тварин виявлені порушення в ендокринній системі, зокрема порушення репродуктивної функції, а також зміни імунного статусу. Установлено високий ступінь індивідуальної варіабельності цитогенетичних показників, зазначено генетичну ефективність всіх рівнів забруднення. Виявлено, що частота уражень хромосом підвищувалася протягом 2-4 років після аварії і навіть через 20 років не знижувалася до фонових значень [13, 14].

Вивчення стану систем клітинної регуляції в органах гризунів із природних популяцій на різних ділянках зони радіаційного впливу, дало змогу встановити, що хронічне низькоінтенсивне опромінення у малих дозах спричинює в організмі мишоподібних гризунів складні порушення в системі регуляції перекисного окислення ліпідів (ПОЛ) та енергетичного обміну. Показано, що постійна дія на тварин такого режиму опромінення спричинює активацію вільнорадикальних реакцій, окислювальну деструкцію клітинних мембран, вихід ферментів з компартментів, тривалу активацію захисних компенсаторних систем, що призводить до їх виснаження і зриву [15].

Сукупність експериментальних даних, відомих на теперішній час, дає можливість зробити висновок про високу чутливість багатьох фізіолого-біохімічних процесів у тканинах тварин до хронічної дії іонізуючої радіації низької інтенсивності у природних умовах і при радіоактивному техногенному забрудненні. Разом з тим виявлено відмінності у забезпеченні антиоксидантами тканин гризунів із контрольних і радіоактивних ділянок, а

також у кількісному співвідношенні окремих фракцій фосфоліпідів у тканинах мишоподібних гризунів «чорнобильської» популяції. Це дає змогу припустити як залежність стану біохімічних параметрів у тканинах тварин із природних популяцій від еколого-популяційних чинників, так і наявність змін регуляції клітинних процесів у тканинах тварин, які протягом десятків поколінь мешкають на територіях з підвищеним природним радіаційним фоном [16].

На прикладі популяцій рудих полівок і бурозубок, які живуть на забруднених внаслідок аварії на Чорнобильській АЕС територіях, встановлено напруженість фізіологічних та імунологічних процесів у тканинах тварин у відповідь на дію малих доз хронічного опромінення, порушення нормального розвитку та підвищення смертності серед молодих особин [17].

Комплексні багаторічні дослідження природних популяцій п'яти видів мишоподібних гризунів (перший поставарійний період – 1986-1991рр. і через 21 рік після аварії) дали можливість простежити основні етапи формування й розвитку змін в основних системах організму та процеси їх регуляції у декількох поколіннях тварин, які мешкають на території зони відчуження. Треба зазначити, що обстежували тварин, які певною мірою пройшли крізь своєрідний фільтр природного добору і являли собою найбільш життєздатних особин в умовах постійної дії іонізуючої радіації. Проте в обстежених звірків, попри зовнішнє благополуччя, виявлено чисельні й різноманітні структурні, морфологічні, біохімічні, біофізичні, цитогенетичні зміни в клітинах і тканинах, дозволяє на підставі чого можна зробити висновок про якісні зміни стану самих популяцій мишоподібних гризунів внаслідок тривалого проживання на територіях з підвищеним рівнем радіоактивного забруднення. Це підтверджується і зміною найпоширенішого виду мишоподібних гризунів, яка спостерігалася протягом 1986-1993рр. і 2007р. у 30-кілометровій зоні навколо ЧАЕС, – зникнення полівки-економки й повсюдне поширення більш резистентних польових і жовтогорлих мишей; зростанням мінливості досліджуваних параметрів, збільшенням гетерогенності як відповідних реакцій.

Необхідно наголосити, що в умовах радіоактивного забруднення середовища ступінь порушення ліпідного обміну, забезпечення тканин енергією, морфологічні зміни в тканинах і генетичні наслідки для природних популяцій гризунів виявилися значно більшими, ніж в експериментах з хронічним зовнішнім  $\gamma$ -опроміненням лабораторних тварин. Це свідчить про необхідність як урахування дії усього комплексу чинників середовища, так і обережної екстраполяції результатів, отриманих у лабораторних експериментах, для прогнозування біологічних наслідків дії техногенного забруднення біоти. Патологічні процеси, що виникають (порушення у системі регуляції перекисного окислення ліпідів та дезінтеграції енергетичного обміну, процесів кровотворення, дисбаланс ендокринної системи, цитогенетичні порушення у статевих і соматичних клітинах), можуть призводити до недосконалої пристосувальних механізмів [17, 18].

Тривале перебування (2-4 місяці) лабораторних щурів і мишей у зоні відчуження Чорнобильської АЕС, тобто в умовах хронічної дії іонізуючого випромінювання, найбільш суттєво виявляється на змінах у стані

ендокринної системи, реакція якої спрямована на адаптацію організму до зазначеного фактора. При цьому найбільш чутлива ланка ендокринної системи – кора надниркової залози, яка відіграє ключову роль у реакції організму на стрес, зазнає змін рівня кортикостерону. Утримання тварин у зоні відчуження підвищує процеси мутагенезу (збільшується кількість мікроядер в еритроцитах) і канцерогенезу (збільшується кількість аденом у мишей), а також змінює реакцію організму на дію канцерогену хімічної природи. Збільшення строків утримання тварин у зоні відчуження впливає на інтенсивність перебігу окремих метаболічних процесів і на чутливість тварин до дії нерадіаційних факторів. Виявлені зміни стану цих важливих систем організму є наслідком спільної дії радіаційних і нерадіаційних чинників [19].

У поставарійний період (протягом 10 років) вивчення декількох поколінь щурів, яких утримували на території з підвищених радіаційним фоном, виявило глибокі порушення у гормональному статусі тварин, зокрема виявлено морфофункціональні зміни в різних органах і системах, при формуванні яких відбувається поступове виснаження адаптивно-компенсаторних можливостей організму [20].

Перехід клітинних систем регуляції на новий рівень функціонування, який зумовлює формування якісно нових субпопуляцій мишоподібних гризунів, забезпечує виживання популяції та підтримку гомеостазу в радіоекологічних умовах, що змінилися.

Порівняльна оцінка популяцій риб, що мешкають у водоймі-охолоджувачі та інших водоймах зони відчуження Чорнобильської АЕС, виявила їхню значну мінливість щодо морфологічних, морфометричних, цитогенетичних показників, показників відносної чисельності, екстер'єрних індексів. Це свідчить про те, що на стан популяцій риб впливають, крім радіаційного, й інші фактори зони відчуження. Результати багаторічних досліджень з накопичення  $^{137}\text{Cs}$  у тканинах риб із водойм, забруднених радіонуклідами чорнобильського походження, показали, що протягом усього періоду радіоекологічних досліджень щука – представник вищого трофічного рівня – характеризувалася вищим рівнем питомої активності за цим радіонуклідом у м'язах порівняно з іншими видами хижих риб, зокрема із судаком. Установлено тісний зв'язок сезонних, вікових і статевих відмінностей у накопиченні  $^{137}\text{Cs}$  в організмі риб із характером їх харчування [21, 22].

**Отже**, як у рослинних угрупованнях, так і в популяціях тварин у зонах радіоактивного забруднення найбільш значні зміни відбуваються на рівні окремих видів організмів, органів, тканин, клітин. Самі популяції здатні пристосовуватися до радіоактивного забруднення, змінюючи видове різноманіття, структуру, чисельність популяцій та інше.

#### Список використаних джерел

1. Сперроу А.Х., Вудвелл Дж. М. Чувствительность растений к хроническому γ-облучению // Вопросы радиоэкологии. – М. Атомиздат, 1968. – С. 57–86.
2. Rechel E.A., Campbell W.E. The effects radiation from uranium mill tailing of *Tradescantia* // Great Basin Natur. – 1978. – V. 38, N 4. – P. 456–462.
3. Попова О.Н., Таскаев А.И., Фролова Н.П. Генетическая стабильность и изменчивость семян в популяциях травянистых фитоценозов в районе аварии на Чернобыльской АЭС. – СПб.: Наука, 1992. – 144 с.

4. Вавилов П. П., Попова О.Н., Коданева Р.П. Исследование мейоза у облученных растений, а также у растений, выращенных на почвах с повышенным содержанием урана и радия // Радиозэкологические исследования в природных биогеоценозах. – М.: Наука, 1972. – С. 103–112.

5. Раушенбах Ю.О., Монастырский А.О. Исследование адаптации животных к повышенному естественному фону радиации / Влияние ионизирующих излучений на наследственность. – М.: Наука, 1966. – С. 165–166.

6. Ильенко А.И., Концентрирование животными радиоизотопов и их влияние на популяции. – М.: Наука, 1974. – 166 с.

7. Ильенко А.И., Крапивко Т.П., Можейките Р.Б., Смирнова О.В. Изучение влияния загрязнения  $^{90}\text{Sr}$  биогеоценоза на популяцию лесных мышей / Проблемы и задачи радиозэкологии животных. – М.: Наука, 1980. – С. 97–120.

8. Гродзинський Д.М., Булах А.А., Гудков І.М. Радіобіологічні ефекти у рослин / Чорнобильська катастрофа. – К.: Наук. думка, 1996. – С. 311–326.

9. Гродзинський Д.М. Гудков І.М. Радіобіологічні ефекти у рослин на забрудненій радіонуклідами території / Чорнобиль: зона відчуження. – К.: Наук. думка, 2001. – С. 325–375.

10. Grodzinsky D.M., Gudkov I.N. Radiation damage of plants in the Chernobyl Nuclear Accident impact zone / 20 Years After the Chernobyl Accident: Past, Present and Future. – New York: Nova Science Publishers, 2006. – P. 231–246.

11. Попова О.Н., Таскаев А.И., Фролова Н.П. Генетическая стабильность и изменчивость семян в популяциях травянистых фитоценозов в районе аварии на Чернобыльской АЭС. – СПб.: Наука, 1992. – 144 с.

12. Гудков И.Н. Радиозэкологический парадокс? // Радиационная биология. Радиозэкология. – 2016. – Т. 56, №3. – С. 358–362.

13. Позолотина В.Н., Молчанова И.В., Караваева Е.Н., Михайловская Л.Н., Антонова Е.В. Современное состояние наземных экосистем Восточно-Уральского радиоактивного следа: уровни загрязнения, биологические эффекты. – Екатеринбург: Изд-во «Гошицкий», 2008. – 204 с.

14. Кудяшева А.Г., Шишкина Л.Н., Шевченко О.Г., Башлыкова Л.А., Загорская Н.Г. Биологические эффекты радиоактивного загрязнения в мышевидных грызунов. – Екатеринбург: УрО РАН, 2004. – 214 с.

15. Кудяшева А.Г., Шишкина Л.Н., Загорская Н.Г., Таскаев А.И. Биохимические механизмы радиационного поражения природных популяций мышевидных грызунов. – СПб.: Наука, 1997. – 156 с.

16. Shishkina L.N., Kudyasheva A.G., Zagorskaya N.G., Shevchenko O.G., Taskaev A.I. Participation of the lipid peroxidation processes in the mechanism of wild rodent adaptation to radioactive contamination of Chernobyl NPP zone / The Lessons of Chernobyl: 25 Years Later. – New York: Nova Science Publishers, 2011. – P. 187–208.

17. Кудяшева А.Г. Антиоксидантный статус, состав фосфолипидов и процессы дегидрирования в органах мышевидных грызунов из районов с радиоактивным загрязнением / Автореф. дисс. на соиск. уч. степ. докт. биол. наук. – М.: МГУ, 1996. – 35 с.

18. Кудяшева А.Г., Шишкина Л.Н., Н.Г. Загорская, Шевченко О.Г., Ивашевская Е.А. Состав фосфолипидов печени полевок-экономок, обитающих в разных радиозэкологических условиях // Радиационная биология. Радиозэкология. – 2000. – Т. 40, вып. 3. – С. 327–333.

19. Таскаев А. И., Материй Л.Д., Кудяшева А.Г., Ермакова О.В. Биологические последствия радиоактивного загрязнения для мышевидных грызунов в зоне отчуждения Чернобыльской АЭС / Теоретическая и прикладная экология. – 2016. – №2. – С. 55–64.

20. Серкіз Я.І., Липська А.І., Мойсеєнко М.І. Особливості формування дозових навантажень у тварин / Чорнобильська катастрофа. – К.: Наук. думка, 1996. – С. 288–291.

21. Серкіз Я.І., Дрозд І.П., Липська А.І., Алесіна М.Ю. Вплив радіаційного фактора Чорнобильської зони відчуження на організм тварин / Експериментальне моделювання хронічного комбінованого (внутрішнього та зовнішнього) опромінення тварин. – К.: Атіка, 2006. – С. 8–26.

22. Kryshev A.I., Ryabov I.N. A dynamic model of  $^{137}\text{Cs}$  accumulation by fish of different age classes // J. Environmental Radioactivity. – 2000. – Т. 50, №3. – С. 221–233.

23. Gudkov D.I., Shevtsova N.I., Pomortseva N.A., Dzyubenko E.V., Kaglyan A.E., Nazarov A.B. Radiation-induced cytogenetic and hematologic effects on aquatic biota within the Chernobyl exclusion zone // J. Environmental Radioactivity. – 2016. – Т. 151. – С. 438–448.

### References

1. Sperrow, A.H., Woodwel, J.M. (1968). Chuvstvitel'nost' rasteniy k khronicheskomu  $\gamma$ -oblucheniyu [Sensitivity of plants to chronic  $\gamma$ -irradiation], Voprosy radioecologii. Moscow, Agropromizdat, 57–86.

2. Rechel, E.A., Campbell, W.E. (1978) The effects radiation from uranium mill tailing of *Tradescantia*, Great Basin Natur., 38(4), 456–462.

3. Popova, O. N., Taskaev, A. I., Frolova, N.P. (1992) Geneticheskaya stabil'nost' i izmenchivost' semyan v populyatsiyakh travyanistykh fitotsenozov v rayone avarii na Chernobyl'skoy AES [Genetic stability and variability of seeds in populations of herbaceous phytocenoses in the area of the Chernobyl accident], Saint Petersburg, Nauka, 144.

4. Vavilov, P. P., Popova, O. N., Kodaneva, R.P. (1972). Issledovaniye meyoza u obluchennykh rasteniy, a takzhe u rasteniy, vyrashchennykh na pochvakh s povyshennym sodержaniyem urana i radiya [The study of meiosis in irradiated plants, as well as in plants grown on soils with a high content of uranium and radium]. Radioekologicheskiye issledovaniya v prirodnykh biogeotsenozakh [Radioecological research in natural biogeocenoses]. Moscow, Nauka, 103–112.

5. Raushenbah, Yu.O., Monastyrskiy, A.O. (1966) Issledovaniye adaptatsii zhyvotnykh k povyshennomu yestestvennomu fonu radiatsii [Study of adaptation of animals to an elevated natural background of radiation]. Vliyaniye ioniziruyushchikh izlucheniyy na nasledstvennost' [Influence of ionizing radiation on heredity]. Moscow, Nauka, 165–166.

6. Ilyenko, A.I., (1974). Kotsentrirovaniye zhyvotnymi radioizotopov i ikh vliyaniye na populyatsii [Concentration of radioisotopes by animals and their effect on populations]. Moscow, Nauka, 166.

7. Ilyenko, A.I., Krapivko, T.P., Mozhekiyte, R.B., Smirnova, O.V. (1980) Izucheniye vliyaniya zagryazneniya  $^{90}\text{Sr}$  biogeotsenoza na populyatsiyu lesnykh myshey [A study of the influence of  $^{90}\text{Sr}$  pollution on biogeocenosis on the population of forest mice] / Problemy i zadachi radioekologii zhyvotnykh [Problems and tasks of animals radioecology]. – Moscow, Nauka, 97–120.

8. Grodzinskiy, D.M., Bulakh, A.A., Gudkov, I.M. (1996). Radiobiologichni efekty u roslyn [Radiobiological effects in plants]. Chornobyl's'ka katastrofa [Chornobyl catastrophe] Kyiv, Naukova dumka, 311–326.

9. Grodzinsky, D.M., Gudkov, I.N. (2001). Radiobiologichni efekty u roslyn na zabrudneniy radionuklidamy terytoriyi [Radiobiological effects in plants on radionuclide contaminated territory]. Chornobyl': zona vidchuzhennya [Chernobyl: exclusion zone], Kyiv, Naukova dumka, 325–375.

10. Grodzinsky, D.M., Gudkov, I.N. (2006). Radiation damage of plants in the Chernobyl Nuclear Accident impact zone. 20 Years After the Chernobyl Accident: Past, Present and Future, New York, Nova Science Publishers, 231–246.
11. Popova, O.N., Taskaev, A.I., Frolova, N.P. (1992). Geneticheskaya stabil'nost' i izmenchivost' semyan v populyatsiyakh travyanistykh fitotsenozov v rayone avarii na Chernobyl'skoy AES [Genetic stability and variability of seeds in populations of herbaceous phytocenoses in the area of the Chernobyl accident]. Saint Petersburg, Nauka, 144.
12. Gudkov, I.M. (2016). Radioekologicheskiy paradoks? [A radioecological paradox?]. Radiobiology. Radioecology. 56 (3), 358–362.
13. Pozolotina, V.N., Molchanova, I.V., Karavaeva, E.N., Mikhaylovskaya, L.N., Antonova, E.V. (2008). Sovremennoye sostoyaniye nazemnykh ekosistem Vostochno-Ural'skogo radioaktivnogo sleda: urovni zagryazneniya, biologicheskiye efekty [The current state of terrestrial ecosystems of the East Urals radioactive trace: pollution levels, biological effects]. Ekaterinburg, Goshchitskiy Publisher, 204.
14. Kudyasheva, A.G., Shishkina, L.N., Shevchenko, O.G., Bashlykova L.A., Zagorskaya, N.G. (2004). Biologicheskiye efekty radioaktivnogo zagryazneniya v myshevidnykh gryzunov [Biological Effects of Radioactive Contamination in Mouse Rodents]. Ekaterinburg: Uro RAS, 214.
15. Kudyasheva, A.G., Shishkina, L.N., Zagorskaya, N.G., Taskaev, A.I. (1997). Biokhimicheskiye mekhanizmy radiatsionnogo porazheniya prirodnykh populyatsiy myshevidnykh gryzunov [Biochemical mechanisms of radiation damage to natural populations of mouse-like rodents]. Saint Petersburg, Nauka, 156.
16. Shishkina, L.N., Kudyasheva, A.G., Zagorskaya, N.G., Shevchenko, O.G., Taskaev, A.I. (2011). Participation of the lipid peroxidation processes in the mechanism of wild rodent adaptation to radioactive contamination of Chernobyl NPP zone, The Lessons of Chernobyl: 25 Years Later, New York: Nova Science Publishers, 187–208.
17. Kudyasheva, A.G. (1996). Antioksidantnyy status, sostav fosfolipidov i protsessy degidrirovaniya v organakh myshevidnykh gryzunov iz rayonov s radioaktivnym zagryazneniyem [Antioxidant status, phospholipid composition and dehydrogenation processes in organs of mouse rodents from areas with radioactive contamination] /Thesis for obtaining Doctor of Science degree. Moscow, MSU, 35.
18. Kudyasheva, A.G., Shishkina, L.N., Zagorskaya, N.G., Shevchenko, O.G., Ivashevskaya, E.A. (2000). Sostav fosfolipidov pecheni polevok-ekonomok, obitayushchikh v raznykh radioekologicheskikh usloviyakh [Composition of phospholipids of the liver of voles-economists, inhabiting different radioecological conditions]. Radiatsionnaya biologiya. Radioekologiya [Radiation Biology. Radioecology]. 40(3), 327–333.
19. Taskaev, A. I., Materiy, L.D., Kudyasheva, A.G., Yermakova, O. V. (2016) Biologicheskiye posledstviya radioaktivnogo zagryazneniya dlya myshevidnykh gryzunov v zone otchuzhdeniya Chernobyl'skoy AES [Biological consequences of radioactive contamination for rodent mice in the exclusion zone of the Chernobyl NPP]. Teoreticheskaya i prikladnaya ekologiya [Theoretical and Applied Ecology], 2, 55–64.
20. Serkiz, Ia.I., Lypska, A. I., Moiseenko M.I. (1996). Osoblyvosti formuvannya dozovykh navantazhen' u tvaryn [Features of the formation of dose loads in animals]. Chornobyl's'ka katastrofa [Chornobyl catastrophe]. Kyiv, Naukova dumka, 288–291.
21. Serkiz, Ia.I., Drozd, I. P., Lypska, A. I., Alesina, M. Iu. (2006) Vplyv radiatsiynoho faktora Chornobyl's'koyi zony vidchuzhennya na orhanizm tvaryn [Influence of Radiation Factor of Chornobyl Exclusion Zone on Animals]. Eksperymental'ne modelyuvannya khronichnoho kombinovanoho (vnutrishn'oho ta zovnishn'oho) oprominennya tvaryn [Experimental Modeling of Chronic Combined (Internal and External) Irradiation of Animals]. Kyiv, Atika, 8–26.

22. Kryshev, A.I., Ryabov, I.N. (2000). A dynamic model of  $^{137}\text{Cs}$  accumulation by fish of different age classes. J. Environmental Radioactivity, 50(3), 221–233.

23. Gudkov, D.I., Shevtsova, N.I., Pomortseva, N.A., Dzyubenko, E.V., Kaglyan, A.E., Nazarov, A.B. (2016) Radiation-induced cytogenetic and hematologic effects on aquatic biota within the Chernobyl exclusion zone, J. Environmental Radioactivity, 151, 438–448.

## **ВЛИЯНИЕ РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ СРЕДЫ ЕСТЕСТВЕННЫМИ И ИСКУССТВЕННЫМИ РАДИОНУКЛИДАМИ НА НАЗЕМНЫЕ СООБЩЕСТВА РАСТЕНИЙ И ЖИВОТНЫХ**

**И. Н. Гудков, А. Г. Кудяшева**

**Аннотация.** Рассмотрено влияние загрязнения окружающей среды естественными и искусственными радионуклидами и, как следствие, длительного хронического облучения ионизирующей радиацией на природные сообщества растений и животных. Проанализированы биологические эффекты малых доз облучения у дикорастущих растений и популяций животных на клеточном, тканевом, организменном уровнях. Совокупность экспериментальных данных, имеющихся к настоящему времени, позволяет прийти к выводу о высокой чувствительности многих физиолого-биохимических процессов в тканях растений и животных к хроническому действию ионизирующей радиации низкой интенсивности в естественных условиях и при радиоактивном загрязнении. Выявлены отличия в обеспечении антиоксидантами тканей мышевидных грызунов с контрольных и радиоактивных участков, а также в количественном соотношении отдельных фракций фосфолипидов в тканях животных «чернобыльской» популяции. Это позволяет допустить как зависимость состояния биохимических параметров в тканях животных из природных популяций от эколого-популяционных факторов, так и наличие изменений регуляции клеточных процессов в тканях животных, которые на протяжении десятков поколений обитают на территориях с повышенным радиационным фоном. Показано, что хроническое действие ионизирующего излучения в малых дозах вызывает неспецифические реакции, характерные для разных стадий адаптационного синдрома и приводят к закономерному развитию компенсаторных перестроек органов различных систем, являющихся реакциями приспособления организма к действию радиоз экологического фактора. Однако этот механизм направлен лишь на выживание популяции, а не на ее процветание в подобных условиях.

**Ключевые слова:** радиоактивные вещества, ионизирующее излучение, хроническое облучение, популяции растений и животных, радиобиологические эффекты.

## **EFFECT OF RADIOACTIVE CONTAMINATION OF ENVIRONMENT BY NATURAL AND MANMADE RADIONUCLIDES ON PLANTS AND ANIMALS TERRESTRIAL COMMUNITIES**

**I. Gudkov, A. Kudijasheva**

**Abstract.** Effects environmental contamination by natural and manmade radionuclides and, as a result, prolonged chronic irradiation by ionizing radiation

*on plants and animals terrestrial communities were considered. The biological effects of small irradiation doses on wild plants and animal populations at cell, tissues and organism levels were analyzed. Available experimental data allows making a conclusion about high sensitivity of many physiological and biochemical processes in plant and animal tissues to chronic action of low-level ionizing radiation under natural condition as well as radionuclide contamination. The differences in antioxidants content in tissues of mice-similar rodents in control and radioactive territories and in quantitative correlation of separate phospholipide fractions in animal tissues of «Chernobyl» population were discovered. It allows assuming the dependence of biochemical parameters of animal tissues from natural population on ecological-population factors, as well as the possibility of cell processes regulation alterations in tissues of animal living on territories with high radiation background, during dozens of generations. The action of small doses ionizing radiation caused the non-specific reactions, typical for different stages of adaptation syndrome and leads to natural development of compensatory reorganization of organs of different systems, which is organism adaptation reactions to action of radioecological factor were showed. However, this mechanism directed only to population survival but not on its prosperity in conditions of this kind.*

***Keywords: radioactive substances, ionizing radiation, chronic irradiation, plant and animal populations, radiobiological effects.***

**ЕКОЛОГО-БІОГЕОХІМІЧНІ МАРКЕРИ ЖИТТЄВОГО СТАНУ ДЕРЕВНИХ  
РОСЛИН ЛІСОВИХ КУЛЬТУРФІТОЦЕНОЗІВ В УМОВАХ СТЕПУ  
ТА ПРОМИСЛОВОГО РЕГІОНУ**

**В. М. САВОСЬКО**, кандидат біологічних наук, доцент

**М. О. КВІТКО**, здобувач

*Криворізький державний педагогічний університет*

**Ю. В. ЛИХОЛАТ**, доктор біологічних наук, професор

*Дніпропетровський національний університет ім. Олеся Гончара*

**І. П. ГРИГОРЮК**, доктор біологічних наук, професор, член-кореспондент  
НАН України

**Є. М. БОГАЧ**, кандидат історичних наук

**Б. Є. ЯКУБЕНКО**, доктор біологічних наук, професор

*Національний університет біоресурсів і природокористування  
України*

*E-mail: lykholat2006@ukr.net; bogach.egor@gmail.com*

**Анотація.** *Виявлено три біогеохімічні форми вмісту Са, Mg, К і Na в листковому опаді лісових культурфітоценозів, які зростають у контрастних екологічних умовах Криворізького гірничо-металургійного регіону. Установлено, що між концентраціями лужноземельних металів у листковому опаді та життєвим станом деревостану наявні статистично достовірні залежності. У більшості випадків виявлено прямий і обернений кореляційні зв'язки середньої сили. Коефіцієнти детермінації мультирегресійних рівнянь свідчать, що життєвий стан деревостану лісових культурфітоценозів Криворіжжя на 50-81% прогнозується еколого-біогеохімічними характеристиками листкового опаду.*

**Ключові слова:** *деревні рослини, лісові культурфітоценози, життєвий стан, лужноземельні метали, еколого-біогеохімічні маркери, коефіцієнти детермінації.*

**Актуальність.** У промислових регіонах степової зони України деревні види рослин у лісових культурфітоценозах зростають, розвиваються і формують урожай за сукупної стресової дії дефіциту вологи й антропогенного забруднення природного середовища. У таких несприятливих умовах деревно-чагарникові рослини відзначаються пригніченим ростом і фізіологічним станом, прискореними процесами старіння та зменшенням фітомеліоративної ефективності [1, 2, 3]. Аналіз останніх досліджень свідчить, що фактичний стан лісових культурфітоценозів є прихованим, що зумовлено еколого-ботанічними особливостями деревно-чагарникових рослин [4, 5, 6]. Нині актуального значення набуває розроблення експрес-методів ранньої діагностики життєвого стану деревних рослин лісових культурфітоценозів в умовах Степу України та промислового регіону.

Еколого-біогеохімічні показники листового опад можна вважати одним із перспективних маркерів, які визначають життєвий стан і ступінь прогнозування розвитку лісових культурфітоценозів [7]. В. І. Вернадський [8] зазначав, що листовий опад – це «тонкий, верхній, переповнений життям шар ґрунту», з іншого боку – він «найбільш хімічно активний». Проте досі нез'ясованим залишається питання, які саме хімічні елементи в листовому опаді можна вважати найінформативнішими для діагностики життєвого стану деревно-чагарникових насаджень.

**Метою дослідження** було обґрунтувати можливість використання вмісту лужноземельних металів у листовому опаді як маркерів життєвого стану лісових культурфітоценозів Кривого Рогу.

**Матеріали і методи дослідження.** Об'єктами досліджень слугували лісові культурфітоценози Криворізького гірничо-металургійного регіону (Дніпропетровська обл.), які репрезентують основні складові різновиди штучних деревно-чагарникових насаджень і зростають у контрастних екологічних умовах. У закладених моніторингових ділянках у 2010-2015рр. установлювали розподіл і оцінювали життєвий стан деревних видів рослин за вертикальною структурою згідно з методикою [4] й відбирали зразки листового опад [9]. Вони були використані для приготування робочих розчинів мінералізату (сухе прожарювання в муфельній печі за температури 500-550 °С, золу розчиняли розведеною азотною кислотою 1:1 (HNO<sub>3</sub>), екстракту (екстрагент – розчин 3% оцтової кислоти (CH<sub>3</sub>COOH), співвідношення опад : розчин – 1:20) та витяжки (співвідношення опад : дистильована вода – 1:20). У розчинах оцінювали ступінь нагромадження вмісту лужноземельних металів, зокрема Кальцію (Ca), Магнію (Mg), (титрометрично) і Калію (K) та Натрію (Na) (іонометрично) [6]. Отримані результати опрацьовували математично з використанням варіаційної, кореляційної та регресійної статистик на рівні значущості P<0,95 [10, 11].

**Результати дослідження та їх обговорення.** Для поєднання впливу природних (трофність і вологість ґрунтів) і антропогенних чинників (забруднення атмосфери) нами вперше запропоновано матрицю екологічних інтегральних показників територій розташування лісових культурфітоценозів Криворіжжя. За її допомогою встановлено сприятливі, відносно сприятливі, відносно несприятливі та несприятливі зони екологічних умов розташування територій.

У фітоценозах у зоні сприятливих екологічних зон життєвий стан першого, другого і третього ярусів деревних рослин за шкалою В. А. Алексєєва [4] визначено як «Здоровий» – 86 умовних балів (у.б.). (рис. 1). За цих умов, показники стану першого ярусу були надзвичайно високими і становили 89у.б. Життєвий стан другого ярусу оцінено як «Ослаблений» (75у.б.), а третього (потенціальна основа для самовідновлення лісового фітоценозу) – «Здоровий» – 90у.б.



Мінералізат	Ca	3,86	0,12	13,4	3,09	0,11	12,5	2,67	0,29	32,2	2,60	0,24	20,5
	Mg	2,86	0,15	19,5	2,28	0,15	22,3	2,01	0,10	15,6	3,23	0,22	15,2
	K	0,94	0,04	19,4	0,56	0,03	18,7	0,38	0,02	13,5	0,38	0,03	18,4
	Na	0,01	0,01	29,4	0,01	0,01	31,3	0,02	0,02	29,5	0,02	0,01	15,0
Екстракт	Ca	0,55	0,04	28,7	0,53	0,05	34,5	0,66	0,06	29,2	0,61	0,13	28,4
	Mg	0,15	0,02	22,4	0,23	0,01	16,7	0,28	0,01	13,8	0,34	0,02	13,9
	K	0,46	0,03	20,9	0,36	0,02	21,6	0,30	0,01	11,2	0,26	0,01	19,3
	Na	0,01	0,01	24,7	0,09	0,01	31,0	0,01	0,01	18,9	0,01	0,01	19,5
Витяжка	Ca	0,26	0,02	27,5	0,23	0,02	29,1	0,24	0,02	24,4	0,16	0,01	17,9
	Mg	0,13	0,01	19,5	0,19	0,01	20,4	0,26	0,01	14,4	0,30	0,02	16,8
	K	0,34	0,02	28,4	0,18	0,02	36,7	0,10	0,01	21,2	0,11	0,02	33,2
	Na	0,01	0,01	33,4	0,03	0,01	35,6	0,02	0,01	19,8	0,03	0,01	30,8

*Примітки:* М – середня арифметична, m – абсолютна похибка середньої, V, % – коефіцієнт варіації.

Показано, що 2-3% розчини СН<sub>3</sub>СООН ефективні для отримання екстрактів з вегетативних органів рослин. Результати їх хімічного аналізу застосовують для експрес-діагностики ступеня забезпечення рослин елементами мінерального живлення [4]. У зв'язку з цим для вилучення еколого-біогеохімічно важливої форми лужноземельних металів з листового опаду перспективний 3% розчин СН<sub>3</sub>СООН. Визначено, що кількість Mg в екстракті листового опаду становить 5-14% відносно мінералізату, Ca – 14-25%, K – 49-79% та Na – 61-77%. Із погіршенням екологічних умов територій розташування лісових культурфітоценозів простежувалась тенденція до збільшення концентрації Mg та зменшення K в екстракті листового опаду рослин.

Останнім часом дистильовану воду широко використовують в екологічних дослідженнях листового опаду природних і штучних деревних насаджень. Вважають, що вона імітує природний дощ і вилучає з листового опаду наймобільніші форми хімічних елементів [7]. За результатами наших досліджень, уміст Ca у витяжці становив 6,2-9,0% відносно його кількості в мінералізаті, Mg – 4,6-13,0%, Na – 7,7-21% і K – 26-36%. Із погіршенням екологічних умов територій розташування лісових культурфітоценозів спостерігались тенденції до збільшення в екстракті листового опаду рослин концентрацій Mg і Na й зменшення Ca і K (табл. 1).

Нами доведено, що між умістом лужноземельних металів у листовому опаді та життєвим станом лісових культурфітоценозів достовірні 29 коефіцієнтів кореляції (за можливих 70) (табл. 2). У 15 випадках вони підтверджують наявність прямого зв'язку ( $r^2 > 0$ ): у разі зростання величин еколого-біогеохімічних показників листового опаду відбувалось підвищення ступеня життєвості деревостану насаджень. Для 14 інших випадків, навпаки, простежувався зворотній кореляційний зв'язок ( $r^2 < 0$ ).

На підставі оцінки сили кореляційного зв'язку між умістом лужноземельних металів у листовому опаді та життєвим станом деревостану лісових культурфітоценозів встановлено певні закономірності. У 15 випадках простежувався слабкий зв'язок ( $0,3 < |r^2| < 0,5$ ), у 12 – середній ( $0,5 < |r^2| < 0,7$ ) та у 2 випадках – сильний ( $0,7 < |r^2| < 0,9$ ). У межах матриці не

виявлено випадків сильного кореляційного зв'язку ( $|r_2| > 0,9$ ). Отримані результати підтверджують гіпотезу, що життєвий стан першого і другого ярусів деревних видів рослин є найчутливішим до вмісту лужноземельних металів у листовому опаді. За вектором зменшення кількості випадків і силою кореляційного зв'язку вони упорядковувались у такий ряд:  $K > Ca > Mg > Na$ .

У листовому опаді кислото-розчинна форма (екстракт) хімічних елементів виявилася найінформативнішою для оцінювання життєвого стану лісових культурфітоценозів (табл. 2).

У наших експериментах статистично значущими виявилися майже всі залежності життєвого стану деревостану від умісту лужноземельних металів у листовому опаді лісових культурфітоценозів (табл. 3). Виняток становив лише життєвий стан третього ярусу деревних видів рослин.

Кількісні значення коефіцієнтів регресійних залежностей свідчать, що життєвий стан лісових культурфітоценозів найефективніше прогнозується в разі врахування сумарних форм лужноземельних металів у листовому опаді (мінералізація, екстракт, витяжка). Стає очевидним, що життєвий стан деревних видів рослин лісових культурфітоценозів на 74-81% визначається еколого-біогеохімічними показниками листового опаду.

## 2. Кореляційна матриця залежностей життєвого стану деревостану й акумуляція вмісту лужноземельних металів у листовому опаді лісових культурфітоценозів Криворіжжя

Робочі розчини та хімічні елементи		Життєвий стан деревостану ярусів рослин				
		I+II+III	I+II	I	II	III
Мінералізація	Ca	0,585*	0,521*	0,040	0,450*	0,347*
	Mg	0,010	-0,092	0,585*	-0,123	0,229
	K	0,761**	0,701**	-0,447*	0,623*	0,254
	Na	-0,362*	-0,306*	0,017	-0,274	-0,198
Екстракт	Ca	0,093	0,117	-0,101	0,021	0,211
	Mg	-0,485*	-0,560*	0,333*	-0,598*	-0,176
	K	0,479*	0,406*	-0,319*	0,391*	-0,060
	Na	-0,615*	-0,611*	0,271	-0,581*	-0,404*
Витяжка	Ca	0,481*	0,450*	-0,188	0,407*	0,077
	Mg	-0,554*	-0,611*	0,061	-0,655*	-0,232
	K	0,233	0,171	0,074	0,236	0,016
	Na	0,035	0,082	0,040	0,106	-0,134

*Примітки:* «\*» – коефіцієнти кореляції достовірні на рівні значущості  $P < 0,05$ , «\*\*» –  $P < 0,01$ .

З'ясовано, що чим вищі кількісні значення коефіцієнтів множинної регресії, детермінації та критерію Фішера й нижча величина абсолютної похибки, тим точніше рівняння зв'язку описує аналітичні залежності [10, 11].

Можна дійти висновку, що сумарний життєвий стан першого, другого і третього ярусів деревних рослин найточніше визначається вмістом лужноземельних металів у мінералізаті. В інших випадках життєвий стан першого і другого ярусів деревних рослин (сукупний і відокремлений) детермінується концентраціями Ca, Mg, K і Na в екстракті. Нами висловлено припущення, що вміст наявних хімічних елементів у витяжці недостатньо ефективний для прогнозування життєвого стану деревних рослин. Так, у лісових культурфітоценозів він лише на 43–52% визначається еколого-біогеохімічними показниками листового опаду.

### 3. Мультирегресійні залежності життєвого стану деревостану від умісту лужноземельних металів у листовому опаді лісових культурфітоценозів Криворіжжя

Рівняння регресії	Регресійні статистики			Критерій Фішера	
	R	R <sup>2</sup>	m <sub>y</sub>	F <sub>фак</sub>	P
ЖСД <sub>1</sub> =25,9+7,29 Ca <sub>1</sub> -6,16 Mg <sub>1</sub> - 15,1 K <sub>1</sub> +938 Na <sub>1</sub> +11,9 Ca <sub>2</sub> +71 Mg <sub>2</sub> +79,2 K <sub>2</sub> - 2363 Na <sub>2</sub> +33,4 Ca <sub>3</sub> -133 Mg <sub>3</sub> -2,26 K <sub>3</sub> +195 Na <sub>3</sub>	0,90	0,81	7,34	5,14	0,002
ЖСД <sub>1</sub> =37,2+4,12 Ca <sub>1</sub> -1,94 Mg <sub>1</sub> - 55,1 K <sub>1</sub> +107 Na <sub>1</sub>	0,79	0,62	8,41	8,90	0,002
ЖСД <sub>1</sub> =74,7+21,6 Ca <sub>2</sub> -48,5 Mg <sub>2</sub> +49,3 K <sub>2</sub> - 1631 Na <sub>2</sub>	0,72	0,52	9,39	6,06	0,002
ЖСД <sub>1</sub> =78,8+73,6 Ca <sub>3</sub> -98,1 Mg <sub>3</sub> -3,72 K <sub>3</sub> - 303 Na <sub>3</sub>	0,68	0,46	10,0	4,66	0,010
ЖСД <sub>2</sub> =52,99+7,40 Ca <sub>1</sub> +2,80 Mg <sub>1</sub> - 9,47 K <sub>1</sub> +876 Na <sub>1</sub> +18,6 Ca <sub>2</sub> +8,76 Mg <sub>2</sub> +49,4 K <sub>2</sub> - 2185 Na <sub>2</sub> +15,6 Ca <sub>3</sub> -114 Mg <sub>3</sub> -3,92 K <sub>3</sub> +509 Na <sub>3</sub>	0,88	0,77	8,65	3,98	0,010
ЖСД <sub>2</sub> =42,00+3,67 Ca <sub>1</sub> - 4,35 Mg <sub>1</sub> +58,4 K <sub>1</sub> +230 Na <sub>1</sub>	0,74	0,55	9,73	6,69	0,001
ЖСД <sub>2</sub> =94,45+26,6 Ca <sub>2</sub> -102 Mg <sub>2</sub> +22,4 K <sub>2</sub> - 1501 Na <sub>2</sub>	0,75	0,56	9,59	7,06	0,001
ЖСД <sub>2</sub> =93,4+66,3 Ca <sub>3</sub> -133 Mg <sub>3</sub> -17,4 K <sub>3</sub> - 499 Na <sub>3</sub>	0,71	0,50	10,3	5,47	0,003
ЖСД <sub>3</sub> =54,90+3,79 Ca <sub>1</sub> - 0,71 Mg <sub>1</sub> +9,07 K <sub>1</sub> +720 Na <sub>1</sub> +29,3 Ca <sub>2</sub> +61,6 Mg <sub>2</sub> + 43,2 K <sub>2</sub> -1613 Na <sub>2</sub> +8,82 Ca <sub>3</sub> -138 Mg <sub>3</sub> - 17,8 K <sub>3</sub> +229 Na <sub>3</sub>	0,90	0,81	7,33	4,83	0,003
ЖСД <sub>3</sub> =42,3+2,96 Ca <sub>1</sub> - 3,60 Mg <sub>1</sub> +56,5 K <sub>1</sub> +544 Na <sub>1</sub>	0,71	0,51	9,31	5,65	0,003
ЖСД <sub>3</sub> =86,95+38,6 Ca <sub>2</sub> -98,2 Mg <sub>2</sub> +19,5 K <sub>2</sub> - 1067 Na <sub>2</sub>	0,78	0,61	8,29	8,54	0,0003
ЖСД <sub>3</sub> =95,06+66,6 Ca <sub>3</sub> -109 Mg <sub>3</sub> -33,9 K <sub>3</sub> -	0,66	0,43	10,0	4,17	0,010

626 Na <sub>3</sub> ЖСД <sub>4</sub> =44,1+11,5 Ca <sub>1</sub> +7,77 Mg <sub>1</sub> - 61,6 K <sub>1</sub> +1188 Na <sub>1</sub> +24,8 Ca <sub>2</sub> -4,14 Mg <sub>2</sub> +70,8 K <sub>2</sub> - 2414 Na <sub>2</sub> +42,1 Ca <sub>3</sub> -184 Mg <sub>3</sub> -37,1 K <sub>3</sub> +722 Na <sub>3</sub>	0,86	0,74	10,4	3,31	0,020
ЖСД <sub>4</sub> =40,7+3,15 Ca <sub>1</sub> - 5,41 Mg <sub>1</sub> +60,5 K <sub>1</sub> +238 Na <sub>1</sub>	0,67	0,45	12,1	4,45	0,010
ЖСД <sub>4</sub> =103+22,5 Ca <sub>2</sub> -131 Mg <sub>2</sub> +11,4 K <sub>2</sub> - 1435 Na <sub>2</sub>	0,71	0,51	11,4	5,71	0,003
ЖСД <sub>4</sub> =91,2+65,6 Ca <sub>3</sub> -152 Mg <sub>3</sub> -6,19 K <sub>3</sub> - 143 Na <sub>3</sub>	0,72	0,52	11,3	5,87	0,002

*Примітки:* ЖСД – життєвий стан деревостану ярусів: 1 – I+II+III, 2 – I+II, 3 – I, 4 – II, 5 – III. Уміст лужноземельних металів у мінералізаті (1), екстракті (2), витяжці (3). R – множинний коефіцієнт регресії, R<sup>2</sup> – множинний коефіцієнт детермінації, m<sub>y</sub> – абсолютна похибка, F<sub>фак</sub> – F відношення, P – рівень значущості.

**Висновки і перспективи.** Уміст лужноземельних металів (Ca, Mg, K та Na) в листовому опаді доцільно вважати точним еколого-біогеохімічним маркером, який інформативно відображають життєвий стан деревних видів рослин лісових культурфітоценозів в умовах посушливого степового клімату та забруднення навколишнього середовища. У перспективі актуально використання 3% розчину CH<sub>3</sub>COOH для отримання максимально точних мультирегресійних рівнянь зв'язку.

#### Список використаних джерел

1. Бельгард А. Л. Степное лесоведение / А. Л. Бельгард. – М.: Лесн. пром-ть, 1971. – 336 с.
2. Лихолат Ю.В. Еколого-фізіологічні особливості багаторічних дерноутворюючих злаків техногенних територій // Ю.В. Лихолат. – Дніпропетровськ: Вид-во Дніпропетровського ун-ту, 1999. – 210 с.
3. Савосько В. М. Сучасний стан основних насаджень Довгинцівського дендропарку (м. Кривий Ріг) / В. М. Савосько, М. О. Квітко // Промислова ботаніка. – 2014. – Вип. 14. – С. 106–114.
4. Алексеев В. А. Диагностика жизненного состояния деревьев и древостоев / В. А. Алексеев // Лесоведение. – 1989. – №4. – С. 51–57.
5. Савосько В.М. Динаміка екоморфічного та біоморфічного спектрів дендрофлори колишнього ботанічного саду Криворізького державного педагогічного інституту / В.М. Савосько // Екологія та ноосферологія. – 2014. – 25, №1–2. – С. 37–45.
6. Лихолат Ю.В. Використання дерноутворюючих трав для діагностики рівня забруднення навколишнього середовища важкими металами / Ю.В. Лихолат, І.П. Григорюк // Доп. НАН України. – 2005. – №8. – С. 196–200.
7. Савосько В.М. Еколого-біогеохімічні особливості листового опадку штучних деревних насаджень степу в умовах промислового регіону / В.М. Савосько // Вісник Львівського університету. Серія біол. – 2015. – Вип. 70. – С. 144–154.
8. Вернадський В.І. Про хімічний аналіз ґрунтів / В.І. Вернадський. – К.: Наук. думка, 1969. – С. 321–326.
9. Базилевич Н. И. Методические указания к изучению динамики и биологического круговорота в фитоценозах / Н. И. Базилевич, Н. П. Ремезов, Л. Е. Родин. – Л., 1968. – 143 с.
10. Лакин Г.Ф. Биометрия / Г.Ф. Лакин. – М.: Высш. шк., – 1990. – 352 с.

11. Румшинский Л.З. Математическая обработка результатов эксперимента. Справочное пособие / Л.З. Румшинский. – М.: Наука, 1971. – 192 с.
12. Добровольский В.В. Основы биогеохимии / В.В. Добровольский. – М.: Издательский центр «Академия», 2003. – 400 с.
13. Башкир В.Н., Биогеохимия / В.Н. Башкир, Н.С. Касимов. – М.: Научный мир, 2004. – 648 с.
14. Церлинг В.В. Диагностика питания сельскохозяйственных культур / В.В. Церлинг. – М.: Агропромиздат, 1990. – 235 с.

### References

1. Belhard A. L. Stepnoe lesovedenye / A.L. Belhard. – Moskva: Lesnaia promishlennost, 1971. – 336 s.(in Russian).
2. Lykholat Yu.V. Ekologo-fiziolohichni osoblyvosti bahatorichnykh dernoutvoriuiuchykh zlakiv tekhnohennykh terytorii / Yu. V. Lykholat. - Dnipropetrovsk: Vyd-vo Dnipropetrovskoho un-tu, 1999. - 210 s. (in Ukrainian).
3. Savosko V. M. Suchasnyi stan osnovnykh nasadzhen Dovhyntsiivskoho dendroparku (m. Kryvyi Rih) / V. M. Savosko, M.O. Kvitko // Promyslova botanika. – 2014. – Vyp. 14. – S. 106-114. (in Ukrainian).
4. Alekseev V. A. Dyahnostyka zhyznennoho sostoiannya derev y drevostoev / V. A. Alekseev // Lesovedenye. – 1989. – №4. – S. 51-57. (in Russian).
5. Savosko V.M. Dynamika ekomorfichnoho ta biomorfichnoho spektriv dendroflory kolyshnoho botanichnoho sadu Kryvorizkoho derzhavnoho pedahohichnoho instytutu / V. M. Savosko // Ekolohiia ta noosferalohiia. – 2014. – 25, №1-2. – S. 37-45. (in Ukrainian).
6. Lykholat Yu.V. Vykorystannia dernoutvoriuiuchykh trav dlia diahnostyky rivnia zabrudnennia navkolyshnoho seredovyscha vazhkymy metalamy / Yu. V. Lykholat, I.P. Grigoryuk // Dop. NAN Ukrainy. – 2005. – №8. – S. 196–200. (in Ukrainian).
7. Savosko V.M. Ekologo-bioheokhimichni osoblyvosti lystovoho opadu shtuchnykh derevnykh nasadzhen stepu v umovakh promyslovoho rehionu / V. M. Savosko // Visnyk Lvivskoho universytetu. Serija biol. – 2015. – Vyp. 70. – S. 144–154. (in Ukrainian).
8. Vernadskyi V.I. Pro khimichnyi analiz gruntiv / V.I. Vernadskyi - vybrani pratsi. – K.: Nauk. dumka, 1969. – S. 321-326. (in Ukrainian).
9. Bazylevych N. Y. Metodycheskye ukazanyia k yzucheniu dynamyky y byolohycheskoho kruhovorota v fytotsenozakh / N.Y. Bazylevych, N.P. Remezov, L.E. Rodyn. – L., 1968. – 143 s. (in Russian).
10. Lakyn H.F. Byometryia / H.F. Lakyn. – M.: Vissh. shk., 1990. – 352 s. (in Russian).
11. Rumshynskiy L.Z. Matematycheskaia obrabotka rezultatov eksperymenta. Spravochnoe posobyie / L.Z. Rumshynskiy. – M.: Nauka, 1971. – 192 s. (in Russian).
12. Dobrovolskiy V.V. Osnovy byoheokhymyy / V.V. Dobrovolskiy. – M.: Yzdatelskiy tsentr «Akademyia», 2003. – 400 s. (in Russian).
13. Bashkyr V.N. Byoheokhymyia / V.N. Bashkyr, N.S. Kasymov. – M.: Nauchnyi myr 2004. – 648 s. (in Russian).
14. Tserlynh V.V. Dyahnostyka pytanyia selskokhoziaistvennikh kultur / V. V. Tserlynh. – M.: Ahropromyzdat, 1990. - 235 s. (in Russian).

## **ЭКОЛОГО-БИОГЕОХИМИЧЕСКИЕ МАРКЕРЫ ЖИЗНЕННОГО СОСТОЯНИЯ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ ЛЕСНЫХ КУЛЬТУРФИТОЦЕНОЗОВ В УСЛОВИЯХ СТЕПИ И ПРОМЫШЛЕННОГО РЕГИОНА**

**В. М. Савосько, М. О. Квитко, Ю. В. Лихолат, И. А. Григорюк, Е. Н. Богач,  
Б. Е. Якубенко**

**Аннотация.** Обнаружено три биогеохимические формы содержания Ca, Mg, K и Na в листовенном опаде лесных культурфитоценозов, которые растут в контрастных экологических условиях Криворожского горно-металлургического региона. Установлено, что между концентрациями щелочноземельных металлов в листовенном опаде и жизненным состоянием древостоя существуют статистически достоверные зависимости. В большинстве случаев обнаружено прямую и обратную корреляционные связи средней силы. Коэффициенты детерминации мультирегрессионных уравнений свидетельствуют, что жизненное состояние древостоя лесных культурфитоценозов Криворожья на 50-81% прогнозируется эколого-биогеохимическими характеристиками листовенного опада.

**Ключевые слова:** древесные растения, лесные культурфитоценозы, жизненное состояние, щелочноземельные металлы, эколого-биогеохимические маркеры, коэффициенты детерминации.

#### **THE ECOLOGICAL AND BIOGEOCHEMICAL MARKERS OF VITAL STATE'S ARBOREAL PLANTS IN CULTIVATED COMMUNITY AT STEPPE AND INDUSTRIAL REGION'S CONDITIONS**

**V. Savosko, M. Kvitko, Yu. Lykholat, I. Grygoryuk, E. Bogach, B. Yakubenko**

**Abstract.** Three biogeochemical forms of Ca, Mg, K and Na content in the leaf fall of forest plantophytocenoses, which grow in contrasting ecological conditions of the Krivoi Rog Mining and Metallurgical Region, are found. It has been established that there are statistically reliable dependences between the concentrations of alkaline earth metals in leaf fall and the vital state of the stand. In most cases, the direct and inverse correlation of the mean force is revealed. Coefficients of determination of multi-regression equations indicate that the vital state of the forest stand of forest landscapits of Krivorozhye is predicted by 50-81% of the ecological and biogeochemical characteristics of leaf litter.

**Keywords:** woody plants, forest plant phytocenosis, state of life, alkaline earth metals, ecological and biogeochemical markers, determination coefficients.

## БІОРИЗНОМАНІТТЯ ВИДІВ РОДУ *PINUS* L. ТА ОСОБЛИВОСТІ ЇХ ВИКОРИСТАННЯ В УКРАЇНСЬКОМУ ЛАНДШАФТНОМУ ДИЗАЙНІ

**Є. М. ЄЛЬПІТІФОРОВ**, аспірант відділу ландшафтного будівництва,  
науковий керівник доктор біологічних наук Булах П. Є.  
**Національний ботанічний сад ім. М. М. Гришка НАН України**  
E-mail: kotjara85@ukr.net

**Анотація.** Наведено аналіз і узагальнення вітчизняного та світового досвіду використання видового різноманіття роду *Pinus* у ландшафтному будівництві України. Подано стислу характеристику дикорослих видів, що зростають у природних умовах на території України. Показано можливості створення гібридів і сортів цих та інших видів в умовах урбанізації. Наведено перелік видів і культиварів роду, серед яких сорти та варіації. З'ясовано кількість і різноманітність культиварів найпоширеніших в Україні видів *Pinus*, подано їх у комплексній і структурованій таблиці, що дає змогу візуалізувати використовувані види й культивари у разі озеленення. Показано особливості габітусу та розмірів сосен, а також характер забарвлення хвої. Пропонується зведена таблиця сортів і культиварів інтродукованих в Україні сосен.

Визначення внутрішньовидової різноманітності сосен, а отже, і їхніх розмірів та забарвлення, є актуальним питанням для створення ландшафтних проектів. Тому створено і наведено порівняльну модель габітусів сосен. Також показано пристосувальну можливість видів роду до формування. Описано екологічні ніші видів роду, а також можливість використання видового різноманіття та гібридів у ландшафтному дизайні.

**Ключові слова:** різноманітність, сосна, ландшафтні угруповання, *Pinus* L., культивар, вид.

**Актуальність.** В умовах глобальної урбанізації дедалі більшого значення набуває використання в ландшафтному будівництві вічнозелених рослин. Насамперед визначне місце серед них посідають сосни. Вони завжди були популярними в зеленому будівництві, проте наразі актуальним стає практичне використання в озелененні їхніх культиварів та сучасних сортів.

Усі види сосен виявляють значну здатність до гібридизації. За даними W.V.Critchfield (1975), у роді є понад 4500 можливих комбінацій міжвидових схрещень. Утворення природних гібридів відбувається внаслідок природної гібридизації на територіях, де перекривається частина ареалів різних видів роду *Pinus*. Водночас значну кількість гібридів отримано дослідниками різних країн штучно. Наразі в межах роду нараховується близько 95 гібридних комбінацій [9].

Рід *Pinus* охоплює близько 100 видів, поширених у лісах помірного поясу та в гірських областях субтропічної зони Північної півкулі, де вони є цінними лісоутворюючими видами хвойних лісів (Булигін, 1991).

В Україні дикорослими є п'ять видів сосен: сосна звичайна (*Pinus sylvestris* L.), сосна гірська (*Pinus montana* Mill.), сосна кедрова європейська (*Pinus cembra* L.), сосна кримська, а точніше підвид сосни чорної (*Pinus nigra* ssp. *pallasiana*), і сосна Станкевича – підвид сосни калабрійської (*P. brutia* Ten. var. *stankewiczii* (Fomin) Gaussen) (Ена, 2006). Разом з інтродукованими в Україні виділено більше ніж 30 видів роду *Pinus*, більшість яких було випробувано в лісових культурах різних регіонів країни [6]. За останніми даними С. І. Кузнецова (2013), в Україні зростають 50 видів роду *Pinus* із 122 видів світової флори.

Представники роду – вічнозелені дерева або чагарники з негустою кроною, гілки розміщені кільчасто. У деяких видів є міжкільчасті пагони та гілки. Хвоя зелена, темно-зелена, зібрана по 2-5шт. на вкорочених пагонах. Шишки від 2-3см до 20см завдовжки, досягають на другий-третій рік, розкриваються, але не розсипаються, іноді висять на дереві багато років. Насіння з крилаткою або без неї. Розмножуються насінням, іноді щепленням. Більшість видів невибагливі до ґрунтів, посухостійкі та світлолюбні, чутливі до забруднювачів повітря. Вони заслуговують на широке впровадження в зелене будівництво, для створення масивів лісових та лісопаркових насаджень, особливо на піщаних ґрунтах, групових та поодиноких посадок у скверах та парках [4].

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Вивчали проблему О. В. Токарева, І. М. Патлай, С. Н. Санников. Природним поновленням сосни займалася низка вчених: П. М. Мегалінський, М. І. Гордієнко, В. П. Шлапак, А. Ф. Гойчук, В. О. Рибак, В. М. Маурер, С. Б. Ковалевський, Н. М. Гордієнко, В. Б. Логинов [7].

**Мета** – показати різноманітність внутрішньовидового складу рослин роду *Pinus*, визначити перспективи їх практичного використання в ландшафтному будівництві.

**Методи дослідження:** класифікація декоративних сортів сосен, що культивуються в Україні, морфологічних особливостей будови крони, кольорової гами та визначення перспектив використання рослин.

**Результати дослідження та їх обговорення.** Станом на 2016 р. в Україні налічується близько 260 видів і культиварів [8]. Для використання в ландшафтному будівництві переважно зазвичай враховується тільки висота рослини. Тому виокремлено 3 групи рослин: високорослі (вище ніж 10м), середньорослі (3-9м) та низькорослі (нижче ніж 3м).

У процесі роботи відстежено та проаналізовано сучасну літературу з теми дослідження (зокрема, розміщену на інтернет-ресурсах), що дало змогу сформулювати список інтродукованих в Україні на сьогодні видів та сортів роду *Pinus*.

### 1. Види та культивари роду *Pinus* L. в Україні

Вид	Культивар	Вид	Культивар	Вид	Культивар
<i>P.albicaulis</i>	Duckpass'	<i>P.aristata</i>	Mt. Bross'	<i>P.banksian</i>	Annae

Greville & Balfour	Falling Rock'	Engelm	New Broom JM'	<i>a</i> Lamb.	Arctis'		
	Glenn Lake'		Red Bird		Gosia		
	Mini'		Rich-WB'		Bety		
	Nr1 Dwarf'		Samantha'		Chippewa		
	Tioga Lake'		Schneverdingen'		Gola		
<i>P.aristata</i> Engelm	Beran'		Sherwood Compact'		Banska Stiavnica'		
	Betwixt'		Silver Alibi'		Jiskra		
	Bright Ray'		Silver Bee'		Kimmerholz		
	Chiep'		Silver Boy'		Kocourok		
	Clank Redly'		Silver Day'		Kysihybl WB		
	Como'		Sneezy'		Martin Novak		
	Dexi'		So Tight'		Neponset		
	Foxy		Timberline'		Pendula		
	Grand Pass		Tlatla'		Pospisil		
	Hip Pocket		Vanc Gold'		Repens		
	Itsy Bitsy	Wildwood	Schoodic				
	Jackpot	Windy Ridge	Skolka				
	<i>P.banksiana</i> Lamb.	Tear Drop	<i>P.cembra</i> L.	Mongolei'	<i>P.cembra</i> L.	Wircoh'	
Uncle Fogy		Nase'		Wolkenstein'			
Vladar		Niederalm'		Wycoff's Compact'			
Welch		Niederthai'		Zillertal'			
Winnipeg		Nocki'		Asher' (var. latifolia)			
Wisconsin		Ortler'		Chief Joseph'			
<i>P.bungeana</i> Zucc. Ex Endl.	Compacta'	Otzal'			<i>P.contorta</i> Douglas ex Loudon	Frisian Gold'	
	Ghost'	Pagode'		Golden Striker'			
	June's Broom'	Parapola'		Hunter'			
<i>P.cembra</i> L.	Adige	Perla'		Krnak'			
	Alphorn	Pillar'		Mt. Hood Marble'			
	Alter Hund	Piz Buin'		Novak'			
	Aurea	Polaris'	Pendula'				
	Aureovariegata	Pordoi'	Rock Creek'				
	Austrian Mountain	Pordot'	Sevcik'				
	Bambi	Pumila Compacta'	Slavia'				
	Berggeist	Pygmea	Sonorra Pass'				
	Berghexe	Rautal'	Spaan's Dwarf'				
	Bergkonig	Ried'	Taylor's Sunburst' (var. latifolia)				

	Bergkonigin		Russian Summer		Willow Creek
	Bergsonne		Sabatihy	<i>P.densiflora</i> Siebold & Zucc.	Alice Verkade
	Chalet		Sabtny		Aurea
	Chamolet		Schlegeis		Burke's Red Variegated
	Diamant		Schneekonig		Cesarini's Variegated
	Dolomiten		Schwarzee		Edsal 'Wood'
	Dominikhutte		Schweiz		Glitzer's Weeping
	Drei Zinnen		Seepod		Globosa
	Elfi		Sommerwind		Golden Ghost
	Emicka		St. Caterina		Hay Bud
	Fanda Nr2		Stanley		Low Glow
	Fodara		Steiner		Meylan Compact
	Frieda		Stoderzinken Nr1		Oculus Draconis
	Fussball		Stricta		Pendula
	Granitzenbach		Studlalm		Pruhonicé
	Grunsee		Tamasur		Robinson's Bonsai
	Gunther Esrich		Tanneralm		Sunburst
	Hagengebirge		Timmelsjoh		Tanyosho Compacta
	HB Bohle		Turrach Novy		Tiga
	Heike		Tuxer		Umbraculifera Compacta
	Milan		Ultental		Vibrant
	Mini		Wildsee		
<i>P. flexilis</i> E.James	Antero	<i>P. flexilis</i> E.James	Wigwam	<i>P.longaeva</i> D.K. Bailey	Frankie Boy
	Aztec		Woodland		Grandfather
	Beefi		x albicaulis 'Sunshine'		Gregor
	Blackfoot		Yellowstone		Horstmann
	Campy		Zuni		Ice Baby
	Cesarini Blue	<i>P.koraiensis</i> Siebold & Zucc.	Amba		Rockford
	Cheyenne		Anna	Sherwood Dwarf	
	Commanche		Avocadra	Shulman Grove	
	Dakota		Baishan	'Sunbeam'	
	Dean's Mountain		Blue Ball (syn. 'HB Bohlje', 'Hexenbesen')	<i>P.monophylla</i> Torr. & Frém	Blue Jazz

<i>P.heldreichii</i> ( <i>leucodermiss</i> ) Christ	Dufunny'	<i>P.longaeva</i> D.K. Bailey	Blue Pyramid'	<i>P.monticola</i> Douglas ex D. Don	Blue Sun'
	'Elton'		Blue Sapphire'		Coniday Summit'
	Extra Blue'		Chanbai'		Eeeney'
	Ginger Quill'		China Baby'		Holubec Compact'
	Glauca Pendula'		China Boy'		My Nancy'
	Good Pine'		Chityen'		Starlay'
	Granby'		Compacta'		Sunrise'
	Grove		Dongling'		Sunset'
	Hopi'		Dragon Eye'		Terinka'
	Hyland'		Dwarf'		Tioga Pass'
	J. Michael'		Glauka'		Whistle'
	Kinzie Rose'		Jack Korbitt'		Wiggle'
	Laj'		Jilin'		Wrinkle'
	Losee'		La Lao Yang'		'Ammerland'
	Markay'		Lilu'		Nana'
	Nevajo'		Maitai'		Raraflora'
	Niceiam'		Morris Blue'		Sisk MTN'
	Ojibwa'		Nana'		Sisky Mt.'
	Old Timmer'		Nihao'		Undulata'
	Pendula'		Pancuj'		Albanien'
	Persberks'		Shibamichi'		Balkan Kugel'
	Piute'		Shlie Kan'		Banderica'
	Pondensis Iowa'		Sichote Alni'		Daniel'
	Pygmaea'		Silveray'		Glauca'
	Ririe'		Tabuliformis'		Montenegro'
	Ron D Broom'		Tonghua'		Nana'
	Saunny'		Tsingtao'		Pirin'
	Select'		Winton'		Variegata'
	Shadow Lake'		Winton Gee Broom'		Wageningen'
	Smile'		Big Mountain'		Winter Gold'
	Snowy'		Bo Bo Roy'		Zigauner'
	Tara mae'		Coney Ball'		
	Tiny Temple'		Falling Rock'		
	'Amfitriti'		Beran'		Fischleinboden'
	Arachne		Big Tuna'		Fish Hook'
	Aureospicata'		Blanke-Tatry'		Flanders Belle'
	Banderica'		Bobik'		Frieda'

	Bosnian Pine'		Bochnik'		Frisia
	Compacta Horak'		Boden'		Frisia'
	Compact Gem		Bozi Dar'		Frodo'
			Brevifolia' (P. mugo 'Kissen')		Fructata Poplze'
	Dimitra				Fruhlingsgold'
	Dolce Dorme'		Bubikopf'		Gjaidalm'
	Green Bun'		Buchholz'		Glenn'
			Bultinck Compact'		
	Hera		Carsten' (syn. P. mugo 'Carstens Wintergold')		Globus'
			Chameleon'		Gluss HB'
	Horak'		Colombo'		Gnom
	Irish Bell'		Columnaris		Golden glow
	Julius'		Compacta		Golden Glow'
	Kalous'		Congesta'		Golden Star'
	Karmel'		Corley's Mat'		Goldkissen'
	Keule'	<i>P.mugo</i>			Gordon Bentham'
	Klatovy WB'	Turra	Dachstein'		Green Alps'
			Dafravo'		Green Ball'
	Little Dracula'		Dan'	<i>P.mugo</i>	Green Candles'
	Malinki'		Dave's Choice'	Turra	
	Moires'		David Compressa' (var. pumilio)		Green Column'
			Dekoration'		Grulich'
	Nileas'		Dezember Gold'		Grune Welle'
			Dikobraz'		Halada'
	Obdezalek'		Dlouha Luka'		Hampy
	Persefona		Dlouhy Dul'		Hana'
	Pirin		Dominikhutte'		Havran'
	Schneverdingen'				Hecuje Hennenbichler'
	Smidtii'		Donna's Mini'		
			Echinoformis Poplze'		Hejtman'
<i>P.mugo</i>	Abendrot'				Herynkuv Zeleny Kudrnacek'
Turra	Absolut'		Echinoformis Spacek'		Hereygers'
			Edelweiss'		Hesse
	Agnieszka'		Edsal Wood'		Hesse'
	Albospicata Domschke'		Eisbar'		
	Albovariegata'				
	Allgau'				
	Alpenzwerg'				
	Amber Gold'				

P. <i>mugo</i> Turra	Andrzej'	P. <i>mugo</i> Turra	Eiselt'	P. <i>mugo</i> Turra	Hnizdo'
	Annamarie'		Eishohle'		Hobl'
	Aureovariegata Panoch'		Eisjoch'		Holub'
	Aurescens'		Elegance'		Honeycomb'
	Austria'		Exelence'		Honza'
	Ballaibac'		Filigran'		Horstmann'
	Benjamin'		Filip's Crown Juwel' (var. mughus)		Hostyn Gold'
	Hrdina'		Krea'		Misty'
	Humpy Balatka'		Krejci Super'		Moja'
	Humpy Belecko WB Select'		Krestan'		Monophylla'
	Humpy Joska'		Kubec'		Monophylla'
	Humpy Machek'		Kuck's Minimops'		Montana'
	Humpy Mini'		Kudrnac'		Monte Pain'
	Jakobsen'		Laarheide'		Moorsonne'
	Jakobsen'		Laarheide'		Mops
	Jalubi'		Lany'		Mops Brno'
	Jana Blazkova'		Latmops'		Mops Buchholz'
	Jeddeloh'		Lemon'		Mops Bulting'
	Jezik'		Lettland'		Mops Dlouhy Dul'
	Jilemnice'		Lisci Hora'		Morsoone'
	Jindriska'		Little Lady'		Mops Halada'
	Jirka Sourek'		Little Willi'		Mops Horstmann'
	Jitka'		Loucky'		Mops Krejci'
	'Kafumbi' (P. mugo 'Mops Enkhuizen H.B.')		Machek'		Mops sport' (syn. 'Tini')
	Kalous'		Machovie'		Mopslik'
	Kalus'		Mai Konig' var. pumilo		Mops Enkhuizen' (P. mugo 'Kafumbi')
	Kameniena'		Maj'		Mr. Wood'
	Kamila'		Majela Gold'		mughus
	Kanakova'		Majelenka'		Mutation'
	Kerschbaumertal'		Malik Hexe'		National Arboretum'
	Kiril'		Manuela'		Naturacentru m'
	Kleiner Prinz'		'Marand'		'Nerost'

	Kleiner Roscutek'		March'		Northern Lights'
	Kleiner Wimbachii'		Maria'		Novy Dvur'
	Klostergrun'		Marlis'		Nymphenburg'
	Knajpa'		Mars' var. pumilo		Odrizlej'
	Knapenburg'		Maruska'		Opel'
	Knizeci Plani'		Matz'		Ophir
	Kobold		Mazda'		Optima'
	Koemans-Franz'		Michael'		Orange Sun'
	Kokarda		Michal'		Ostravice'
	Koryto'		Michelle'		Pal Maleter'
	Kost'		Mikulasovice'		Pancava'
	Kostelnicek'		Milky Way' (var. pumilio)		Panoch'
	Kouty'		Mini Meylan'		Pesek'
	Kovadlina'		Minikin'		Piccobello'
	Krakus'		Minima Kalous'		Piggelmee Krejci'
	Krauskopf'		Minimini'		Pinochio'
	Krca'		Minimops'		Pjatra Krajluj'
<i>P.mugo</i> Turra	pumilio	<i>P.mugo</i> Turra	Stolpichl'	<i>P.mugo</i> Turra	Winter gold
	Pumilio Michal'		Studnicna'		Winter Gold Blazek'
	Pygmy Kalous'		Sulden'		Wintersonne'
	Red Robe'		Sunshine'		Winzig'
	Reiseinberger'		Super Krejci'		Wolf'
	Reschenpass'		Suzi'		Wood's Pillar'
	Ricany'		Swiss Dwarf'		Yaffe Hill'
	Rigi'		Teeny'		Yellow Point'
	Rini'		Thomas Hesse'		Zenie'
	Robusta Poplze'		Tini' (syn. 'Mops sport')		Zinnen'
	Rodda'		Top'	Zundert'	
	Roman'		Tremalzo'	Zwergkugel'	
	Rosenhuf'		Troja David'	Aris'	
	Rzy'		Trompenburg'	Arnold Sentinel'	
	San Sebastian Opal'		Trumpf'	Artemis'	
	Sandy'		Tuffet'	Aurea'	
	Sasha'		Tyller'	Bambino'	
	Savojske Alpy'		Vachuska'	Bambola'	
	Schlafeck'		Valenta Hexe'	Bila Lhota'	
					<i>P.nigra</i> J.F. Arnold

	Schneeberg'		Valley-Cushion'		Biokovo'
			var. pseudopumilio 'Lupac'		Caperci's Golden Cream'
	Schoberg'		var. pseudopumilio 'Medved'		Black Prince'
	Schweizer Tourist'		var. pseudopumilio		Bobo'
	Severni Terasa'		var. pseudopumilio 'Bledy'		Bonsai Kalous'
	Sherwood Compacta'		var. pumilio (Haenke) Zenari		Borken'
	Silvanus Tarka'		var. rotundata		Borovany'
	Silvestr'		var. Rotundata Robert		Brasy'
	Simony'		var. mughus (Scop.) Zenari		Brepo' (syn. 'Pierrick Bregeon')
	Sisi'		Varella'		Bright Eyes'
	Skalka WB'		Vejce'		Buda'
	Slama Hexe'		Vereijken'		Birte'
	Slavinii'		Veverka'		Cebennensis Nana'
	Slezky Dom'		Viki'		Certak'
	Slowmound'		Vollmond'		Chinto'
	Smaragd'		Vostrak'		Chramosta'
	Snezna'		Vurbs'		Compacta'
	Solc'		Weis' Blue'		Cristata Etz'
	Sonenberg'		White Bud'		Dablice'
	Spacek'		Wimbachgries'		Dablicky Carovenik WB'
	ssp uncinata=P. uncinata		Winchester'		De Gaulle'
	Starkl'		Oriesok'		Diaset Susan'
<i>P.nigra</i> J.F. Arnold	Fastigiata Scholz I'	<i>P.nigra</i> J.F. Arnold	Pendula'	<i>P.parviflora</i> Siebold & Zuccarini	Dr. Landis Gold'
	Frank'		Pichounet'		Duchaeova'
	Franz'		Pinc'		Early Cone'
	Gaelle Bregeon'		Pipouniou'		Emperor'
	Geant de Suisse'		Plzeo'		Filip's Little Diamond'
	Globosa'		Pragensis'		Floppy Joe'
	Goldfingers'		Pygmaea'		Frankenhof'
	Green Tower		Pyramidalis'		Fukai'
	Heino'				

	Helen'		Reni'		Fuku-zu-mi'	
	Helga'		Slatinka Ustek'		Gimborn's Ideal'	
	Holata'		Spilberg'		Gimborn's Pyramid'	
	Hornibrookiana'		ssp. corsicana 'W.B.'		Glauca'	
	Hubert'		Star'		Glauca Brevifolia'	
	Hulsdonk'		Strypemonde'		Glauca Nana'	
	Jiskra'		Sychrov'		Go Gin'	
	Joska'		Sylfit'		Goldilocks'	
	Jude'		Truba'		Gyokkasen'	
	Jursa Biokovo'		Valenta'		Gyoko-sho- hime'	
	Kalous'		Vasula'		Hagaromo'	
	Karaca Ball'		Voltyrov'		Hatchichi'	
	Keightley Broom'		Wurstle'		Helen Brown'	
	Kerper'		Zborovska'		Hereygers'	
	Kisuoni'		'Zimmer Nr2'		Hillier'	
	Kohout'		Zwartsenberg'		Himeko- janome'	
	Kolo Spacek'		Acto-goyo'		Ibo Can'	
	Komet'		Adcock's Dwarf'		Iona'	
	Kroc'		Aizu'		Iseli Select'	
	Louzil'	<i>P. parvi flora</i> Siebold & Zuccarini	Al Fordham'		Jim's Mini Curls'	
	Lucia'		Amanogawa'		Jiskra'	
	Marie Bregeon'		Aoba-jo'		Jyu-roko-ra- kan'	
	Mileny'		Aoi'		Kan zan'	
	Moravsky Jizni Kriz'		Ara-kawa'		Kin-po'	
	Na Horkach'		Azuma'		Kiomatsu'	
	Nana'		Azuma-Goyo'		Klamagame'	
	Nana Fastigiata'		Beran'		Kobe'	
	Nicolas'		Bergman'		Koko-no-e'	
	Obelisk'		Billie		Kokuho'	
	Ola'		Blauer Engel'		Ko-raku'	
	Olesna'		Blue Giant'		Kroc'	
	Opocno'		Blue Wave'		Kusu-dama'	
	Opocno'		Dai-Ho'		Linda'	
	Oregon Green		Dendo'		Little Hedgehog'	
<i>P. parviflora</i> Siebold & Zuccarini	Middeltip'		<i>P. ponde rosa</i> Douglas &	Idledale'	<i>P. sibirica</i> Du Tour	Oligarh'
	Mini'			King Kone'		Plantacionniy ,

	Miya-jima'	C.Lawson	La Boca'		President'
	Myo-jo'		Labe'		Recordistka'
	Nana'		Louzil'		Tamagochi'
	Nasu Juraku'		Magarette'		Alba
	Negishi'		Penaz'		Albyn'
	Nellie D'		Pendula'		Andorra'
	Ogon'		Pixie'		Argentea Compacta'
	Ossario Broom'		Pondy'		Arnoltice
	Pent. Azuma'		Tasha'		Arrowhead'
	Pesek'		The Spinx'	<i>P.sylvestris</i> L.	Aurea
	Pygmy Yatsubusa'		Van Bibber'		Aurea Nisbet'
	Regenhold'		Barmsted'		Barrie Bergman'
	Richard Lee'		Blaukissen'		Bennett Compact'
	Saphir'		Blue Mops'		Bergmann'
	Schoon's Bonsai'	<i>P.pumila</i> Pall.	Blue Note'		Beuvronensis'
	Shikoku'		Chlorocarpa'		Bialogon'
	Shimada'		Draijer's Dwarf'		Big Boy'
	Shimane'		Dwarf Blue'		Blatenka'
	Shi-On'		Glauca'		Bonna'
	Tanima-no-yuki'		Globe'		Bor'
	Tayonishiki'		Ikava'		Borovi'
	Teddy'		Jeddeloh'		Brdo'
	Tempelhof'		Jermyns'		Buchanon's Gold'
	Tenysu-kazu'		Santis'		Burghfield'
	Tone'		Vladivostok'		Calle'
	Tsai's Cushion'		Zwergvorm'		Camp Aljaska'
	Tyonishi'		Don Smith'		Candlelight'
	'U Vratek'		<i>P.resinosa</i> Sol ex Aiton	Morel'	
	var. pentaphylla	Nana'			Compressa
	Venus'	Nobska'			Compressa'
	Yezzo-Aplina'	Pillnitz'			Conica'
	Agneshka'	Watnong'			Cuha'
<i>P.ponderosa</i> Douglas & C.Lawson	Aurea'		Witches Broom'		'Darany'
	Bailey'	<i>P.resinosa</i> Sol ex Aiton	Don Smith'		Dobra Voda'
	Bobovka'		Morel'		Dolni Paseky'
	D. Dees'		Nana'		Doone Valley'
	Dixie'		Nobska'		Fairy Nuff'
	Doo Dad'		Pillnitz'		Fastigiata

	Dusty Bleu'		Watnong'		Fastigiata Glauca'
	Hi Desert'		Witches Broom'		Fichtner'
	Hiwan'	<i>P.sibirica</i>	Biosfera		Genolier'
	Hulsdonk Weeping'	Du Tour	Izumrud'		Globosa Viridis
<i>P.sylvestris</i> L.	Gold Coin'		Petr'	<i>P.strobus</i> L.	Bennett's Contorted'
	Havranek'		Pixie'		Beran'
	Helen Bergman'		'Prikasov'		Bergmann's Variegated'
	Hesley Hall'		Pruhonice'		Blue Shag'
	Hibernia'		Pygmaea'		Brevifolia'
	Hillside Creeper'		Raabe'		Chillier's C.V.'
	Hrock'		Radava'		Contorta'
	Hvozdaný'		Repens'		Densa'
	Inverleith'		Risoul'		'Diggy'
	Jakutsk'		Sandringham'		Edel'
	Jeremy'		Scotty'		Ed's Broom'
	Kaltha Norwegen'		Skjak'		Elf'
	Kesada'		Skogbygdi'		Elkin's Dwarf'
	Kirill'		Sonny'		Fastigiata'
	Klatovy'		Sosny'		Filip's Ice Dwarf'
	Kleckov'		Spaan's Slow Column'		Frantiskodol'
	Krasna Louka'		St. George'		Fructata WB'
	Krkavec'		Straver'		Gold Painted'
	Ksawerow'		Stricta Viridis'		Golden Showers'
	Little Ann'		Studce'		Green Curl'
	Little Brolly'		Suchdolak'		Green Twist'
	Lodge Hill'		Tanya'		Greg'
	Longmoor'		Topinka'		Ground Hugger'
	Marshall'		Treasure'		Hillside Wintergold'
	Martin'		Troll'		
	Metelska Hora'		Trollguld'		Himmelblau'
	Miba' (syn. 'Peve Miba')		U Chalupy'		Horsford'
	Milan'		Ubuku'		Jetrichovice WB'
	Mini Globe'		Valdstejn		Julian Dwarf'
	Minima'	<i>P.sylvestris</i> L.	Vargguld'		
	Mitsch Weeping'		Vendulka Balatka'		Kane

	Moseri'		Watereri		Kruger's Lilliput'
	Nalezenc'		Wintergold'		Little Curls'
	Nana		Witchenaov'		Macopin
	Nerost'		Xaweri' (syn. 'Xawery', 'Ksawerow')		Niagara Falls' (Pendula WB)
	Nihov'		Zaborei'		Merrimack'
	Nisbet's Gem'		Zoelen'		Mini Twists'
	Obisak'	<i>P.strobilus</i> L.	Alba' (syn. <i>P. strobilus</i> 'Nivea')		Minima'
	Oralek'		Angel Falls'		Minuta'
	'Pacejov'		Avant'		Nana'
	Parsfield'		ayacahuite 'Domingo'		Mary Sweeny'
	Pepino'		Belecko'		Northway Broom'
	Pesek'		Bennett Ocul.Draconis'		Ontario'
<i>P.strobilus</i> L.	Paul Waxman'	<i>P.virginiana</i> Mill.	Driscoll'		
	Pendula'		'Ed's Broom'		
	Prazska Zahrada'		Top Knot'		
	Pumila		Tyler'		
	Queen Curlis'		Wate's Golden'		
	Rediata	<i>P.wallichiana</i> A.B.Jacks.	Densa Hill'		
	Reed's Point'		Frosty'		
	Rigg's Dwarf'		Nana'		
	Sarah Rachel'		Paktia'		
	Sea Urchin'		Winter light'		
	Seacrest'		Zebrina'		
	Slahol'				
	Slama'				
	Sonia'				
	Steven Ino'				
	Stowe Pillar'				
	Stvoridla'				
	Tiny Curs				
	Torulosa'				
	Umbraculifera'				
	Uncatena'				
	Verkade's Broom'				
Vosyka'					
Vovsice'					
Waterdam'					

Wendy'				
Werner'				
Werner'				
Wiggles'				
Zehrov'				

Отже, асортимент видів та сортів дає змогу експериментувати не тільки із забарвленням хвої, а й із формою і розмірами крони сосен (рис. 1).



**Рис. 1. Порівняльні параметри габітусу та хвої сосен**

Більшість видів та їхніх культиварів успішно завершили всі етапи інтродукційного процесу, але для деяких із них цей процес триває і підсумки їх адаптаційної здатності підводити передчасно. Так чи інакше, можливостей використання видів і культиварів роду в ландшафтному дизайні багато – ці рослини можуть рости і біля водойм, і на гірській схилах, і в загазованому середовищі, і на клумбах, і на приватних ділянках. Важливо, що сосни позитивно реагують на формування крони – з деяких формують нівакі [3].

Варто зазначити, що стаття не має на меті описати міжвидову гібридизацію, тому сорти і варіації, поширені в Україні, розглядаються в межах одного виду.



**Рис. 2. Нівакі з сосни веймутової**

**Висновки і перспективи (Discussion).** Як бачимо, перелік культиварів значно переважає загальну кількість наявних видів сосен. В Україні перші роботи з гібридизації сосен розпочато ще в 1975р. науковцями УкрНДІЛГА під керівництвом професора П. І. Молоткова. Завдяки цьому отримано 17 міжвидових та міжформових гібридів, які було висаджено в дендрарії Данилівського дослідного лісогосподарського підприємства [2], значна частина їх збереглась там й досі. Згодом вивчати гібридизацію сосен почали в Прикарпатті – в Українському науково-дослідному інституті гірського лісівництва [6]. Загалом наразі зберігається тенденція до збільшення цінних культиварів видів роду, які з успіхом використовуються в ландшафтному будівництві та озелененні.

#### **Список використаних джерел**

1. Каталог растений. Деревья, кустарники, многолетники рекомендованные Союзом Польских Питомников [Текст]. - Варшава, 2002. - 101 с.
2. Колесников А.И. Декоративная дендрология [Текст]. М.: Лесная промышленность, 1974. - 704 с.
3. Лучник А.Н. Энциклопедия декоративных растений умеренной зоны М.: Просвещение, Лик-Пресс, Институт технологических исследований, Поматур, [Текст]. - 1997. – 462 с.
4. Сергиевская Е.В. Систематика высших растений [Текст]. Практический курс. - СПб: Лань, 1998. – 448 с.
5. Соколова Т.А. Декоративное растениеводство. Древоводство. [Текст]. М.: Академа, 2004. - 352 с.
6. Харачко Т.І. Міжвидова гібридизація роду *Pinus* та її перспективи в Україні / Т.І. Харачко, М.М. Лісовий, А.С. Жила [Текст] // Науковий вісник Національного лісотехнічного університету України: Збірник науково-технічних праць. – Львів: НЛТУ України. – 2011, Вип. 21.2. – С. 41-59.
7. Шеляг-Сосонко Ю.Р. Продромус растительности Украины [Текст] / Шеляг-Сосонко Ю.Р., Дидух Я.П., Дубына Д.В. - К.: Наукова думка, 1991. – 272 с.
8. The story of pines / Nicholas T. Mirov. – London. – 1976, - 148 p.

9. Ecology and biogeography of Pinus / David M. Richardson. – Cambridge University Press. – 2000.

### References

1. Kataloh rastenyy. Derev'ya, kustarnyky, mnoholetnyky rekomendovannue Soyuzom Pol'skykh Pytomnykov [Tekst]. - Varshava, 2002. - 101 s.
2. Kolesnykov A.Y. Dekorativnaya dendrolohiya [Tekst]. M.: Lesnaya promyshlennost', 1974. - 704 s.
3. Luchnyk A.N. Entsyklopedyya dekorativnykh rastenyy umerennoy zonu M.: Prosveshchenye, Lyk-Press, Ynstytut tekhnolohycheskykh yssledovanyy, Pomatur, [Tekst]. - 1997. – 462 s.
4. Serhyevskaya E.V. Systematyka vusshykh rastenyy [Tekst]. Praktycheskyy kurs. - SPb: Lan', 1998. – 448 s.
5. Sokolova T.A. Dekorativnoe rastenyevodstvo. Drevovodstvo. [Tekst]. M.: Akadema, 2004. - 352 s.
6. Kharachko T.I. Mizhvydova hibrydyzatsiya rodu Pinus ta yiyi perspektyvy v Ukrayini / T.I. Kharachko, M.M. Lisovyy, A.S. Zhyla [Tekst] // Naukovyy visnyk Natsional'noho lisotekhnichnoho universytetu Ukrayiny: Zbirnyk naukovo-tekhnichnykh prats'. – L'viv: NLTU Ukrayiny. – 2011, Vyp. 21.2. – S. 41-59.
7. Shelyah-Sosonko Yu.R. Prodromus rastytel'nosti Ukrayny [Tekst] / Shelyah-Sosonko Yu.R., Dydukh Ya.P., Dubuna D.V. - K.: Naukova dumka, 1991. - 272 s.
8. The story of pines / Nicholas T. Mirov. – London. – 1976, - 148 r.
9. Ecology and biogeography of Pinus / David M. Richard – Cambridge University Press. – 2000.

## СОВРЕМЕННОЕ БИОРАЗНООБРАЗИЕ ВИДОВ РОДА *PINUS* L. И ОСОБЕННОСТИ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В УКРАИНСКОМ ЛАНШАФТНОМ ДИЗАЙНЕ

**Е. Н. Ельпитифоров**

**Аннотация.** Представлен анализ и обобщение отечественного и мирового опыта использования видового разнообразия рода *Pinus* в ландшафтном строительстве Украины. Дана краткая характеристика диких видов, растущих в естественных условиях на территории Украины. Показаны возможности видов в условиях урбанизации по созданию гибридов и сортов. Приведен перечень видов и культиваров рода, среди которых сорта и вариации. Выяснено количество и разнообразие культиваров самых распространенных в Украине видов *Pinus*, представлено их в комплексной и структурированной таблице, что позволяет визуализировать используемые виды и культивары при озеленении. Показаны особенности габитуса и размеров сосен, а также характер окраски хвои. Предлагается сводная таблица сортов и культиваров интродуцированных в Украине сосен.

Определение внутривидового разнообразия сосен, а следовательно, их размеров и окраски, является актуальным вопросом при создании ландшафтных проектов. Поэтому создана и представлена сравнительная модель габитусов сосен. Также показано приспособительную возможность видов рода к формированию. Показано экологические ниши видов рода, а

также возможность использования видового разнообразия и гибридов в ландшафтном дизайне.

**Ключевые слова:** разнообразие, сосна, ландшафтные группировки, *Pinus L.*, культивар, вид.

## MODERN BIODIVERSITY OF THE GENUS PINUS L. FEATURES AND THEIR USE IN UKRAINIAN LANDSCAPING

E. Yelptiforov

**Abstract.** *Analised and synthesed of national and international experience to the genus Pinus species diversity in landscape construction Ukraine. Shown a brief description of wild species that grow in the wild in Ukraine. Identified the possibilities to create hybrids and varieties species in terms of urbanization. The list of species and cultivars kind, including varieties and variations are given. It was found the number and variety of the most popular cultivars in Ukraine species Pinus, presented them in a coherent and structured table that allows you to visualize the types and cultivars used in landscape design. The features and size of pines habit and character color of the needles are shown. Summary table varieties and cultivars introduced in Ukraine pines are proposed. Determination of intraspecific diversity of pines, and therefore their size and color is a key issue in the creation of landscape projects. Therefore created and presented a comparative model habit pines. Also shown adaptive the opportunity of species to forming. Displayed ecological niches the species of kind, and ability using diversity of species and hybrids in landscape design.*

**Keywords:** *diversity, Pine, landscape communities, Pinus L., cultivar, species.*

## СТРУКТУРНО-ФУНКЦІОНАЛЬНІ ПОКАЗНИКИ БІОЛОГІЧНИХ СИСТЕМ ЯК ОСНОВА ВЕДЕННЯ МОНІТОРИНГУ

**Н. А. ПАШКЕВИЧ**, кандидат біологічних наук, старший науковий співробітник, завідувач відділом динаміки популяцій  
**ДУ «Інститут еволюційної екології НАН України»**  
E-mail: pashkevych.nataly@gmail.com

**Анотація.** Розроблено алгоритм виділення критеріїв структурно-функціональних змін біосистеми для моніторингу стану біоти і відхилень від її нормального природного стану на різних рівнях організації живого під впливом біотичних і абіотичних факторів, в умовах змін клімату. На основі аналізу формалізованих показників біорізноманіття пропонується виділити критерії екологічного моніторингу: індикатори природного типу біосистеми (екосистеми, ценозу, популяції), антропогенних змін та індикатори збереженості екосистеми. Для досягнення вказаної мети пропонується такий алгоритм дій: підбір та оцінювання таксономічних груп організмів аборигенних видів; підбір, установлення співвідношення та оцінювання стану еврибонтних і стенобонтних організмів; підбір та оцінювання стану видів і угруповань раритетної компоненти біосистеми; установлення рівня порушеності біосистеми; на основі системи критеріїв розроблення інтегрального показника оцінювання стану біосистеми, а також формування пропозицій щодо контролю та моніторингу стану видів та екосистем за умов кліматичних змін.

**Ключові слова:** оцінювання впливу, критерії, біосистема, антропогенні зміни.

**Актуальність.** В останні десятиріччя зростає стурбованість посиленням антропогенного впливу на кліматичну систему Землі, змінами клімату та їхнім впливом на природу та людину, що спонукає світове товариство вживати активних зусиль, як стосовно дослідження проблеми, так і щодо її розв'язання. Опубліковано основоположні міжнародні [1] й українські зведення та звіти (підписано Рамкову Конвенцію ООН щодо зміни клімату і ратифіковано Кіотський протокол), [2, 3] у яких детально описуються причини і масштаби антропогенного впливу на кліматичну систему і даються прогнози на майбутнє (зростання загрози катастрофічних повеней у Карпатах, перетворення степів південного регіону на пустелі, затоплення прибережних частин у центральних та східних регіонах України, зниження продуктивності лісу на всій території України тощо). Антропогенні зміни клімату глобального масштабу часто непросто виділити на фоні природних кліматичних змін і локальних антропогенних впливів. Проте це необхідно робити. Одним з ефективних і ощадливих методів вирішення проблем оцінювання змін середовища на різних рівнях є моніторинг-моделювання-прогнозування із залученням біологічних об'єктів, які є

чутливими індикаторами навіть незначних коливань екологічних чинників біосистем. Зміни середовища викликають структурні порушення біоти та її компонентів на різних рівнях організації. Згідно з Конвенцією про біологічне різноманіття [4] збереження природних екосистем є першочерговим завданням, а ведення системного моніторингу їхнього стану та оцінювання ступеня антропогенної трансформації – базою для розроблення державних програм і відповідних регіональних планів дій.

Функціонування державної системи екологічного моніторингу в умовах кліматичних змін потребує розроблення нових науково обґрунтованих підходів до вибору екологічних критеріїв (у тому числі кризових) оцінювання природного стану і трансформації вразливих екосистем, пошуку нових методів кількісної та якісної індикації. При цьому вибраний ряд індикаторних критеріїв має бути не лише показовим, але й доступними у використанні для широкого кола фахівців, зіставним з наявними міжнародними підходами. Правильно підібраний комплекс індикаторних критеріїв дасть змогу об'єктивно оцінити причинно-наслідкові зв'язки між структурно-функціональними елементами екосистем, їхній поточний стан; спрогнозувати подальшу їх трансформацію, визначити граничні межі допустимих змін, що не призведуть до катастрофічних результатів.

На сьогодні в країні методологічну базу оцінювання структурних системних змін біоти, викликаних змінами середовища існування, недостатньо розроблено. На шляху до створення критеріїв оцінювання стану біосистем потрібно сформулювати інтегральну оцінку з детальною розшифровкою як за кількісними, так і за якісними показниками. Так, стан основних типів екосистем м. Києва оцінено за структурно-функціональними показниками накопичення біомаси, продукції, деструкції [5], а серед багатьох підходів до визначення стану водних об'єктів до таких показників запропоновано додати показник таксономічного різноманіття та складності угруповань [6]. Подібні роботи проводять у багатьох установах країни, проте для розв'язання проблеми необхідна інтеграція різних підходів і наук про біоту (систематики, морфології, екології тощо), що дасть змогу адекватно показати суть організації, розвитку та поточного стану біологічних систем різного рівня, віддзеркалить стан, механізм їх гомеостазу та рівень трансформації в умовах трансформації.

**Мета роботи** – розроблення алгоритму виділення критеріїв структурно-функціональних змін біосистеми для моніторингу стану біоти і відхилень від її нормального природного стану на різних рівнях: організменому, популяційно-видовому, екосистемному – під впливом біотичних і абіотичних факторів, в умовах змін клімату.

**Результати дослідження та їх обговорення.** Під час комплексних системних досліджень з метою оцінювання трансформації біосистем буде підбрано ряд модельних об'єктів, що будуть у найбільш збереженому природному відносно стійкому стані, які відповідатимуть стадії розвитку, максимально наближеній до клімаксової. При цьому необхідно підібрати комплекс якісних і кількісних характеристик біоти на популяційному, видовому та екосистемному рівнях організації, що є структурно-функціональними показниками (видове та ценотичне біорізноманіття, чисельність, віталітет, онтогенез тощо) біосистеми, з високим ступенем інформативності, які можна використовувати як інтегральні індикатори для діагностики порушень досліджених модельних об'єктів з урахуванням

кліматичних, едафічних чинників і антропогенного впливу. У дослідженні для виділення критеріїв оцінювання стану екосистем запропоновано такі показники: динаміка популяцій модельних видів (популяційна варіабельність морфометричних параметрів виду, онтогенетичний і віталітетний аналіз), видове різноманіття (типологічна структура, ступінь натуралізації (для чужорідних) та збереженості (видів раритетних категорій), ценотична приуроченість, рівномірність просторового розподілу видів тощо), структура і стан угруповань.

На основі аналізу формалізованих показників біорізноманіття запропоновано виділити такі критерії екологічного моніторингу:

1. Індикатори природного типу екосистеми (оцінка таксономічних і біотопічних груп, що відображують різноманіття найважливіших біологічних компонентів цього типу екосистеми – аборигенних видів, видів-ценозоутворювачів, природних оселищ тощо).

2. Індикатори антропогенних змін в екосистемі (аналіз складу та співвідношення еврибіонтних і стенобіонтних організмів; структури та площі біотопів; рівня синантропізації екосистеми).

3. Індикатори збереженості екосистеми (оцінка стану раритетної компоненти екосистеми – рідкісних, зникаючих видів, внесених до міжнародних та регіональних Червоних списків, раритетних угруповань, біотопів, що потребують охорони).

Під час моніторингу необхідно розрізняти об'єкти, які характеризуватимуть поточний стан біоти [7]: популяції рідкісних видів рослин і тварин різних категорій; популяції індикаторних видів, які є типовими, характерними для типу ценозу, екосистеми, регіону чи фоновими; ключові території, що перебувають у певному режимі охорони (об'єкти природно-заповідного фонду, території Смарагдової мережі чи Рамсарські угіддя); модельні види та рослинні угруповання з переліку «Зеленої книги України», Директиви I тощо. У дослідженні використовуються традиційні популяційні, флористичні, зоологічні, геоботанічні та статистичні методи.

Розроблення системи оцінювання реакцій біологічних об'єктів на порушення природного середовища, які можуть використовуватися для індикації рівня антропогенних впливів на екосистеми сьогодні є дуже актуальною. Так, запропоновано систему оцінювання реакцій тварин на порушення природного середовища [8] на екосистемному, популяційному та організаційному рівнях у числових показниках з числових показників. Показано, що переважна більшість їх мають низьку придатність у зв'язку з нестачею наукової інформації. Серед якісних індикаторів для рівня антропогенних впливів на екосистеми автори пропонують лише видову різноманітність і щільність популяцій.

Вплив довкілля на живі організми характеризується різними показниками збереження біорізноманіття, до яких зазвичай належать кількість видів рослин, особливо вищих, і тварин, у тому числі ссавців, птахів, плазунів, земноводних, риб тощо; кількість видів, яких охороняють, які занесено до Червоної Книги України та міжнародних реєстрів; кількість видів, що перебувають під загрозою зникнення; ліси, у тому числі площі, що покриті лісом, та лісистість території, а також санітарний стан лісів; площі територій природо-заповідного фонду.

Проте інформативність цих показників є відносною. Так, під час вселення адвентивних видів до природних систем на перших етапах відбувається загальне збільшення видового складу (за рахунок видів-вселенців). Але при значній трансформації самої біосистеми (ценозу) насичення чужорідними видами в подальшому призводить до ефекту плато, а потім заміщення природних видів, що супроводжується зменшенням їхньої кількості та тяжіє до монотипних маловидових угруповань. Тому потрібно не лише аналізувати кількісні показники, але й відстежувати динаміку змін і направленість. Так, нами проаналізовано розподіл чужорідних видів у різних типах біотопів охоронюваних територій Лісостепу України [9]. Оцінено стан цих територій за допомогою запропонованого Індексу інвазіабельності біотопів (*Ibin*), що дає змогу провести не лише кількісний аналіз стану екосистем за адвентивною компонентою, але й якісний – встановити найчутливіші місця, спрогнозувати тенденції подальшого розвитку сценарію.

Для виділення основних чинників впливу на модельні екосистеми запропоновано, проаналізувавши відповіді біоти на них (на популяційному, видовому та екосистемному рівнях), підібрати критерії для визначення рівнів трансформації біосистем і виявлення критичних елементів, вплив на які може спричинити зміни середовища, виокремивши антропогенний вплив. Для досягнення цієї мети пропонується такий алгоритм дій:

1. Підбір та оцінювання таксономічних груп організмів, що відображують систематичне різноманіття найважливіших біологічних компонентів цього типу біосистеми (аборигенних видів).

2. Підбір, установлення співвідношення та оцінювання стану еврибонтних і стенобіонтних організмів як запорука цілісного функціонування екосистеми.

3. Підбір та оцінювання стану видів і угруповань раритетної компоненти екосистеми.

4. Оцінювання рівня синантропізації екосистеми, установлення рівня її порушеності (оцінювання стану ґрунту, видове різноманіття, перелік і характеристика чужорідних видів тощо).

5. На основі системи критеріїв визначення характеру та напрямків трансформації біосистем, розроблення інтегрального показника оцінювання їхнього стану, а також формування пропозицій щодо контролю та моніторингу стану видів та екосистем за умови кліматичних змін.

Для оцінювання раритетної компоненти біоти є чимало розробок. Проте найбільшою проблемою є не стан біоти (такі дані переважно можна отримати), а дотримання законодавства з охорони рідкісних видів, угруповань і територій. Фрагментація і деградація середовища існування збільшують швидкість вторгнення чужорідних видів у нові райони за межами їхнього первинного ареалу. Великий відсоток чужорідних організмів виявляє інвазійні властивості, що призводить до порушення екологічної стійкості природних екосистем. Під час моніторингу адвентивних видів часто усі дії природоохоронців і чиновників направлені на боротьбу з карантинними видами (рослин – *Ambrosia artemisifolia*, *Heracleum sosnowskyi*; риб – *Percocottus glenii*; молюсків – *Dreissena polymorpha*; реброплавів – *Mnemiopsis leidyi*; комах – колорадський жук (*Leptinotarsa decemlineata*); грибів – фітофтора (*Phytophthora cinnamomi*), поза якою втрачається

розуміння причин нашестя чужорідних видів, а тим більше не ставиться питання механізмів запобігання іншим потенційно інвазійним видам (павловнія, робінія тощо). Наше завдання розробити механізм, який спростить оцінювання та діагностування стану біоти і дасть можливість побудувати прогностичні моделі за допомогою простих і доступних індикаторів різних категорій, врахування яких одночасно дасть змогу невеликій групі експертів провести якісний аналіз гарячих точок структурних змін біоти за короткий термін.

Розроблення інтегрального показника оцінювання стану екосистем потребує інтеграції даних щодо функціонування різних компонент екосистем і стосовно їхніх взаємозв'язків (концентрації речовини на вході та виході) та проведення досліджень на різних рівнях організації із застосуванням широкого спектра методів, зокрема таксономічних, флористичних, фауністичних, геоботанічних, екологічних, польових та експедиційних. Таким інтегральним показником для контролю та моніторингу стану видів та екосистем, зокрема за умов і кліматичних змін, може бути система критеріїв визначення характеру та напрямків трансформації екосистем під впливом біотичних і абіотичних факторів,

**Висновки і перспективи.** Для визначення динаміки та напрямків перебігу змін стану екосистеми необхідно забезпечити можливість використання найчутливіших індикаторних показників біоти на градієнті трансформації навколишнього середовища, здатних відображати вплив глобальних змін клімату на екосистеми.

#### **Список використаних джерел**

1. IPCC. Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland. – 2014. – 151 pp.
2. Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2014 році. – К.: Міністерство екології та природних ресурсів України, ФОР Грінв Д.С. – 2016. – 350 с.
3. Національна доповідь України про виконання Рамсарської конвенції про водно-болотні угіддя до 11-го засідання Конференції Договірних Сторін конвенції [Електронний ресурс]. – Румунія. – 2012 р.
4. Конвенція про біологічне різноманіття п'ятий національний звіт України – К.: Міністерство екології та природних ресурсів України, 2015. – 67 с.
5. Дідух Я.П. Екологічна оцінка збитків від втрати природних біотопів м. Києва / Я.П. Дідух, І.Г. Вишенська, У.М. Альошкіна, С.О. Гаврилов, О.І. Навроцька // Наукові записки НаУКМА. Біологія та екологія. - 2013. - Т. 142. - С. 54-60.
6. Волюков Ю.М. Оцінка еколого-санітарного стану основного річкового русла київської ділянки канівського водосховища за показниками макрозообентосу і зоопланктону / Ю.М. Волюков, Т.С. Рибка // Наук. зап. Терноп. нац. пед. ун-ту. Сер. Біол. – 2015, №3-4 (64). – С. 100-103.
7. Загороднюк І. Програма моніторингу видів тварин і рослин, що охороняються в Луганській області / І. Загороднюк, О. Микитюк, М. Перегрим // Збірник наукових праць Луганського природного заповідника - 2011. – С. 5-19.
8. Інтегральні та комплексні оцінки стану навколишнього природного середовища: монографія / О.Г. Васенко, О.В. Рибалова, С.Р. Артем'єв, Н.С.

Горбань, Г.В. Коробкова, В.О. Полозенцева, О.В. Козловська, А.О. Мацак, А.А. Савічев. – Х: НУГЗУ, 2015. – 419 с.

9. Pashkevych N. Spread of alien plant species in the habitats of the Ukrainian Forest Steppe / N. Pashkevych, R. Burda // *Ekológia (Bratislava)*. - 2017, Vol. 36 (1). – P. 133–141.

### References

1. IPCC. Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland. – 2014. – 151 pp.

2. Natsional'na dopovid' pro stan navkolyshn'oho pryrodnoho seredovyshcha v Ukrayini u 2014 rotsi. – K.: Ministerstvo ekolohiyi ta pryrodnykh resursiv Ukrayiny, FOP Hrin' D.S. – 2016. – 350 s.

3. Natsional'na dopovid' Ukrayiny pro vykonannya Ramsars'koyi konventsiyi pro vodno–bolotni uhidya do 11–ho zasidannya Konferentsiyi Dohovirnykh Storin konventsiyi [Elektronnyy resurs]. – Rumuniya. – 2012 r.

4. Konventsiya pro biolohichne riznomanittya p'yatyy natsional'nyy zvit Ukrayiny – K.: Ministerstvo ekolohiyi ta pryrodnykh resursiv Ukrayiny, 2015. – 67 s.

5. Didukh Ya.P. Ekolohichna otsinka zbytkiv vid vtraty pryrodnykh biotopiv m. Kyieva / Ya.P. Didukh, I.H. Vyshens'ka, U.M. Al'oshkina, S.O. Havrylov, O.I. Navrots'ka // *Naukovi zapysky NaUKMA. Biolohiya ta ekolohiya*. - 2013. - T. 142. - S. 54-60.

6. Volikov Yu.M. Otsinka ekoloho-sanitarnoho stanu osnovnoho richkovoho rusla kyyivs'koyi dilyanky kanivs'koho vodoskhovyshcha za pokaznykamy makrozoobentosu i zooplanktonu / Yu.M. Volikov, T.S. Rybka // *Nauk. zap. Ternop. nats. ped. un-tu. Ser. Biol.* – 2015, №3-4 (64). – S. 100-103.

7. Zahorodnyuk I. Prohrama monitorynhu vydiv tvaryn i roslyn, shcho okhoronyayut'sya v Luhans'kiy oblasti / I. Zahorodnyuk, O. Mykytyuk, M. Perehrym // *Zbirnyk naukovykh prats' Luhans'koo pryrodnoho zapovidnyka* - 2011. – S. 5-19.

8. Intehral'ni ta kompleksni otsinky stanu navkolyshn'oho pryrodnoho seredovyshcha: monohrafiya / O.H. Vasenko, O.V. Rybalova, S.R. Artem'yev, N.S. Horban', H.V. Korobkova, V.O. Polozentsyeva, O.V. Kozlovs'ka, A.O. Matsak, A.A. Savichyev. – Kh: NUHZU, 2015. – 419 s.

9. Pashkevych N., Burda R.: Spread of alien plant species in the habitats of the Ukrainian Forest Steppe // *Ekológia (Bratislava)*. - 2017, Vol. 36, No. 1, p. 133–141.

## СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ИЗМЕНЕНИЙ БИОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ КАК ОСНОВА ВЕДЕНИЯ МОНИТОРИНГА

**Н. А. Пашкевич**

**Аннотация.** Разработан алгоритм выделения критериев структурно-функциональных изменений биосистемы для мониторинга состояния биоты и отклонений от ее нормального естественного состояния на различных уровнях организации живого под влиянием биотических и абиотических факторов, в условиях изменений климата. На основе анализа формализованных показателей биоразнообразия предлагается выделить критерии экологического мониторинга: индикаторы природного типа биосистемы (экосистемы, ценоза, популяции), антропогенных изменений и индикаторы сохранности экосистемы. Для достижения указанной цели предлагается следующий

*алгоритм действий: подбор и оценка таксономических групп организмов аборигенных видов; подбор, установление соотношения и оценка состояния эврибионтных и стенобионтных организмов; подбор и оценка состояния видов и сообществ раритетной компоненты биосистемы; установление уровня нарушенности биосистемы; на основе системы критериев разработка интегрального показателя оценки состояния биосистемы, а также формирование предложений по контролю и мониторингу состояния видов и экосистем в условиях климатических изменений.*

**Ключевые слова:** *оценка воздействия, критерии, биосистема, антропогенные изменения.*

## **STRUCTURAL AND FUNCTIONAL INDICATORS OF CHANGES OF BIOLOGICAL SYSTEMS AS THE BASIS FOR MONITORING**

**N. Pashkevych**

**Abstract.** *For monitoring the state of biota and its deviation from normal natural state at different levels of living organization, under the influence of biotic and abiotic factors, in conditions of climate change, we have developed an algorithm for marking criteria for structural and functional changes in the biosystem. Basis of the analysis of formalized markers of biodiversity proposed to allocate environmental monitoring criteria: indicators of the natural type of the biosystem (ecosystems, cenosis, populations), antropogenic changes and indicators of ecosystem conservation. To achieve this goal we propose the following algorithm: selection and evaluation of various taxonomic groups of native species; selection, correlation and assessment of the state of eurybionic and stenobiont organisms; selection and assessment of species and communities rarity components of biological systems; establish the level of disturbance biosystems; on the basis of criteria to develop integrated parameter assessment of biological systems, and forming proposals for control and monitoring of species and ecosystems under conditions of climate change.*

**Keywords:** *impact assessment, criteria, biosystem, anthropogenic changes.*

**ЦИТОЛОГІЧНІ ЗМІНИ *ELODEA CANADENSIS* ЗА УМОВ БІОТЕСТУВАННЯ  
ХРОНІЧНОЇ ТОКСИЧНОСТІ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД  
ПРАВОБЕРЕЖНИХ ПРИТОК РІЧКИ ПРИП'ЯТЬ**

**О. О. БЄДУНКОВА**, кандидат сільськогосподарських наук,  
доцент кафедри екології

**Національний університет водного господарства та  
природокористування**

*E-mail:* bedunkovaolga@mail.ru

**Анотація.** Подано результати обліку цитологічних змін листків акваріумного макрофіту *Elodea canadensis* за різної тривалості експозиції (7, 14, 21 добу) при оцінюванні хронічної токсичності поверхневих вод річок у різні гідрологічні сезони. За кожної серії експериментів загальна кількість цитологічних змін *E. canadensis* була вищою в літній період порівняно з зимовим. Результати біотестування зразків поверхневих вод у переважній більшості випадків були статистично достовірними відносно контролю за терміну експозиції 14 діб. При цьому найменш численними виявилися клітини у стані некрозу, дещо більшою була чисельність клітин у стані початкового некрозу та найчисленнішими виявилися клітини у стані ізотонічного плазмолізу. Кореляційний аналіз статистично достовірних результатів біотестування з гідрохімічними показниками якості води у відповідних репрезентативних створах засвідчив, що найбільш численні залежності із помірно тісним зв'язком характерні для загальної кількості цитологічних змін тест-об'єкта із завислими речовини ( $r=0,67$ ), азотом амонійним ( $r=0,56$ ), азотом нітритним ( $r=0,59$ ), показником БСК<sub>5</sub> ( $r=0,67$ ), вмістом розчиненого у воді кисню ( $r=-0,60$ ), вмістом цинку ( $r=0,52$ ) та марганцю ( $r=0,61$ ). Як тест-параметр запропоновано використовувати коефіцієнт цитологічних змін *E. canadensis*, що зіставляє загальну кількість порушених клітин рослини з усіма проаналізованими з урахуванням тривалості хронічного експерименту.

**Ключові слова:** цитологічні зміни, токсичність, експозиція.

**Актуальність.** Сучасна гідроекологічна практика свідчить про широке та успішне застосування методів біотестування для визначення токсичних властивостей води та донних відкладів з урахуванням сукупної дії присутніх у них речовин. Це пояснюється тим, що чутливість тест-об'єктів до якісних змін середовища значно вища, ніж застосованих фізичних та хімічних методів [1].

Одним із традиційних рослинних тест-об'єктів при біотестуванні є лабораторна культура макрофіт елодея канадська (*Elodea canadensis* Michx. (1803)). При цьому як тест-параметри в експериментах *ex situ* або *in vivo* використовуються як клітини листової пластинки у складі цілого листка елодеї, так і загальні морфологічні характеристики пагону рослини [2].

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Біотестування з використанням *E. canadensis* проб донних відкладень р. Єнісей, які відрізнялись за вмістом техногенних радіонуклідів, виявило негативну залежність росту пагонів елодеї і позитивну залежність появи клітин із хромосомними порушеннями в апікальній меристемі коренів рослини від активності радіонуклідів у пробах донних відкладів [3].

Відомі результати з оцінки інтегральної токсичності водного середовища за відношенням електропровідності елодеї, що відображує відхилення виходу іонів з клітин рослини. При цьому відхилення у досліді від контролю в діапазоні 20-50% оцінюється як хронічна токсичність, від 50% та вище – як гостра токсичність [4].

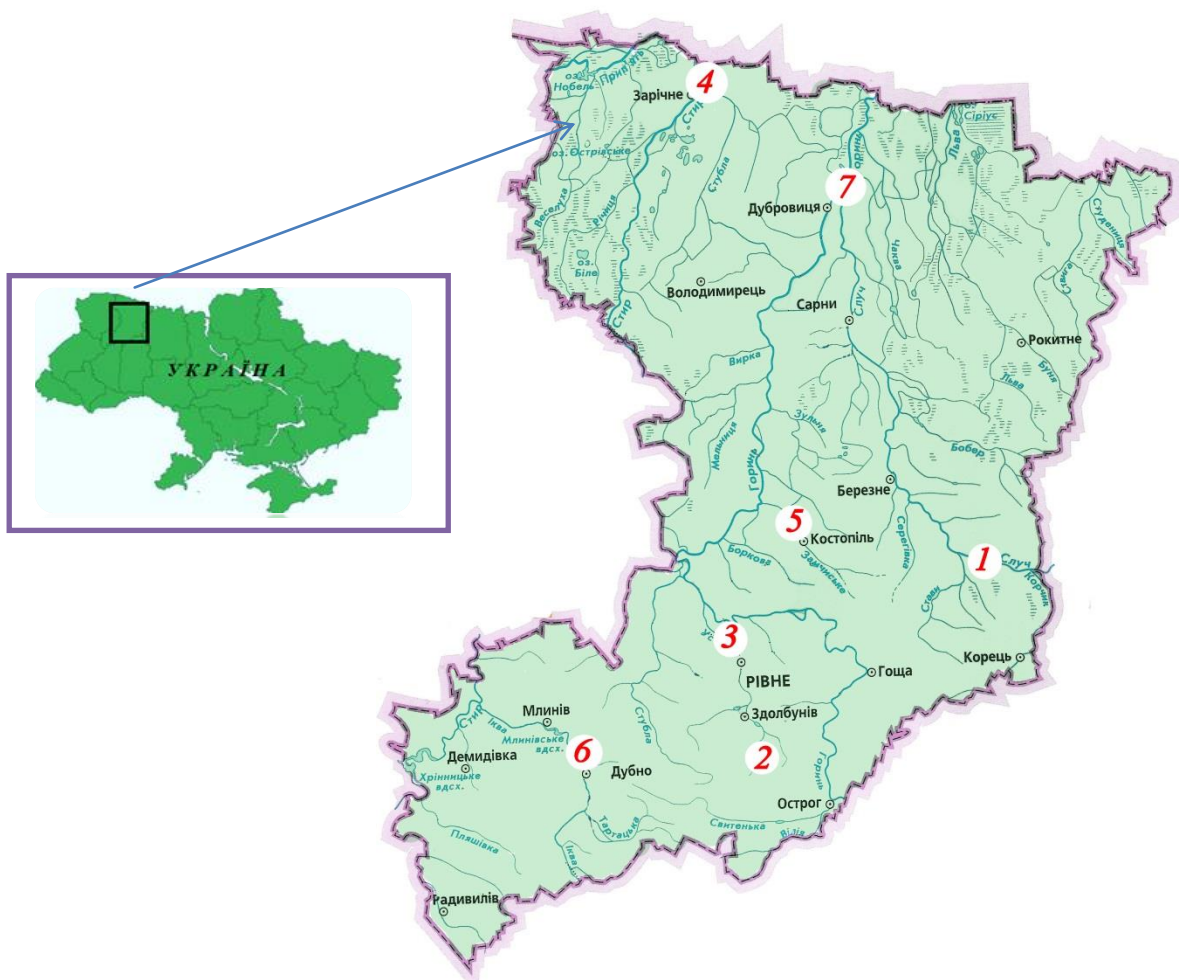
У роботі [5] оцінювали вплив азотнокислої ртуті на фотосинтетичну активність елодеї канадської методом уповільненої флуоресценції (УФ). Добова експозиція елодеї у розчині азотнокислої ртуті за концентрації розчину 0,05мг/дм<sup>3</sup> зменшувала фотосинтетичну активність рослини на 30%. Повне інгібування фотосинтетичної активності рослини відбувалося за концентрації розчину 2,5мг/дм<sup>3</sup>. Паралельно вплив азотнокислої ртуті на рослину оцінювали за приростом пагону в довжину протягом 3-6 діб. При цьому концентрація розчину 0,125-0,2мг/дм<sup>3</sup> не мала значного впливу на ріст пагонів. Пригнічення росту на 20-25% наставало лише за концентрації азотнокислої ртуті 0,25-0,3мг/дм<sup>3</sup>.

У науковій літературі висвітлено чимало досліджень, які доводять, що більшу чутливість до виявлення токсичної дії середовища мають цитологічні зміни елодеї порівняно з її морфологічними ознаками [6]. Однак подібні роботи вимагають як вузької спеціалізації експерта, так і наявності відповідного обладнання.

Проведені нами дослідження доводять, що одним із чутливих і доступних методів оцінювання хронічної токсичності водного середовища є облік клітин листка елодеї на різних життєвих стадіях (некроз, початковий некроз, плазмоліз) [7]. Водночас лишається нез'ясованим питання, який вид цитологічних змін найбільш об'єктивно відображає токсичність водного середовища, адже індекси токсичності, розраховані за різними видами цитологічних змін, суттєво відрізняються між собою. Крім того, з огляду на специфіку проведення хронічного експерименту можна передбачити, що вплив на результати біотестування матиме і тривалість досліду.

**Метою дослідження** був аналіз цитологічних змін *Elodea canadensis* за різної тривалості експозиції при оцінюванні хронічної токсичності поверхневих вод річок у різні гідрологічні сезони.

**Матеріали та методи дослідження.** Дослідження проводили впродовж 2014-2015рр. В експериментах використовували зразки поверхневих вод правобережних приток р. Прип'ять на території Рівненської області України. Відбір води проводили в репрезентативних (з огляду антропогенного навантаження) створах (рис. 1) у періоди літньої та зимової межени згідно зі стандартизованими методиками [8].



**Рис. 1. Схема розміщення репрезентативних створів спостережень на правобережних притоках р. Прип'ять у межах Рівненської області:**

- 1 – р. Случ, у межах с. Бистричі, вище скиду стічних вод о/с ДП «Комунальник», 94,5км від гирла; 2 – р. Устя, західна околиця с. Івачків, верхів'я річки, природний фон, 65км від гирла; 3 – р. Устя, у межах м. Рівне, 0,3км нижче скиду з о/с РОВКП ВКГ «Рівнеоблводоканал», 21км від гирла; 4 – р. Стир, у межах смт Зарічне, 0,5км нижче скиду з о/с ВКП «Зарічне», 75,8км від гирла;
- 5 – р. Замчисько, у межах м. Костопіль, нижче скиду з о/с «Костопільводоканал», нижче скиду меліоративного каналу, 11,9км від гирла; 6 – р. Іква, у межах с. Іванне Дубенського р-ну, 3,2км нижче скиду о/с КВП ВКГ «Дубноводоканал», 39,6км від гирла; 7 – р. Горинь, у межах с. Висоцьк Дубровицького р-ну, 77,5км від гирла.

Тривалість експозиції експериментів у обидва гідрологічні сезони становила 7, 14 та 21 добу, впродовж яких дотримувались однорідності умов освітлення та сталого температурного режиму приміщення (20-21°C). Варіанти досліду (зразки води з репрезентативних створів) і контролю (відстояна водопровідна вода) піддавали помірній примусовій аерації за допомогою мікрокомпресора. По закінченні експозиції при підрахунку кількості клітин елодеї на різних життєвих стадіях досліджували листки *E. canadensis*, розміщені на відстані 0,5-1,0см від зони наростання. Як барвник використовували розчин метиленового синього у фосфатному буфері: 200мг барвника на 1л буферного розчину [2].

Для аналізу готували тимчасові препарати з листків елодеї, які спостерігали в мікроскопі «Мікротон-400» при збільшенні 8×40. Під час

експерименту реєстрували мертві одиничні темно-сині клітини (некроз); незафарбовані світлі зелені клітини (живі); клітини блідо-блакитного забарвлення, що свідчило про збільшення проникності мембран унаслідок значних порушень клітин (початковий некроз). Стадії плазмолізу клітин листка рослини в різних варіантах досліду хронічного експерименту оцінювали візуально.

Підрахунки проводили у триразовій повторюваності для кожного варіанта досліду та в контролі після експозиції пагонів елодеї у зразках води протягом експерименту.

Гідрохімічний склад води у період спостережень аналізували за даними хіміко-аналітичного контролю рівненської екологічної інспекції.

Статистичне оброблення результатів експерименту виконували в межах програмного пакета Statistica 8.0.

**Результати дослідження та їх обговорення.** Показники якості води в репрезентативних створах подано у вигляді усереднених значень за максимальними та середніми концентраціями речовин, виявлених у періоди спостережень (табл. 2).

Так, у межах норми [9] перебували показники сольового складу води, уміст розчиненого у воді кисню та реакція середовища (рН). Водночас поверхневі води досліджуваного регіону забруднені фосфатами ( $\text{PO}_4^-$ ) та зваженими речовинами, іонами важких металів ( $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ) та заліза ( $\text{Fe}^{2+}$ ), фторидами ( $\text{F}_2$ ) та групою азотних речовин ( $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ ).

Аналіз отриманих результатів з біотестування води репрезентативних створів правобережних приток р. Прип'ять за тест-об'єктом *E. canadensis* показав, що загальна кількість цитологічних змін (ЦЗ) залежить як від гідрологічного сезону, так і від тривалості експозиції рослини в досліджуваних зразках.

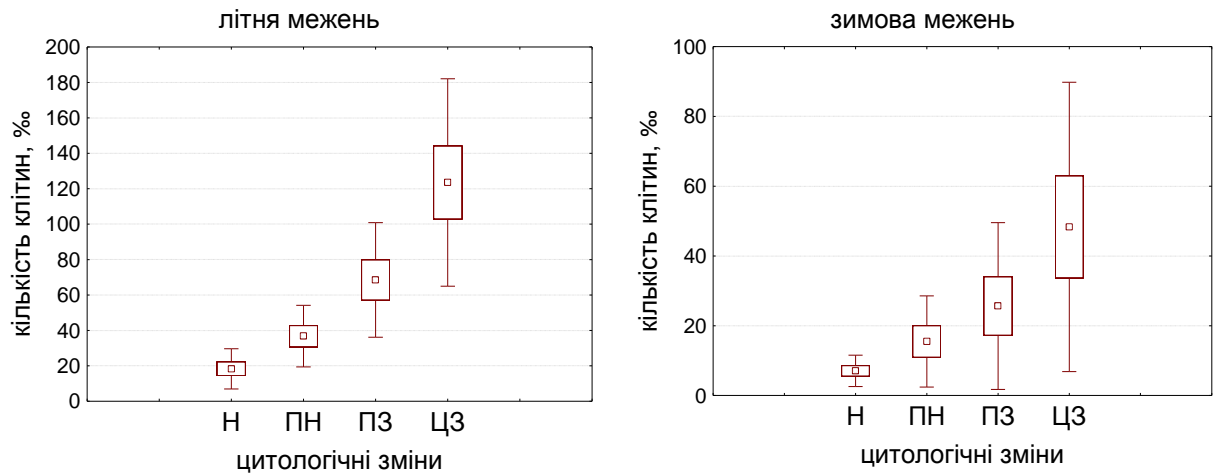
Так, за тривалості експозиції 7 діб у період літньої межени загальна кількість ЦЗ у тест-об'єкті (у середньому за репрезентативними створами) становила  $123,5 \pm 22,1\%$ , а в період зимової межени –  $48,35 \pm 15,67\%$  (рис. 2).

## 1. Показники якості води у репрезентативних створах правобережних приток р. Прип'ять (середнє за 2014-2015рр.)

Показники якості води	Номер репрезентативного створу						
	1	2	3	4	5	6	7
$\text{SO}_4^{2-}$ , мг/дм <sup>3</sup>	55,4	52,5	51,4	47,3	33,0	50,8	46,4
$\text{Cl}^-$ , мг/дм <sup>3</sup>	23,4	27,4	26,6	13,7	14,9	13,9	18,4
$\text{NH}_4^+$ , мг/дм <sup>3</sup>	0,2	1,1	0,4	0,3	4,1	0,3	0,2
$\text{NO}_3^-$ , мг/дм <sup>3</sup>	0,5	9,1	7,2	2,9	1,1	4,0	3,2
$\text{NO}_2^-$ , мг/дм <sup>3</sup>	0,02	0,2	0,1	0,1	0,2	0,2	0,1
$\text{PO}_4^-$ , мг/дм <sup>3</sup>	0,1	0,6	0,3	9,2	1,2	0,4	1,1
Зважені речовини, мг/дм <sup>3</sup>	10,9	12,3	14,0	7,9	13,1	10,1	9,0
Розчинений кисень, мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	10,6	10,1	9,8	6,9	7,5	7,1	10,9
рН	8,2	8,0	8,3	7,8	7,6	7,6	8,3
ХСК, мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	26,6	31,9	33,4	28,2	39,6	39,4	33,6
БСК <sub>5</sub> , мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	4,5	4,7	3,4	2,2	6,3	3,7	3,3
$\text{Fe}^{2+}$ , мкг/дм <sup>3</sup>	258	155	125	182	478	269	380
$\text{Cu}^{2+}$ , мкг/дм <sup>3</sup>	14,7	34,9	31,0	15,6	83,5	10,0	5,0

Zn <sup>2+</sup> , мкг/дм <sup>3</sup>	8,3	40,9	58,5	17,9	14,0	84,0	26,0
Mn <sup>2+</sup> , мкг/дм <sup>3</sup>	36,0	42,7	10,5	25,9	42,3	23,5	12
F <sub>2</sub> , мкг/дм <sup>3</sup>	26,7	315	300	70,2	289	137	597

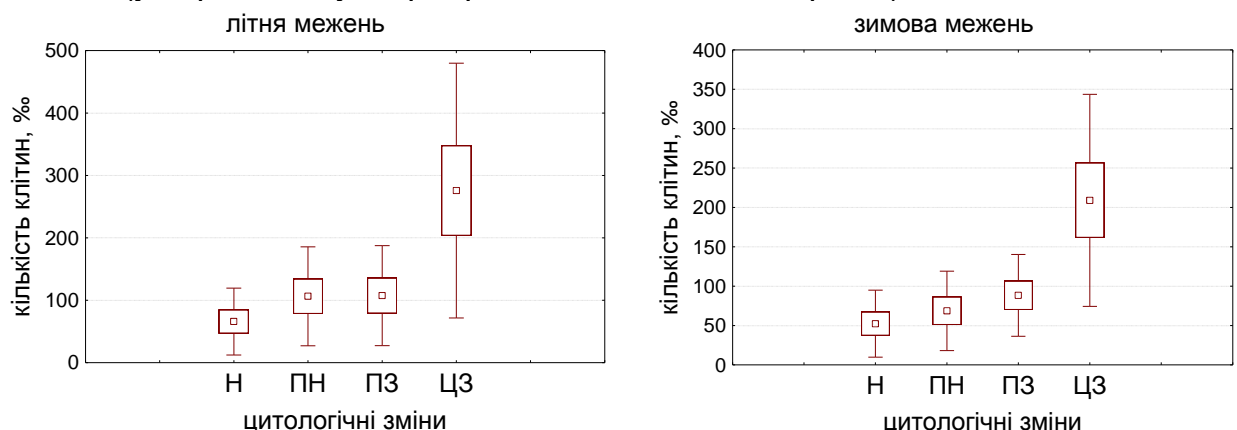
Примітка: затінення позначає перевищення нормативів [9] якості води.



**Рис. 2.** Усереднені результати обліку цитологічних змін (%) *E. canadensis* при біотестуванні поверхневих вод правобережних приток р. Прип'ять за експозиції 7 діб: Н – некроз; ПН – початковий некроз; ПЗ – плазмоліз; ЦЗ – загальна кількість цитологічних змін.

Характер цитологічних порушень був подібним в обох періодах, причому найменш численними виявилися клітини в стані некрозу (Н), дещо більшою була чисельність клітин у стані початкового некрозу (ПН) та найбільше спостерігалось клітин у стані ізотонічного плазмолізу (ПЗ).

За тривалості експозиції 14 діб (рис. 3) розбіжність між загальною кількістю ЦЗ *E. canadensis* була не такою значною та становила  $275,75 \pm 77,12\%$  у період літньої межені та  $209,09 \pm 50,9\%$  у період зимової межені (у середньому за репрезентативними створами).



**Рис. 3.** Усереднені результати обліку цитологічних змін (%) *E. canadensis* при біотестуванні поверхневих вод правобережних приток р. Прип'ять за експозиції 14 діб: Н – некроз; ПН – початковий некроз; ПЗ – плазмоліз; ЦЗ – загальна кількість цитологічних змін.

В обох гідрологічних сезонах найменш численними знову виявилися клітини в стані некрозу, а розподіл клітин у стані ПН і ПЗ відрізнявся.

Зокрема, у період літньої межени їхня чисельність була майже однаковою, а в період зимової межени помітно переважали клітини у стані ПЗ.

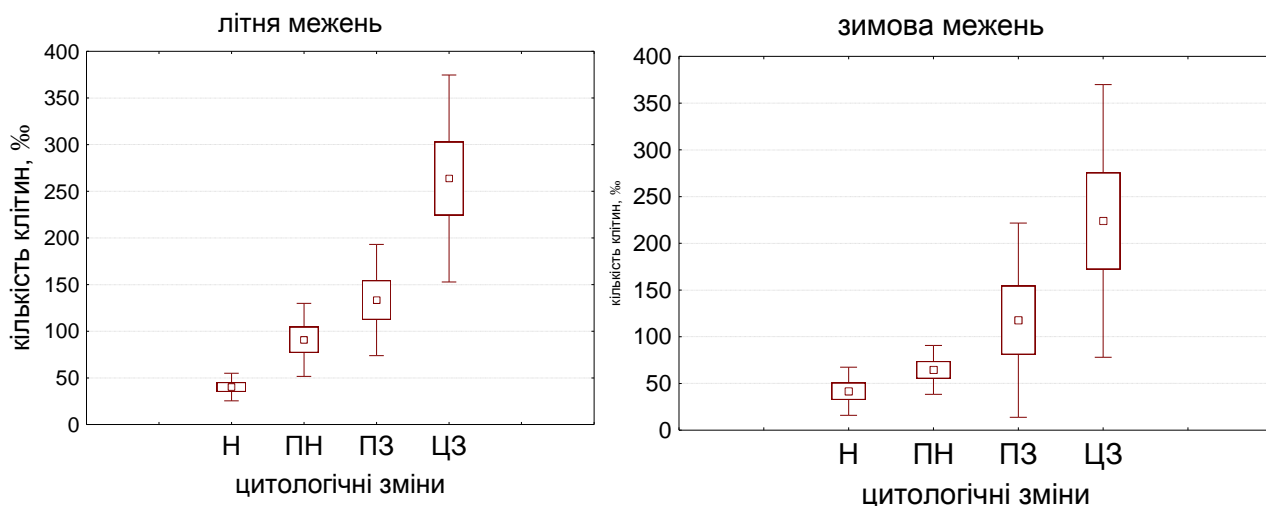
За тривалості експозиції 21 добу загальна кількість ЦЗ у період літньої межени становила  $263,7 \pm 41,9\%$ , у період зимової межени –  $223,98 \pm 55,2\%$  (у середньому за репрезентативними створами). Характер цитологічних порушень був подібним в обох періодах з найменшою чисельністю клітин у стані некрозу та найбільшою – у стані ПЗ. Чисельність клітин у стані ПН положення була середньою (рис. 4).

Важливо, що в кожній серії експериментів загальна кількість ЦЗ *E. canadensis* була вищою в літній період. Це пояснюється тим, що токсикологічна ситуація поверхневих вод є більш несприятливою саме о цей порі року. Водночас вплив тривалості експозиції на чисельність цитологічних змін доводить значущість часового чинника при біотестуванні хронічної токсичності поверхневих вод.

Відомо, що зі збільшенням терміну експозиції зростає ймовірність зміни хімічного складу поверхневих вод внаслідок розкладу наявних у них органічних сполук. Проте в біотестувальній практиці хронічні дослідження можуть тривати до 60 діб, що залежить від тест-об'єкта та чутливості його тест-реакцій.

Для з'ясування оптимального терміну експозиції було проведено статистичний аналіз за усередненими даними цитологічних порушень *E. canadensis* у обидва гідрологічні сезони (табл. 2).

Це дало змогу з'ясувати, що результати біотестування токсичності поверхневих вод репрезентативних створів у переважній більшості випадків статистично достовірні відносно контролю за терміну експозиції 14 діб. Виняток становили лише значення у варіанті з поверхневими водами зі створу №1. Очевидно, можна передбачити, що найбільш об'єктивні результати щодо токсичності водного середовища буде отримано за тривалості експозиції близько 14 діб.



**Рис. 4.** Усереднені результати обліку цитологічних змін (%) *E. canadensis* при біотестуванні поверхневих вод правобережних приток р. Прип'ять за експозиції 21 добу: Н – некроз; ПН – початковий некроз; ПЗ – плазмоліз; ЦЗ – загальна кількість цитологічних змін.

Кореляційний аналіз статистично достовірних результатів біотестування з гідрохімічними показниками якості води у відповідних репрезентативних створах виявляє тісний зв'язок між кількістю клітин *E. canadensis*, що перебували у стані некрозу, і завислими речовинами ( $r=0,80$ ), показником БСК<sub>5</sub> ( $r=0,75$ ) та вмістом у воді марганцю ( $r=0,78$ ).

Тісний обернений зв'язок був характерним для залежності кількості клітин у стадії ПН та загальної кількості ЦЗ із реакцією водного середовища рН ( $r=-0,78$  та  $r=-0,73$  відповідно).

Помірно тісний зв'язок виявлено в залежностях кількості клітин у стані некрозу із показником рН ( $r=-0,64$ ), азотом амонійним ( $r=0,66$ ), азотом нітритним ( $r=0,67$ ), фосфатами ( $r=0,54$ ), вмістом розчиненого у воді кисню ( $r=-0,61$ ); кількості клітин у стані ПН – із завислими речовинами ( $r=0,55$ ), показником БСК<sub>5</sub> ( $r=0,61$ ), вмістом марганцю ( $r=0,54$ ); кількістю клітин у стані ПЗ – із завислими речовинами ( $r=0,58$ ), показником рН ( $r=-0,60$ ), азотом нітритним ( $r=0,56$ ), БСК<sub>5</sub> ( $r=0,57$ ), вмістом у воді цинку ( $r=0,53$ ).

Найбільш численні залежності із помірно тісним зв'язком характерні для загальної кількості ЦЗ тест-об'єкта із завислими речовинами ( $r=0,67$ ), азотом амонійним ( $r=0,56$ ), азотом нітритним ( $r=0,59$ ), показником БСК<sub>5</sub> ( $r=0,67$ ), вмістом розчиненого у воді кисню ( $r=-0,60$ ), вмістом цинку ( $r=0,52$ ) та марганцю ( $r=0,61$ ). Усі зазначені коефіцієнти кореляції мали статистичну значущість на рівні  $p \leq 0,05$  (табл. 2).

## 2. Перевірка статистичної достовірності результатів біотестування відносно контролю

Варіанти порівняння	Статистичні параметри				
	Valid N	Std.Dev.	Std.Dev.	F-ratio	p
тривалість експозиції 7 діб					
Контроль / створ №1	8	4,879539	39,3323	64,974	0,000016
Контроль / створ №2	8	4,879539	45,2521	86,004	0,000006
Контроль / створ №3	8	4,879539	58,5328	143,894	0,000001
Контроль / створ №4	8	4,879539	34,5964	50,270	0,000037
Контроль / створ №5	8	4,879539	390,3447	6399,397	0,000000
Контроль / створ №6	8	4,879539	54,8957	126,567	0,000002
Контроль / створ №7	8	4,879539	27,9140	32,726	0,000158
тривалість експозиції 14 діб					
Контроль / створ №1	8	11,01946	36,5348	10,9924	0,005277
Контроль / створ №2	8	11,01946	66,7994	36,7472	0,000107
Контроль / створ №3	8	11,01946	103,5737	88,3442	0,000005
Контроль / створ №4	8	11,01946	126,9680	132,7601	0,000001
Контроль / створ №5	8	11,01946	150,4084	186,3044	0,000000
Контроль / створ №6	8	11,01946	137,2380	155,1058	0,000001
Контроль / створ №7	8	11,01946	63,0034	32,6895	0,000158
тривалість експозиції 21 доба					
Контроль / створ №1	8	73,77374	68,7713	1,150772	0,857774
Контроль / створ №2	8	73,77374	59,8560	1,519108	0,594774
Контроль / створ №3	8	73,77374	168,6501	5,226004	0,044401
Контроль / створ №4	8	73,77374	60,6535	1,479423	0,618156

Контроль / створ №5	8	73,77374	142,6097	3,736753	0,103242
Контроль / створ №6	8	73,77374	119,7221	2,633569	0,224706
Контроль / створ №7	8	73,77374	75,5485	1,048694	0,951603

Отже, як узагальнений показник біотестування хронічної токсичності поверхневих вод за цитологічними змінами *E. canadensis* пропонується використовувати коефіцієнт цитологічних змін (КЦЗ) тест-об'єкта. Принцип розрахунку цього показника полягає в отриманні величини співвідношення загальної кількості виявлених цитологічних змін до чисельності непорушених клітин із загальної кількості проаналізованих (не менше ніж 1000 клітин). Для врахування часового чинника передбачено введення оберненої до тривалості експозиції величини. Для коректування ймовірних похибок вимірювання вводиться коефіцієнт вирівнювання результатів при кількості підрахунків більше ніж 100. Таким чином, формула розрахунку коефіцієнта цитологічних змін матиме вигляд:

$$\text{КЦЗ} = 1/t \cdot \frac{(\text{Н} + \text{ПН} + \text{ПЗ})}{1000 - (\text{Н} + \text{ПН} + \text{ПЗ})} \cdot 1,385$$

де: КЦЗ – коефіцієнт цитологічних змін тест-об'єкта *E. canadensis* у хронічних експериментах з біотестування токсичності поверхневих вод; t – тривалість експозиції, діб; Н – кількість клітин у стані некрозу, ‰; ПН – кількість клітин у стані початкового некрозу, ‰; ПЗ – кількість клітин у стані ізотонічного плазмолізу, ‰; 1000 – загальна кількість проаналізованих клітин тест-об'єкта; 1,385 – коефіцієнт вирівнювання результатів при кількості підрахунків >100.

Здебільшого у варіантах, які не мали статистично достовірної різниці з контролем, а отже не підтверджували хронічну токсичну дію, значення КЦЗ були на рівні 0,01. В окремих випадках, за відсутності достовірності, КЦЗ були на рівні 0,02. Проте це відбувалося за тривалості експозиції 7 та 21 добу, що не визнано оптимальним терміном хронічного експерименту. Отже, якщо вважати об'єктивними показниками результати біотестування за 14-добової експозиції, можна передбачити, що значення  $\text{КЦЗ} \leq 0,01$  свідчать про відсутність хронічної токсичної дії поверхневих вод.

Необхідно зазначити, що використання запропонованого тест-параметра – КЦЗ *E. canadensis* буде виправданим лише для біотестування поверхневих вод правобережних приток р. Прип'ять, за умови статистично достовірної різниці результатів експерименту у варіанті досліду та контролі.

**Висновки.** Найбільш показовою тест-реакцією *E. canadensis* виявилась загальна кількість цитологічних змін рослини у зразках води правобережних приток р. Прип'ять за експозиції тривалістю 14 діб. При цьому встановлено кореляційні залежності тест-реакції з такими показниками якості води, як завислі речовини ( $r=0,67$ ), азот амонійний ( $r=0,56$ ), азот нітритний ( $r=0,59$ ), показник БСК<sub>5</sub> ( $r=0,67$ ), уміст розчиненого у воді кисню ( $r=-0,60$ ), уміст цинку ( $r=0,52$ ) та марганцю ( $r=0,61$ ). Як тест-параметр при оцінюванні хронічної токсичної дії поверхневих вод регіону досліджень, доведеним є використання коефіцієнта цитологічних змін *E. canadensis*, що зіставляє суму клітин, які перебувають у стані некрозу,

початкового некрозу та ізотонічного плазмолізу до загальної кількості проаналізованих клітин, з урахуванням тривалості експозиції рослини в досліджуваних зразках води.

### Список використаних джерел

1. Клименко М.О. Гідроекологія. Підручник. / М.О. Клименко, Ю.В. Пилипенко, Ю.Р. Гроховська, О.В. Лянзберг, О.О. Бедункова Херсон: в-во «ОЛДІ-плюс». – 2015 р. – 365 с.
2. Біотестування у природоохоронній практиці: [збірник] / Технічний комітет з стандартизації ТК 82 «Охорона навколишнього природного середовища та раціональне використання ресурсів України». Видання офіційне. Київ 1997. – 240 с.
3. Болсуновский А.Я. Радиоэкологический мониторинг реки Енисей и цитогенетические характеристики водного растения *Elodea canadensis*. / А.Я. Болсуновский, Е.Н. Муратова, А.Г. Суковатый и др. // Радиационная биология. Радиоэкология. 2007. – №47(1). – С. 63–73.
4. Саксонов М.Н. Метод биотестирования по выходу электролитов из клеток элодеи / М.Н. Саксонов, Г.В. Трипузов, Д.И. Стом // Методы биотестирования вод. - Черногоровка, ОИХФ АН СССР –1988. – С. 96-97.
5. Гранин А.В. Влияние азотокислой ртути на фотосинтетическую активность *Elodea Canadensis*, определенной с помощью регистрации замедленной флуорисценции / А.В. Гранин, А.В. Шевченко // Бюллетень ВСНЦ СО РАМН, 2006, №2(48). – С. 20-21.
6. Костишин С.С. Морфофізіологічні зміни *Lemna minor* та *Elodea canadensis* в умовах нафтового забруднення / С.С. Костишин, Н.С. Хорбут // Екологія та ноосферологія. – 2007.– Т. 18, №1-2. – С. 68-76.
7. Бедункова О.А. Диагностика токсичности поверхностных вод по цитологическим изменениям высшей водной растительности / О.А. Бедункова // Экологический вестник. Минск, 2015. Вып. №1 (31). С. 88 – 93.
8. ДСТУ 4107-2002 (ISO 5667-16:1998, MOD) Якість води. Відбір проб. Частина 16. Настанови з біотестування. – Київ: Держспоживстандарт України. – 2003. – 38 с.
9. Перечень рыбохозяйственных нормативов: предельно допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно безопасных уровней воздействия (ОБУВ) вредных веществ для воды водных объектов, имеющих рыбохозяйственное значение. – М: ВНИИРО. 1999. – 304 с.

### References

1. Klymenko M., Pylypenko Yu., Hrokhovska Yu., Lianzberh O., Biedunkova O. (2015). Hidroekolohiia. Pidruchnyk. [Hydroecology. Textbook]. Kherson, Ukraine: OLDI-plus, 365.
2. Biotestuvannia u pryrodookhoronniy praktytsi: [zbirnyk] / Tekhnichnyi komitet z standartyzatsii TK 82 «Okhorona navkolyshnoho pryrodnoho seredovishcha ta ratsionalne vykorystannia resursiv Ukrainy». Vydannia ofitsiine. [Biotesting in environmental practice [collection] / Technical Committee for Standardization TC 82 «Environmental protection and rational use of resources of Ukraine». [Official Publication.] (1997). Kyiv, 240.
3. Saksonov M., Tripuzov G., Stom D. (2007). Radiojekologicheskij monitoring reki Enisej i citogeneticheskie harakteristiki vodnogo rastenija *Elodea canadensis*. [Radioecological monitoring of the Yenisei River and cytogenetic characteristics of the *Elodea canadensis* aquatic plant]. Radiation Biology. Radioecology, 47(1), 63-73.

4. Saksonov M., Tripuzov G., Stom D. (1988). Metod biotestirovanija po vyhodu jelektrolitov iz kletok jelodei [The method of bioassay for the output of electrolytes from *Elodea* cells]. Methods of water biotesting. Chernogolovka, Russian, 96-97.

5. Granin A., Shevchenko A. (2006). Vlijanie azotnokisloj rtuti na fotosinteticheskuju aktivnost' *Elodea Canadensis*, opredelennoj s pomoshh'ju registracii zamedlennoj fluoriscencii [The effect of nitric acid mercury on the photosynthetic activity of *Elodea Canadensis*, determined by recording delayed fluorescence] / Bulletin VSSC of the RAMS, 2(48), 20-21.

6. Kostyshyn S.S., Khorbut N.S. (2007). Morfofiziologichni zminy *Lemna minor* ta *Elodea canadensis* v umovakh naftovoho zabrudnennia [Morphological changes *Lemna minor* and *Elodea canadensis* in terms of oil pollution] / Ecology and noosferolohiya, 18(1-2), 68-76.

7. Biedunkova O. (2015). Diagnostika toksichnosti poverhnostnyh vod po citologicheskim izmenenijam vysshej vodnoj rastitel'nosti [Diagnosis of surface water toxicity by cytological changes in higher aquatic vegetation]. Ecological bulletin, 1(31), 88-93.

8. DSTU 4107-2002 (ISO 5667-16:1998, MOD) Yakist vody. Vidbir prob. Chastyna 16. Nastanovy z biotestuvannia. [Water quality. Sampling. Part 16. Guidelines bioassay]. (2003). Kyiv: Derzhspozhyvstandart Ukrainy, 38.

9. Perechen' rybohozajstvennyh normativov: predel'no dopustimyh koncentracij (PDK) i orientirovochno bezopasnyh urovnej vozdeystvija (OBUV) vrednyh veshhestv dlja vody vodnyh obektov, imejushhij rybohozajstvennoe znachenie [The list of fishery management standards: the maximum permissible concentrations and the roughly safe levels of exposure of harmful substances for water of water bodies that are of fishery importance]. (1994). Moscow, Russian: VNIRO, 304.

## **ЦИТОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ *ELODEA CANADENSIS* ПРИ БИОТЕСТИРОВАНИИ ХРОНИЧЕСКОЙ ТОКСИЧНОСТИ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД ПРАВОБЕРЕЖНЫХ ПРИТОК РЕКИ ПРИПЯТЬ**

**О. А. Бедункова**

**Аннотация.** Представлено результаты учета цитологических изменений *Elodea canadensis* в условиях разной продолжительности экспозиции (7, 14, 21 сутки) при оценках хронической токсичности поверхностных вод рек в разные гидрологические сезоны. В каждой серии опытов общее количество цитологических изменений *E. canadensis* было выше в летний период по сравнению с зимним. Результаты биотестирования образцов поверхностных вод в подавляющем большинстве случаев были статистически достоверными относительно контроля ( $p \leq 0,05$ ) при экспозиции 14 суток. При этом наименее многочисленными оказывались клетки в состоянии некроза, несколько больше была численность клеток в состоянии начального некроза и самыми многочисленными оказались клетки в состоянии изотонического плазмолиза. Корреляционный анализ между показателями качества воды и показателями биотестирования показал, что наиболее многочисленные зависимости с умеренно тесной связью характерны для общего количества цитологических изменений тест-объект со взвешенными веществами ( $r=0,67$ ), азотом аммонийным ( $r=0,56$ ), азотом нитритным ( $r=0,59$ ), показателем БПК<sub>5</sub> ( $r=0,67$ ), содержанием растворенного в воде кислорода

( $r=-0,60$ ), содержанием цинка ( $r=0,52$ ) и марганца ( $r=0,61$ ). Предложено использовать в качестве тест-параметра коэффициент цитологических изменений *E. canadensis*, который рассчитывается как отношение общего количества измененных клеток растения ко всем проанализированным, с учетом продолжительности хронического эксперимента.

**Ключевые слова:** цитологические изменения, токсичность, экспозиция.

## CYTOLOGICAL CHANGES IN *ELODEA CANADENSIS* DURING BIOTESTING OF CHRONIC TOXICITY OF SURFACE WATER MONITORED IN PRYPIAT RIVER RIGHT-BANK TRIBUTARIES

**O. Biedunkova**

**Abstract.** *The aim of the presented work was to examine the cytological changes in *Elodea canadensis* after exposure of different duration during the chronic toxicity assessments of river surface water for different hydrological seasons.*

*The experiments were carried out at different exposure times (7, 14, 21 days). In each series of experiments, the total number of cytological changes of *E. canadensis* was higher in summer compared to winter. The results of toxicity biotesting of surface water in representative control sites in most cases were statistically significant compared with control ( $p \leq 0.05$ ) in case of the 14-day exposure.*

*The researcher conducted a correlation analysis between the water quality indicators and biotesting parameters. Nonetheless, the total number of cytological changes in the test object was characterized by the most numerous dependencies with the medium strength of relationship. Those pairs of variables included the following: suspended solids ( $r=0.67$ ), ammonia nitrogen ( $r=0.56$ ), nitrate-nitrogen ( $r=0.59$ ), the  $BOD_5$  rate ( $r=0.67$ ), the content of dissolved oxygen ( $r=-0.60$ ), zinc ( $r=0.52$ ), and manganese ( $r=0.61$ ).*

*Basing on the obtained results, the author suggests using cytological changes coefficient for the *E. canadensis* test object as a summarizing indicator within the biological assessment of surface water chronic toxicity. The noted indicator presents the ratio of the number of cells that are in a state of necrosis, initial necrosis and isotonic plasmolysis to the total number of analysed cells, while taking into account the duration of the plants' exposure to the studied water samples.*

**Key words:** cytological changes, toxicity, exposure.

## ШКІДЛИВІСТЬ КОРЕНЕВИХ ГНИЛЕЙ ЯЧМЕНЮ ЯРОГО

**Д. Т. ГЕНТОШ**, кандидат сільськогосподарських наук, доцент

**І. Д. ГЕНТОШ**, аспірант

**М. М. КИРИК**, доктор біологічних наук, професор

**Національний університет біоресурсів і природокористування  
України**

*E-mail:* gentoshirina@ukr.net

**Анотація.** Досліджено поширення та шкідливість кореневих гнилей ячменю ярого. Хвороба дуже поширена протягом усього вегетаційного періоду ячменю ярого і охоплює 30,0% рослин у період сходів, 40% – у період куцнення та 60,0% – у період молочно-воскової стиглості рослин. Інтенсивність розвитку хвороби перебуває в межах від 10,0% до 15,0% залежно від фази розвитку.

Установлено вплив ураженості ячменю ярого кореневими гнилями на елементи структури врожаю та на біометричні показники рослин.

Ріст і розвиток рослин ячменю ярого значно уповільнювався зі збільшенням ступеня їх ураженості. Як свідчать дані, при сильному розвитку хвороби (75-100%) висота рослин зменшувалася на 20,3-24,45см порівняно зі здоровими (90,25см). Аналогічна закономірність спостерігалась і стосовно зниження довжини кореня та його маси залежно від ступеня розвитку кореневих гнилей.

Ураженість рослин кореневими гнилями в наших дослідженнях значно впливала на елементи структури врожаю. Найбільш чутливим елементом структури врожаю, що реагує на збудника хвороби, є кількість насіння з однієї рослини. Так, при розвитку хвороби 25 і 50% цей показник знижувався на 2,95 і 5,40 шт. відповідно, а при 75 і 100% – на 8,40 і 9,95 шт.

**Ключові слова:** ячмінь ярий, поширення кореневих гнилей, шкідливість кореневих гнилей ячменю ярого, захист рослин, урожайність.

**Актуальність.** Захист ячменю ярого від кореневих гнилей значною мірою ускладнюється через різноманітний видовий склад фітопатогенів. Характер поширення хвороби багато в чому залежить від особливостей регіону вирощування. Вивчення поширення та шкідливості збудників кореневих гнилей ячменю ярого має першочергове економічне значення для розроблення заходів, що обмежують їх розвиток в умовах виробництва.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** У літературі накопичений великий експериментальний матеріал з оцінювання шкідливості кореневих гнилей на ячмені. За даними Н. І. Михайлиної [5], наприклад, у чорноземній зоні Поволжя на кожен відсоток розвитку кореневої гнилі маса зерен з одного колоса в урої м'якої пшениці знижується на 0,7%.

Як вказує П. М. Політико [10], за результатами стаціонарних дослідів Технологічного центру НІСГ останніх років і виробничих дослідів, проведених у Рязанській, Орловській і Московській областях Росії, протягом 1989-1998рр. на ярих культурах втрати врожаю від кореневих гнилей коливалися від 15 до 70%, що особливо характерно для ячменю та ярої пшениці.

Ця хвороба є однією з основних причин різкого зниження врожаю ячменю в умовах Башкирії [9]. Аналогічна ситуація спостерігається в Нижньгородській і Самарській областях Росії [10], а також у Білорусії [1]. У Курганській області [8] втрати врожаю ячменю від кореневих гнилей доходять до 10%. Істотне зниження якісних характеристик зерна ячменю під впливом кореневих гнилей відзначається і в Оренбурзькій області Росії [4].

За даними І. П. Таланова [11], в умовах Республіки Татарстан економічно відчутна втрата врожаю ячменю від кореневих гнилей спостерігається при поширеності хвороби на рівні 10%.

Як зазначають А. Є. Чумаков і Т. Н. Захарова [13], захворювання завдає більшої шкоди в роки з гострою нестачею вологи або при різких коливаннях її вмісту в ґрунті. Аналогічні дані отримані й іншими дослідниками. Нашим завданням було дослідити поширення та шкідливості кореневих гнилей ячменю ярого в зоні Правобережного Лісостепу України і розробити математичне моделювання втрат врожаю.

**Мета досліджень** – вивчення шкідливості кореневих гнилей ячменю ярого та розроблення математичних моделей розрахунку втрат в елементах структури врожаю та біометричних показниках культури.

**Матеріали і методи досліджень.** Експериментальні дослідження проводили протягом 2015-2016рр. у лабораторних умовах на кафедрі фітопатології ім. В. Ф. Пересипкіна та на фітодільниці, розташованій на полях ВП НУБіП України «Агрономічна дослідна станція» на ячмені сорту Себастьян за загальноприйнятою методикою [6].

Насіння висівали в строки, рекомендовані для цієї зони вирощування ячменю ярого, відповідно до умов ґрунтово-кліматичної зони на глибину 4-6см з урахуванням температури ґрунту на цій глибині. Посівні якості насіння визначали згідно з методикою [7]. Норма висіву – 4,0 млн. насінин на 1га. Повторність дослідів чотириразова. Для розміщення схеми дослідних ділянок було обрано систематичний метод [2].

Ураженість і її ступінь визначали візуально, проглядаючи прикореневу та кореневу частину рослин, відібраних для аналізу. Хворі рослини залежно від ступеня ураженості оцінювали за 4-бальною шкалою [6].

**Результати дослідження та їх обговорення.** У результаті проведених обстежень посівів ячменю на ураженість рослин збудниками кореневих гнилей виявлено поширення хвороби протягом усього вегетаційного періоду. Перші її ознаки спостерігалися в період сходів рослин ячменю ярого, коли поширення хвороби становило 22,5%, а інтенсивність розвитку – 6,25% (табл. 1).

## **1. Поширення кореневих гнилей ячменю ярого в умовах ВП НУБіП України «Агрономічна дослідна станція» (Сорт Себастьян, 2015-2016рр.)**

Рік дослідження	Сходи		Кущення		Молочно-воскова стиглість	
	Поширення хвороби, %	Розвиток хвороби, %	Поширення хвороби, %	Розвиток хвороби, %	Поширення хвороби, %	Розвиток хвороби, %
Середнє за 2015-2016рр.	22,5	6,25	30	10,13	50	14,75

Облік у період кущення установив, що показники поширення та розвитку хвороби зросли на 7,5% та 3,88% відповідно, порівняно з фазою сходів рослин ячменю.

У період молочно-воскової стиглості рослин ячменю ярого виявлено поширення хвороби на рівні 50,0% а її розвиток – на рівні 14,75%.

Отже, для корневих гнилей ячменю ярого притаманна інтенсивність поширення. Тому важливе економічне значення має вивчення їхньої шкідливості.

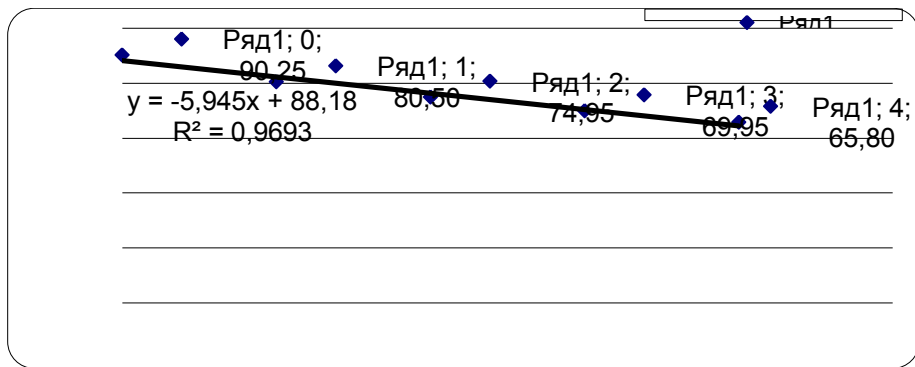
Про суттєвий вплив патогена на ріст і розвиток ячменю ярого свідчать результати проведеного структурного аналізу здорових і хворих рослин. При збільшенні ступеня ураженості біометричні показники ставали нижчими.

Ріст і розвиток рослин ячменю ярого значно уповільнювався зі збільшенням ступеня їх ураженості, як свідчать дані, наведені в таблиці 2. При сильному розвитку хвороби, що становив 75-100%, висота рослини зменшувалася на 20,3-24,45см порівняно зі здоровими (90,25см.).

## 2. Вплив ураженості ячменю ярого корневими гнилями на біометричні показники рослин (сорт Себастьян, ВП НУБіП України «Агрономічна дослідна станція», 2015-201 рр.)

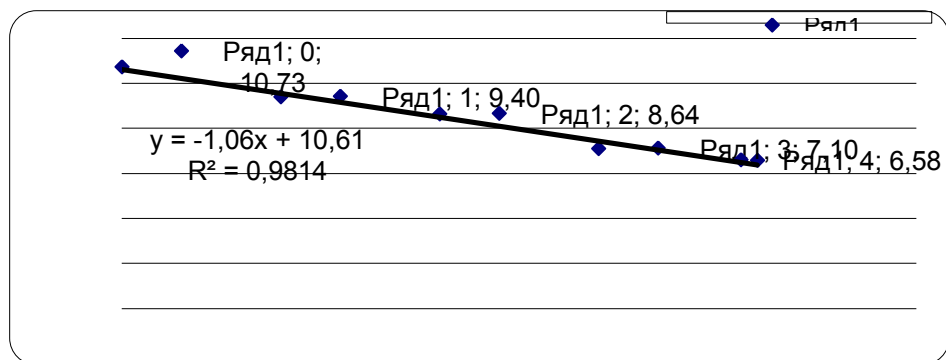
Біометричні показники	Бал ураженості					
	0	1	2	3	4	НІР <sub>05</sub>
Висота рослини, см	90,25	80,5	74,95	69,95	65,8	1,05
Довжина кореня, см	10,73	9,4	8,65	7,1	6,45	0,44
Маса кореня, г	0,845	0,76	0,65	0,56	0,44	0,11

Нами встановлений тісний зворотний кореляційний зв'язок між ступенем ураженості та висотою стебла ( $r=-0,969$ ). Цю залежність виражено у рівнянні регресії  $Y=-5,945X+88,18$  (рис. 1.).



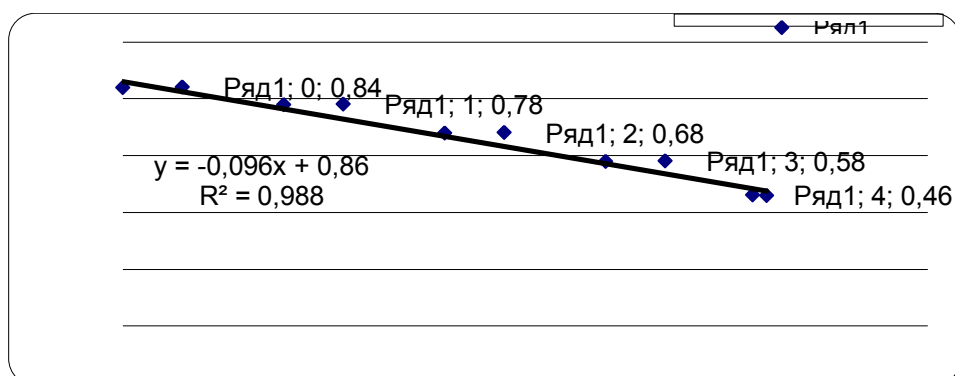
**Рис. 1. Залежність між розвитком хвороби та висотою стебла рослин ячменю ярого:** 0 – здорові рослини; 1– перший бал ураженості; 2 – другий бал; 3 – третій бал; 4 – четвертий бал ураженості (сорт Себастьян, ВП НУБіП України «Агрономічна дослідна станція», 2015-2016рр.).

Аналогічна закономірність спостерігалась і стосовно зниження довжини кореня залежно від ступеня розвитку кореневих гнилей. Так, при розвитку хвороби в межах 25-50% довжина кореня зменшувалася на 1,33-2,09см., а при 75-100% – на 3,63-4,28см порівняно з неураженими рослинами (10,73см). Зниження довжини кореня залежно від ураженості підтверджує коефіцієнт кореляції ( $r = -0,981$ ), що виражено у рівнянні регресії  $Y = -1,06X + 10,61$  (рис. 2).



**Рис. 2. Залежність між розвитком кореневих гнилей та довжиною кореня рослин ячменю ярого:** 0 – здорові рослини; 1– перший бал ураженості; 2 – другий бал; 3 – третій бал; 4 – четвертий бал ураженості (сорт Себастьян, ВП НУБіП України «Агрономічна дослідна станція», 2015-2016рр.).

Ступінь розвитку хвороби суттєво впливає і на масу кореня. При її розвитку на рівні 25-50% маса кореня зменшувалася на 0,6-1,6г, а при 75-100% – на 0,26-0,38г порівняно із неураженими рослинами, у яких цей показник становив 0,84г (рис. 3).



**Рис. 3. Залежність між розвитком корневих гнилей та масою кореня рослин ячменю ярого: 0 – здорові рослини; 1– перший бал ураженості; 2 – другий бал; 3 – третій бал; 4 – четвертий бал ураженості (сорт Себастьян, ВП НУБіП України «Агрономічна дослідна станція», 2015-2016рр.).**

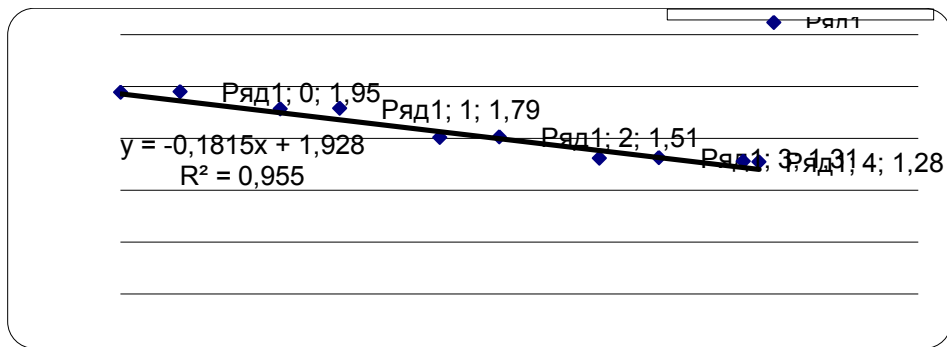
Нами встановлено тісний зворотній кореляційний зв'язок між цими показниками. Коефіцієнт кореляції в цьому випадку становив  $r = -0,988$ . Зниження маси кореня ячменю ярого залежно від бала ураженості корневими гнилями виражено у рівнянні регресії  $Y = -0,096X + 0,86$  (див. рис. 3).

Ураженість рослин корневими гнилями в наших дослідженнях значно впливала на елементи структури врожаю. Так, маса насіння з уражених рослин, з ураженістю 1, 2, 3 і 4 балів була нижчою, ніж здорових, відповідно, на 1,6; 0,43; 0,635 і 0,67г, а маса 100 насінин – відповідно, на 3,95; 6,5; 9,8 і 11,2г (табл. 3).

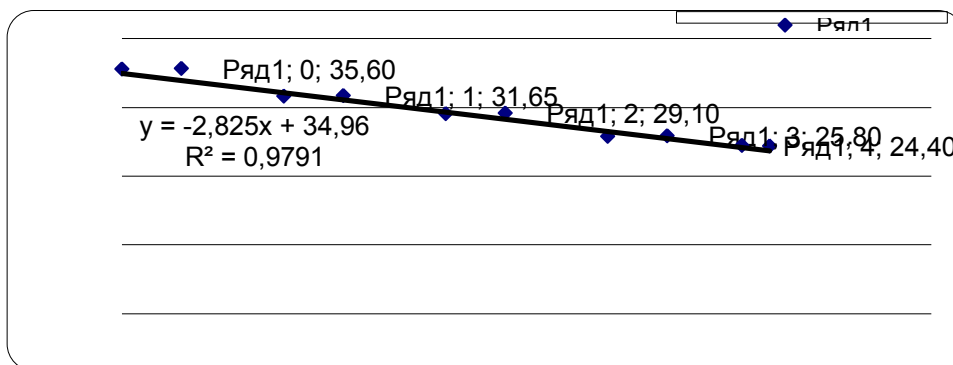
### **3. Вплив ураженості ячменю ярого корневими гнилями на елементи структури врожаю (сорт Себастьян, ВП НУБіП України «Агрономічна дослідна станція», 2015-2016рр.)**

Елементи структури врожаю	Бал ураженості					НІР <sub>05</sub>
	0	1	2	3	4	
Довжина колоса, см	5,55	5,2	4,92	4,33	4,055	0,195
Кількість насіння з рослини, шт.	36,15	33,2	30,75	27,65	26,2	1,13
Маса насіння з рослини, г	1,945	1,785	1,51	1,31	1,275	0,24
Маса 1000 насінин, г	35,6	31,65	29,1	25,8	24,4	1,15

Залежність між цими показниками перебуває в тісних зворотних кореляційних зв'язках ( $r = -0,955$ ,  $r = -0,979$ ) і виражена у рівняннях регресії  $Y = -0,181X + 1,928$  (рис. 4); та  $Y = -2,825X + 34,96$  (рис. 5).

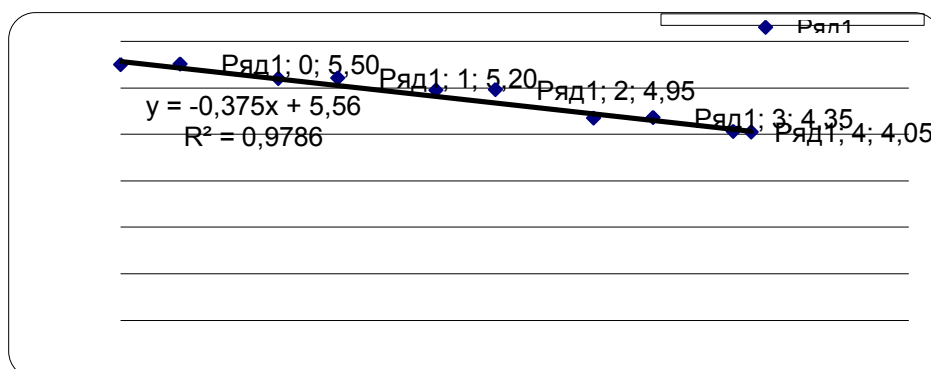


**Рис. 4. Залежність між розвитком хвороби та масою насіння з рослини ячменю ярого: 0 – здорові рослини; 1– перший бал ураженості; 2 – другий бал; 3 – третій бал; 4 – четвертий бал ураженості (сорт Себастьян, ВП НУБіП України «Агрономічна дослідна станція», 2015-2016рр.).**



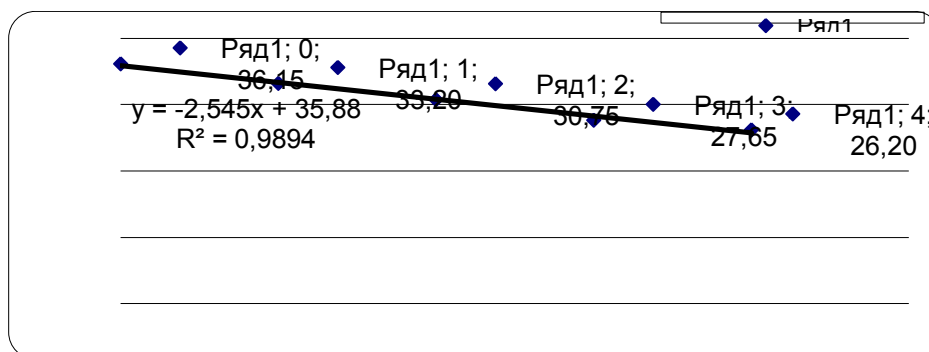
**Рис. 5. Залежність між розвитком хвороби та масою 1000 насінин ячменю ярого: 0 – здорові рослини; 1– перший бал ураженості; 2 – другий бал; 3 – третій бал; 4 – четвертий бал ураженості (сорт Себастьян, ВП НУБіП України «Агрономічна дослідна станція», 2015-2016рр.).**

Розвиток хвороби на 25-50% спричинював зниження довжини колоса відповідно на 0,35-0,63 см, а при 75-100% – на 1,22-1,495см, порівняно із здоровими рослинами (5,55см). Коефіцієнт кореляції рівний ( $r=-0,978$ ). Зниження довжини колоса ячменю ярого залежно від бала ураження кореневими гнилями виражено у рівнянні регресії  $Y=-0,375X+5,56$  (рис. 6).



**Рис. 6. Залежність між розвитком хвороби та довжиною колоса ячменю ярого: 0 – здорові рослини; 1– перший бал ураженості; 2 – другий бал; 3 – третій бал; 4 – четвертий бал ураженості (сорт Себастьян, ВП НУБіП України «Агрономічна дослідна станція», 2015-2016рр.).**

Найбільш чутливим елементом структури врожаю, що реагує на збудника хвороби, є кількість насіння з однієї рослини. Так, при розвитку хвороби 25 і 50% цей показник знижувався на 2,95 і 5,40 шт. відповідно, а при 75 і 100% – на 8,40 і 9,95 шт. Між ними встановлено тісний зворотний кореляційний зв'язок ( $r=-0,989$ ), а залежність виражена у рівнянні регресії  $Y=-2,545X+35,88$  (рис. 7).



**Рис. 7. Залежність між розвитком корневих гнилей та кількістю насіння з рослини ячменю ярого:** 0 – здорові рослини; 1 – перший бал ураженості; 2 – другий бал; 3 – третій бал; 4 – четвертий бал ураженості (сорт Себастьян, ВП НУБіП України «Агрономічна дослідна станція», 2015-2016рр.).

**Висновки і перспективи.** У районі проведення досліджень (Правобережному Лісостепу України) кореневі гнилі ячменю ярого дуже поширені протягом усього його вегетаційного періоду і охоплюють 30,0% рослин у період сходів, 40% – під час кушення та 60,0% – у період молочно-воскової стиглості рослин. Інтенсивність розвитку хвороби становить від 10,0% до 15,0% залежно від фази розвитку.

Встановлено зворотний кореляційний зв'язок між ступенем ураженості корневими гнилями і масою насіння з рослини та маса 1000 насінин ( $r=-0,955$ ;  $r=-0,979$ ), довжиною колоса та кількістю насіння з однієї рослини ( $r=-0,978$ ;  $r=-0,989$ ). Розраховано рівняння регресії для визначення зниження цих показників (Y) залежно від розвитку хвороби (X) у фазу сходів ( $Y=-0,181X+1,928$ ;  $Y=-2,825X+34,96$ ;  $Y=-0,375X+5,56$ ;  $Y=-2,545X+35,88$ ).

#### Список використаних джерел

1. Буга, С.Ф. Интегрированная система защиты ячменя от болезней / С.Ф. Буга -Мн.: Ураджай, 1990.-152 с.
2. Гешеле, Е.Е. Методическое руководство по фитопатологической оценке зерновых культур / Е.Е. Гешеле – Одеса. – 1982. – 78 с.
3. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта. – 5-е изд., доп. и перераб. / Б.А. Доспехов – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
4. Лухменев, В.П. Урожайность и качество зерна в связи с пораженностью ржавчиной и корневой гнилью в Оренбуржье //Качество продукции растениеводства и приемы его повышения (материалы региональной научной конференции)/ В.П. Лухменев - Уфа: БГАУ, 1998. - С. 125-129.
5. Михайлина, Н. И. Корневая гниль яровой пшеницы в условиях Саратовской области и агротехнические способы борьбы с ней. - В кн.: Корневые гнили хлебных злаков и меры борьбы с ними / Михайлина Н.И.-М.: Колос, 1970. - С. 33-36.

6. Методы фитопатологических и энтомологических исследований в селекции растений/ Науч. труды ВАСХНИЛ / под ред. Ю.Н. Фадеева и А.А. Кузьмичева. -М.: Колос, 1977.- 185 с.
7. Насіння сільськогосподарських культур. Методи визначення якості: ДСТУ 4138-2002. – Видання офіційне. – К.: Держспоживстандарт України, 2003. – 173 с.
8. Немченко, В.В., Эффективные приемы использования фунгицидов и биопрепаратов на зерновых культурах / В.В. Немченко, С.Д. Гилев, К.В. Галактионов– Курган: Курганский НИИСХ, 2002. - 42 с.
9. Недорезков, В. Д. Биологическая защита пшеницы от болезней в условиях Южного Урала / В. Д. Недорезков - М.:МСХА, 2002. - 173 с.
10. Нижарадзе, Т.С. Сравнительная оценка влияния физических, химических и биологических методов предпосевной обработки семян на устойчивость к болезням, развитие и продуктивность зерновых культур в лесостепи Среднего Поволжья. Автореф. дисс. канд. с.-х. н. / Т.С. Нижарадзе - Кинель: Самарская ГСХА, 2004. - 24 с.
11. Политыко, П. М. Эффективность фунгицидов. / П. М. Политыко, Л. Н. Назарова, С. С. Санин // Защита растений. - 1985. - №12. - С. 7.
12. Таланов, И. П. Агротехника против корневых гнилей // Защита и карантин растений / И. П. Таланов- 2001. - №4. - С. 30.
13. Чумаков, А.Е., Захарова Т.И. Вредоносность болезней сельскохозяйственных культур / А.Е. Чумаков, Т. И. Захарова - М.: Агропромиздат, 1990. -126 с.

#### References

1. Buga, S.F. (1990) Integrovanaiy sistema zachitu iachmenia ot bolezney [The integrated system of barley protection against diseases]. Uradzhai,152 p.
2. Geshele, E.E. (1982) Metodologicheskoe rykovodstvo po sisteme zernovuh kyltyr [Methodical guidelines for the phytopathological assessment of cereals]. Odessa,78 p.
3. Dospheov, B.A. (1985) Metodica polevogo opyta [Methodology of field experience]. Agropromizdat, 351 p.
4. Luhmenev, V.P. (1998) Yield and quality of grain in connection with damage to rust and root rot in Orenburg region // The quality of crop production and methods of its improvement (materials of the regional scientific conference). - Ufa: BSAU,. 125-129.
5. Mikhailina, N.I. (1970) Kornevaia gnii iarovoi pshenitcu v Saratovscoi oblasti I agrotehnicheskie sposobu boribu s ney. V kn. Kornevui gnuli xlebnux zlakov I meru boribi s nimi [Root rot of spring wheat in the conditions of the Saratov region and agrotechnical methods of fighting it. - In: Root rot of cereals and measures to combat them] Moscow, 33-36.
6. Methods of phytopathological and entomological studies in plant breeding / Nauch. Works of VASKhNIL; Ed. Yu.N. Fadeeva and A.A. Kuzmicheva. -M .: Kolos, 1977. - 185 with.
7. Seeds of agricultural crops. Methods for determining quality: ISO 4138-2002. - Publication of the official. - K .: State Committee of Ukraine, 2003. - 173 p.
8. Nemchenko, V.V., Gilev S.D., Galaktionov K.V.(2002) Efectivnue priiomu ispolzovaniia fungicudov I biopreparatov na zernovuh kylturaх [Effective methods of using fungicides and biologics on cereals]. Kurgan, 42.
9. Nedorezkov, V.D. (2002) Biologicheskaiia zashita pchenitcu ot boleznei v usloviiah lujnogo Urala [Biological protection of wheat from diseases in the conditions of the Southern Urals]. МСХА,173.
10. Nizharadze, T.S. (2004) Sravnitelinaia ochenka vliianiia fizichescih, himicheskikh I beologicheskikh metodov predposevnoi obrabotki semian na ustoichivost k

bolezniam, rozvie I productivnost zernovuh kylvur v Lesostepi Srednogo Povoljja [Comparative evaluation of the influence of physical, chemical and biological methods of presowing seed treatment on disease resistance, development and productivity of cereals in the forest-steppe of the Middle Volga region]. Author's abstract. Diss. Cand. S.-. N. - Kinel: Samara State Agricultural Academy, 24 .

11. Politiko, P.M. (1985) Efektivnost fungicudov [Effectiveness of fungicides]. / P.M. Politiko, L.N. Nazarova, S.S. Sanin, Plant protection. №12.,7.

12. Talanov I.P. (2001) Agrotehnica protiv kornevuh gniley [Agrotechnics against root rot] Protection and quarantine of plants, №4., 30.

13. Chumakov, A. Y., Zakharova, T. I. (1990) Vredonosnost bolezney selschozaistvenuh kylvur [Harmfulness of diseases of agricultural crops]. Moscow, 126 .

## **ВРЕДНОСТНОСТЬ КОРНЕВОЙ ГНИЛИ ЯЧМЕНЯ ЯРОВОГО**

**Д. Т. Гентош, И. Д. Гентош, Н. Н. Кирик**

**Аннотация.** Исследовано распространение и вредоносность корневых гнилей ячменя ярового. Болезнь широко распространена в течение всего вегетационного периода ячменя ярового и охватывает 30,0% растений в период всходов, 40% – период кущения и 60,0% – в период молочно-восковой спелости растений. Интенсивность развития болезни находится в пределах от 10,0% до 15,0% в зависимости от фазы развития.

Установлено влияние поражения ячменя ярового корневыми гнилями на элементы структуры урожая и на биометрические показатели растений.

Рост и развитие растений ярового ячменя значительно замедлились с увеличением степени их повреждения. Как показывают данные, при сильном развитии болезни (75-100%) высота растений уменьшалась на 20,3-24,45см по сравнению со здоровыми (90,25см). Аналогичная закономерность наблюдалась и по снижению длины корня и его массы в зависимости от степени развития корневых гнилей.

Поражение растений корневыми гнилями в наших исследованиях значительно влияло на элементы структуры урожая. Наиболее чувствительным элементом структуры урожая, реагирующий на возбудителя болезни, является количество семян с одного растения. Так, при развитии болезни 25 и 50% этот показатель снижался на 2,95 и 5,40 шт. соответственно, а при 75 и 100% – на 8,40 и 9,95 шт.

**Ключевые слова:** ячмень яровой, распространение корневых гнилей, вредность корневых гнилей ячменя ярового, защита растений, урожайность.

## **HARMFUL ROOT ROT OF SPRING BARLEY**

**D. Gentosh, I. Gentosh, N. Kirik**

**Abstract.** The distribution and harmfulness of root rot of barley is studied. The disease is widespread throughout the vegetative period of spring barley and covers 30.0% of plants during the germination period, 40% – tillering period and 60.0%

during the milky-wax ripeness of plants. The intensity of the disease is in the range from 10.0% to 15.0%, depending on the phase of development.

The influence of the damage of barley on the elements of the structure of the crop and on the biometric indices of plants was determined.

Growth and development of spring barley plants significantly slowed down with increasing degree of their damage, as evidence shows with strong disease development - 75-100% height of the plant decreased by 20,3-24,45cm, compared with healthy (90,25cm). A similar pattern was observed in relation to the decrease in the length of the root and its mass, depending on the degree of development of root rot.

The defeat of plants by root rot in our studies significantly influenced the elements of the structure of the crop. The most sensitive element of the structure of the crop that reacts to the pathogen, is the number of seeds from one plant. So, with the development of the disease 25 and 50%, this indicator decreased by 2.95 and 5.40pcs. Respectively, and at 75 and 100% - at 8.40 and 9.95pcs.

**Keywords: spring barley, distribution of root rot, harmful root rot of barley, plant protection, yield.**

## НАЦІОНАЛЬНИЙ ПРИРОДНИЙ ПАРК «ОЛЕШКІВСЬКІ ПІСКИ»

**В. І. ГЕТЬМАН**, кандидат географічних наук  
*Київський національний університет імені Тараса Шевченка*  
*E-mail: wi.getman@gmail.com*

**Анотація.** Територію НПП «Олешківські піски» називають «Олешківською пустелею», «найбільшою пустелею в центральній Європі». Надзвичайно цікава історія природно-геологічного розвитку масиву Олешківських (Нижньодніпровських) пісків.

Національний природний парк «Олешківські піски» – важливий осередок природного різноманіття України. Біотичну своєрідність його території значною мірою визначено місцевим ландшафтним різноманіттям.

У статті аналізуються особливості геолого-геоморфологічної будови, флори і фауни національного парку, коротко описано маршрути екологічних стежок природно-заповідними територіями.

**Ключові слова:** національний природний парк, ландшафтне різноманіття, флора, фауна.

**Актуальність.** Відповідно до Указу Президента України від 23 лютого 2010 р. у межах території Голопристанського, Олешківського (Цюрупинського) районів та Новокаховської міської ради Херсонської області створено національний природний парк «Олешківські піски». Загальна площа парку становить 8020,36га.

Національний природний парк (НПП) «Олешківські піски» розміщений на двох нижньодніпровських аренах (піщаних рівнинах) лівобережжя Дніпра – Козачелазерській і Чалбаській – та прилеглих до них територіях. Його територію складають просторово розірвані ділянки, зокрема Раденська на Козачелазерській та Буркутська на Чалбаській аренах. У структурі парку виділено два природоохоронних науково-дослідних відділення (ПНДВ): «Раденське» та «Буркути».

Територію НПП «Олешківські піски» називають «Олешківською пустелею», «найбільшою пустелею в центральній Європі». Того, хто вперше побачить цю землю, охоплює якесь дивне і навіть містичне почуття перебування в дикому краю. І це відповідає дійсності.

**Результати дослідження та їх обговорення.** Історико-географічне вивчення території (окремі знахідки стоянок давніх людей) свідчать про перебування тут людини в доісторичні часи. Водночас наявність на території Олешківських пісків предметів матеріальної культури різних епох – від палеоліту до середньовіччя – означає, що територія була більше заселена людиною в минулому, ніж сьогодні. Також найбільша кількість стоянок на окраїнах дає підстави вважати, що периферія мала більшу густоту заселення, ніж внутрішні масиви арен.

Перша згадка про Олешки як місто у складі Київської Русі належить до 1084 р. Тут, на місці міста, в 1711-1728рр. було розташовано запорозьку Олешківську Січ, яка виникла на землях тодішнього Кримського ханства після зруйнування у 1709р. Чортомлицької (Старої) Січі.

З природничого погляду Нижньодніпровські (Олешківські) піски утворилися завдяки переміщенню річища Дніпра на захід під впливом відхиляючої сили обертання Землі (коріолісового прискорення) та відкладанню піщаних алювіальних наносів. В античні часи р. Дніпро (тоді – Борисфен) виходив до Чорного моря (тоді – Евксіньського Понта) в районі сучасної Каркінітської затоки. За минулий час (понад 2,5 тис. років) Дніпро, підмиваючи правий берег, перемістився до сучасного русла, залишивши по собі величезні піщані арени.

Тоді на місці нинішніх Олешківських пісків були родючі піщані ґрунти (родючі мулові наноси ріки) з високими травами і густими лісами. Славнозвісний давньогрецький історик Геродот називав ці місця Гілеєю (гр. «Полісся») – Країною лісів [2].

«Батько історії» пише: «Якщо перейти Борисфен (який був на той час, за його словами, найбільш повноводною річкою після Нілу, з заходу – Авт.), перша від моря країна – Гілея». Це були простори незайнятих людиною, багатих звіриною і птаством, пишних рослинністю (майже «тропічних») лісів. Принаймні в античні часи на місці сучасних пісків шуміли могутні зелені діброви! Це були густі заплавні ліси у Пониззі Дніпра (дельті).

За свідченнями очевидців ще у XVIII ст. тут були густі ліси з дуба, берези, вільхи, осики, в яких водилися дикі кабани, козулі і навіть олені [1]. Проте ліси Гілеї з давніх пір нещадно знищувалися для потреб людини. Величезної шкоди завдавало Олешшю інтенсивне випасання овець. Оголені піски видувалися вітрами та почали наступати на прилеглі степи, перетворюючи їх на безплідні землі.

Уже в середині XIX ст. виникла необхідність заліснення пісків, але реалізувати ці наміри вдалося тільки у XX ст. починаючи з 50-х років, коли було розроблено та використано технології висаджування сосни в піщані ґрунти Олешшя. Тільки Козачелазерська арена Нижньодніпровських пісків залишилась єдиною майже незалісеною [4].

Однак територія НПП «Олешківські піски» на сьогодні являє собою унікальний для Європи ландшафт псамофітних різнотравно-дернинно-злакових степів, піщаних дюн (кучугур) і листяних гайків у міжкучугурних зниженнях, у межах якого зосереджено близько 500 видів судинних рослин (30 з яких занесено до різних природоохоронних списків), а фауна лише безхребетних нараховує близько 3000 видів [3].

У геоморфологічному аспекті територія розміщується на Нижньодніпровській терасово-дельтовій рівнині, яка за особливостями рельєфоутворення та природними умовами найбільш різко виділяється серед степової зони України.

Специфіка її рельєфу полягає у наявності значних піщаних масивів алювіального походження, які розглядаються геоморфологами як перша надзаплавна (борова) тераса р. Дніпра. Ці сім великих піщаних масивів-арен простягаються на 150км уздовж заплави Дніпра і Дніпровського лиману від Нової Каховки до Кінбурнської коси.

Флора НПП «Олешківські піски» є досить репрезентативною до Нижньодніпровського піщаного масиву. До різних природоохоронних списків внесено 21 вид рослин, що становить близько 5% від загальної кількості видів.

На території національного парку нараховано до 400-500 видів судинних рослин. Важливою особливістю флори парку є значний відсоток ендемічних видів, зокрема волошка короткоголова (*Centaurea breviceps* Iljin), юринія пухка (*Jurinea laxa* (Fisch.) Korsh. ex Iljin), чебрець дніпровський (*Thymus borysthenticus* Klokov et Shost.) тощо.

Ендемічний вид Нижнього Придніпров'я береза дніпровська (*Betula borysthentica* Klokov) утворює березові гайки (колки), які зростають в улоговинах серед піщаних кучугур або в зниженнях (подах) серед псамофітних степів. То рідше, то густіше вони поширені по всій території пісків [5].

Цікавою і багатогою є фауна НПП «Олешківські піски». Так, на території парку зареєстровано 28 видів комах, які внесено в різні природоохоронні списки: до Міжнародної Червоної книги (IUSN) – 2, Європейського червоного списку – 5, до Червоної книги України – 27 видів. До таких видів належать: емпуза піщана (*Empusa pennicornis* (Pallas, 1773), скарабей священний (*Scarabaeus sacer* (Linnaeus, 1758), вусач земляний – хрестоносець (*Dorcadion equestre* (Laxmann, 1770) та ін.

Серед птахів налічується 93 види, які мають різний природоохоронний статус. Із них 14 видів внесено до Червоної книги України, а 8 – до Європейського червоного списку. Наприклад, із занесених до Червоної книги України на водоймах Козачелазерської та Буркутської ділянок національного парку зрідка може траплятися пелікан рожевий (*Pelecanus onocrotalus* (Linnaeus, 1758). [4].

Для глибшого ознайомлення з національним парком можна скористатися його туристичним маршрутом «Піщані дюни». Початок – у Новій Каховці або Херсоні (з відвіданням музеїв). Від м. Нової Каховки маршрут проходить через с. Кринки – с. Саги – с. Костогризове – с. Буркути, від м. Херсона – через с. Саги – с. Пролетарка – с. Раденськ – с. Костогризове – с. Буркути [5].

У селах Пролетарці та Раденську передбачено екскурсію територією колишнього полігону Міноборони України, відвідання реліктових дібров берези дніпровської, знайомство з унікальним ландшафтом дюнних пісків, ночівля, переїзд на приміському поїзді від станції «Раденськ» до станції «Костогризове». У Сагах – відвідання ландшафтного заказника «Саги», екскурсія у вільхові замкнуті саги-западни, переїзд на приміському поїзді від станції «Цюрупинськ» до станції «Костогризове». У с. Костогризове на екотуристів чекає етнографічна екскурсія в садибу гончара, знайомство з традиційним гончарним промислом; перехід до с. Буркути. У Буркутах – відвідання реліктових дубових лісів, урочища Буркути, лук, солончаків і унікальних верхових боліт на пісках; повернення по залізниці у м. Херсоні.

**Висновки і перспективи.** Територія НПП «Олешківські піски» являє собою унікальний полігон для геоморфологічних, геоботанічних, ландшафтних та інших наукових досліджень, зокрема демураційних (вторинних) сукцесій. Тут можна відшукати і скласти цілу мозаїку серійних рядів ландшафтних фацій, на основі яких будуються динамічні моделі епіфації (за В. Сочавою, 1978).

Також перспективними дослідженнями в парку є спостереження за динамікою піщаних утворень та їхніми змінами у просторі і часі, тобто дослідження динаміки мікрорельєфу. Важливим напрямом геоморфологічних досліджень є спостереження за швидкістю вітрової ерозії в різних типах геореалів (за В. Пащенко. 1993). Для цього треба закласти на території НПП «Олешківські піски» (заповідна зона) сітку відповідно обладнаних геоморфологічних майданчиків і полігонів-трансектів.

Одним з основних завдань діяльності НПП «Олешківські піски» є організація та здійснення науково-дослідних робіт з вивчення природних комплексів та їхніх змін (зокрема, в умовах рекреаційного використання), розроблення та впровадження наукових рекомендацій з питань охорони навколишнього природного середовища, відновлення порушених екосистем, управління та ефективного використання природних ресурсів, організації та проведення моніторингу природного (ландшафтного) різноманіття.

#### **Список використаних джерел**

1. Агбунов М.В. Путешествие в загадочную Скифию / М.В. Агбунов. – М.: Наука, 1989. – 191 с. 31 ил. – (Серия «Страницы истории нашей Родины»).
2. Геродот. История в девяти книгах. – Л.: Наука, 1972. – 600 с.
3. Наукове обґрунтування національного природного парку «Олешківські піски» / Звіт з науково-дослідної роботи. – Херсон: Херсонський державний університет, 2008. – 171 с.
4. Природа Херсонської області. Фізико-географічний нарис / Відп. ред. М.Ф. Бойко. – К.: Фітосоціоцентр, 1998. – 120 с.
5. Проект організації території національного природного парку «Олешківські піски», охорони, відтворення та рекреаційного використання його природних комплексів і об'єктів, затверджений наказом Міністерства екології та природних ресурсів України від 29 вересня 2014 р. №295.

#### **References**

1. Ahbunov M.V. Travel to the mysterious Scythia / M.V. Ahbunov – M.: Nauka, 1989. – 191 p. 31 – (A series of «Pages of history of our Motherland»).
2. Herodot. History in nine books. – L.: Nauka, 1972. – 600 p.
3. Scientific substantiation of National Park «Oleshky Sands» / report of research. – Kherson: Kherson state university, 2008. – 171 p.
4. Nature of Kherson region. Physiogeographic outline / Resp. red. M.F. Boyko. – K.: Fitosociocentr, 1998. – 120 p.
5. Project of the organization of the National Park «Oleshky Sands», protection, restoration and recreational use of its natural complexes and facilities, approved by the Ministry of Ecology and Natural Resources of Ukraine from 29 September 2014. №295.

### **НАЦИОНАЛЬНЫЙ ПРИРОДНЫЙ ПАРК «ОЛЕШКОВСКИЕ ПЕСКИ»**

**В. И. Гетьман**

**Аннотация.** Территорию НПП «Олешковские пески» называют «Олешковской пустыней», «самой большой пустыней в центральной Европе». Необыкновенно интересна история природно-геологического развития массива Олешковских (Нижнеднепровских) песков.

*Национальный природный парк «Олешковские пески» – важный центр природного разнообразия Украины. Биотическое своеобразие его территории в значительной мере определено местным ландшафтным разнообразием.*

*В статье анализируются особенности геолого-геоморфологического строения, флоры и фауны национального парка, кратко описаны маршруты экологических троп природно-заповедными территориями.*

**Ключевые слова:** *национальный природный парк, ландшафтное разнообразие, флора, фауна.*

## **NATIONAL PARK «OLESHKY SANDS»**

**V. Getman**

**Abstract.** *The territory of SPE "Oleshky Sands" is called "Oleshkovskaya desert", "the largest desert in central Europe". Extremely interesting is the history of the natural-geological development of the massif of the Oleshkovsky (Lower Dnieper) sands.*

*The national nature park "Oleshky Sands" is an important center of Ukraine's natural diversity. The biotic originality of its territory is largely determined by local landscape diversity.*

*The article analyzes the features of the geological-geomorphological structure, flora and fauna of the national park, briefly describes the routes of ecological trails with nature-protected territories.*

**Keywords:** *national park, landscape diversity, flora, fauna.*

## ТОКСИЧНІСТЬ ХЛОРФЕНОЛІВ У ВОДНОМУ СЕРЕДОВИЩІ ЗА ДОПОМОГОЮ КОМПЛЕКСНОГО БІОТЕСТУВАННЯ НА ТВАРИННИХ І РОСЛИННИХ ТЕСТ-ОРГАНІЗМАХ

**В. Ф. КОВАЛЕНКО**, кандидат біологічних наук

**І. А. ЗЛАЦЬКИЙ**, кандидат біологічних наук

**О. В. ДАЦКЕВИЧ**, доктор хімічних наук

**А. В. НАНІЄВА**, провідний інженер

**А. М. ГОЛОВКОВ**,  аспірант

*Інститут колоїдної хімії та хімії води імені А. В. Думанського  
НАН України*

*E-mail: Leschij\_1@ukr.net*

***Анотація.** За допомогою комплексного біотестування досліджено ступінь токсичності похідних сполук хлорування фенолу. Встановлено, що хлорування природних поверхневих вод призводить до утворення токсичних для тест-організмів речовин. Визначено чутливість тваринних і рослинних тест-організмів до токсичного впливу трихлорфенолу та пентахлорфенолу. Досліджено токсичну дію хлорфенолів на розвиток ембріонів риби, що спричинює порушення ембріогенезу і загибель зародків.*

***Ключові слова:** методи біотестування води, хлорфеноли, токсичність, чутливість тест-організмів.*

**Актуальність.** В останні роки водні токсикологи та екологи звертають особливу увагу на хлоровані феноли, концентрації яких у поверхневих водах досягають рівнів, небезпечних для живих організмів [1]. Хлорфеноли як екотоксиканти мають здатність накопичуватися у тканинах і органах гідробіонтів, токсично впливаючи на їхній організм [2]. Біологічна акумуляція цих сполук є видоспецифічною і залежить від дози і тривалості їхнього впливу. Тривалий вплив малих концентрацій хлорфенолів призводить до більшого їх накопичення, ніж короточасний вплив більших доз [3]. Точно не встановлено, чи відбувається акумуляція хлорфенолів через харчовий ланцюг чи безпосередньо з води. Особливо небезпечний пентахлорфенол, причому його токсичність для риби зростає при зниженні величини рН і вмісту кисню у воді. А високі рівні пентахлорфенолу значно знижують вміст кисню і фітопланктону у водному середовищі [3].

Концентрація хлорфенолів у природних водах залежить як від природних хімічних процесів, так і від антропогенного впливу. У першому випадку – це результат спонтанного хлорування органічної речовини. Хлорфеноли утворюються при взаємодії активного хлору (продукту ферментативного та фотолітичного окислення хлорид-іонів) і фенолів, що входять до складу гумусових речовин (переважно гумінових і фульвокислот) [4]. У другому випадку хлорфеноли надходять у водні екосистеми зі стічними водами і відходами целюлозно-паперової та хімічної промисловості, з господарсько-побутовими

стоками [3]. У поверхневих водотоках хлорфеноли активно сорбуються з води і накопичуються в донних відкладеннях до значних концентрацій. Мала відмінність концентрацій хлорфенолів у стічних водах на вході та виході з очисних споруд вказує на дуже слабку бар'єрну роль останніх щодо цих сполук [5].

Небезпечні наслідки для здоров'я людини має хлорування питної води, що застосовується в Україні і в інших країнах для її знезараження. Проблема полягає в тому, що хлорування можна застосовувати для добре очищеної вихідної води, яка була на території України років 80-100 тому, але на сьогодні практично відсутня. Наявність у воді, що хлорується, слідів органічних сполук призводить до появи більш небезпечних хлорорганічних сполук. Хлорування питної води з метою знезараження підвищує її токсичність у 3-6 разів порівняно з вихідною [6].

Зі збільшенням кількості атомів хлору в ароматичному кільці зростає токсичність хлорфенолів, стійкість до розкладання і здатність до біоаккумуляції [7]. Хлорфеноли є попередниками небезпечніших екотоксикантів – діоксинів. Пентахлорфенол і 2,4,6-трихлорфенол мають виражені мутагенні та канцерогенні властивості [8, 9]. Пентахлорфенол є одним із найбільш стійких і токсичних органічних забруднювачів природних вод. Згідно з Програмою ООН з навколишнього середовища (UNEP) у 2003 році пентахлорфенол внесений до списку стійких органічних забруднень [10].

Вищезазначене вказує на актуальність проведення наукових робіт, спрямованих на вивчення токсичного впливу хлорвмісних сполук на живі об'єкти. Наші дослідження спрямовано на оцінювання токсичності пентахлорфенолу і трихлорфенолу як найменш летких і найбільш стійких до розкладання сполук, здатних акумулюватися в організмі.

**Матеріали і методи дослідження.** Для визначення токсичності хлорфенолів у водному середовищі застосовано методику комплексного біотестування з використанням набору тваринних і рослинних тест-організмів. У наборі тест-організмів використано представників різних систематичних груп і трофічних рівнів [10, 11].

Для комплексного біотестування водних розчинів пентахлорфенолу і трихлорфенолу застосовували такий набір тест-організмів:

– цибуля ріпчаста (*Allium cepa*) – представник однодольних рослин. Процедура біотестування складається із пророщування еталонних цибулин у досліджуваній воді [12]. Критерієм токсичності слугують якісні зміни розмірно-вагових показників корінців у дослідній групі порівняно з контрольною після експозиції протягом 72 год;

– гідра прісноводна (*Hydra attenuata*) – представник безхребетних кишковопорожнинних тварин. Має високу чутливість до органічних токсикантів. Під час біотестування реєструють морфологічні зміни (сублетальний ефект) і відсоток виживання (летальний ефект) протягом чотирьох діб [13];

– церіодафнія (*Ceriodaphnia affinis*) – стандартний чутливий вид нижчих ракоподібних, використовуваних у біотестуванні води. Критерієм токсичності при біотестуванні слугує смертність тест-організмів протягом двох діб (гостра токсичність) і зниження народжуваності при експозиції протягом 7 діб (хронічна токсичність) [14, 15];

– гупі (*Poecillia reticulata*) – представник хребетних водних тварин. Універсальний тест-об'єкт, що адекватно реагує на токсичні речовини різної природи. Під час біотестування реєструється кількість загиблих особин в досліджуваній воді протягом чотирьох діб [16];

– даніо реріо (*Brachidanio rerio*) – стандартизований тест-організм, зручний для біотестування методом ембріогенезу запліднених яйцеклітин (ікринок) [17, 18]. Критерієм токсичності водного середовища слугують порушення розвитку ембріона, вроджені каліцтва і загибель.

Під час біотестування реєстрували показники досліджуваної води: концентрацію розчиненого кисню –киснеміром Ажа-101М, величину рН – портативним рН-метром рН-150М. У наших дослідженнях ці показники водного середовища відповідали оптимальним параметрам життєдіяльності водних організмів: рівень кисню – 5-8 мгО<sub>2</sub>/см<sup>3</sup>, а величина рН – у межах 6,5-8,5. Температура води підтримувалася на рівні 21-23°C за допомогою кліматичних камер, світловий режим відповідав зміні дня і ночі.

За допомогою «Пробіт-аналізу» було розраховано величини концентрацій LC<sub>0</sub>, LC<sub>50</sub>, LC<sub>100</sub> для досліджуваних токсикантів. Усі експерименти на тваринах відповідали етичним нормам та принципам, затверджених директивами ЄС 2010/63/ЄС для експериментів із тваринами.

Отримані в біотестуванні дані обробляли статистично за допомогою комп'ютерних програм Microsoft Excel та Origin. Статистичну значущість різниці між дослідною та контрольною групами тест-організмів за показниками виживаності і морфологічних змін розраховували за критерієм Стьюдента [19, 20].

**Результати дослідження та їх обговорення.** При аналізі виявлено токсичну дію трихлорфенолу та пентахлорфенолу в діапазоні концентрацій 0,1-3,0мг/дм<sup>3</sup> і 0,03-3,0мг/дм<sup>3</sup>, відповідно, на всі використані тест-організми (табл. 1).

#### 1. Токсикологічні показники впливу хлорованих фенолів на тваринні та рослинні тест-об'єкти (p≤0,05)

Тест-організми	Трихлорфенол, LC <sub>50</sub> , мг/дм <sup>3</sup>	Пентахлорфенол, LC <sub>50</sub> , мг/дм <sup>3</sup>
<i>Hydra attenuate</i>	0,2	0,04
<i>Cereodaphnia affinis</i>	0,8	0,12
<i>Poecillia reticulata</i>	1,5	0,14
<i>Allium cepa</i>	3,9	1,4

Найбільш чутливою до дії хлорованих фенолів виявилася гідра прісноводна (*H. attenuate*), яка реагувала на досліджуваний токсичний агент у дуже вузькому діапазоні концентрацій. Так наприклад, при концентрації трихлорфенолу в воді 0,1мг/дм<sup>3</sup> всі тест-організми залишалися живі протягом 96год експозиції, а при 0,2мг/дм<sup>3</sup> спостерігався 100%-й летальний результат. Аналогічна реакція гідри спостерігалася при експозиції у водних розчинах пентахлорфенолу: всі організми виживали при 0,03мг/дм<sup>3</sup> і всі гинули при концентрації 0,04мг/дм<sup>3</sup>. Такий вузький діапазон концентрацій реагування гідр не дає змоги достовірно виділити концентрації 50% летального результату (LC<sub>50</sub>), які прийнято використовувати для оцінювання ступеня токсичності

забруднювачів у водній токсикології. Цю обставину можна оцінювати як специфічну дію хлорфенолів на організм гідр. Порівняння токсичності трихлорфенолу і пентахлорфенолу на гідрах показало, що остання сполука для цього тест-об'єкта на порядок токсичніша, ніж трихлорфенол.

Наступним за чутливістю до хлорфенолів тест-організмом виявилася церіодафнія (*C. affinis*), яка реагувала на водні розчини трихлорфенолу в діапазоні концентрацій 0,6-1,3 мг/дм<sup>3</sup> і пентахлорфенолу – 0,03-3,0 мг/дм<sup>3</sup>. При цьому за допомогою «Пробіт-аналізу» було розраховано величини концентрацій LC<sub>50</sub> для церіодафнії, які становили для трихлорфенолу 0,8 мг/дм<sup>3</sup> і для пентахлорфенолу 0,12 мг/дм<sup>3</sup>. Таким чином, токсичність пентахлорфенолу для церіодафнії у 7 разів вища, ніж трихлорфенолу. Треба зазначити, що в церіодафнії, як і в гідр, малий розрив значень між концентраціями хлорфенолів, що спричинюють початкові явища інтоксикації організму, та рівнів, які призводять до летального результату. Відомо [21], що чим менша зона гострої токсичної дії, тим небезпечніша діюча речовина для гідробіонтів, оскільки навіть невелике перевищення порогової концентрації може викликати їх летальність.

Біотестування вод, що містили трихлорфенол і пентахлорфенол, за допомогою риб гупі показало, що реагування цих тест-організмів на токсичну дію спостерігалось за концентрацій 0,9-1,9 мг/дм<sup>3</sup> і 0,03-0,5 мг/дм<sup>3</sup>, відповідно. За таких умов LC<sub>50</sub> для трихлорфенолу становив 1,5 мг/дм<sup>3</sup> і для пентахлорфенолу – 0,14 мг/дм<sup>3</sup>. На підставі цих показників можна зробити висновок, що токсичність пентахлорфенолу для риб у 11 разів більша, ніж трихлорфенолу. Чутливість *P. reticulate* до хлорованих фенолів виявилася нижчою, ніж церіодафнії і гідри, а зона переходу від концентрацій, за яких з'являються окремі загиблі особини, до концентрацій, що викликають 100%-у загибель тест-організмів досить широка. Можливо, риби як представники кінцевих ланок водних трофічних ланцюгів мають вищу організацію фізіологічних функцій, а отже, і підвищену здатність адаптуватися до зміни умов середовища проживання.

Результати, дослідження ріпчастої цибулі (*A. sera*), яку пророщували на водних розчинах речовин, добре корелювали з результатами біотестування на гідробіонтах. У дослідах з тестуванням водних розчинів хлорфенолів показано, що зі збільшенням концентрацій трихлорфенолу (з 1,3 до 13,0 мг/дм<sup>3</sup>) і пентахлорфенолу (з 0,03 до 7,0 мг/дм<sup>3</sup>) спостерігається зменшення показників довжини і ваги (на 80-90%) корінців *A. sera*, при цьому величина EC<sub>50</sub> становить 3,9 і 1,4 мг/дм<sup>3</sup>, відповідно. Отже, для цибулі пентахлорфенол виявився у 3 рази токсичнішим, ніж трихлорфенол.

Відповідно до таблиці 1 чутливість тест-організмів до впливу хлорфенолів спосіб схематично можна зобразити так: гідра > церіодафнія > гупі > цибуля. Якщо порівнювати значення концентрацій з летальним результатом 50%, що показує гостру токсичність досліджуваних хлорфенолів для біоти з умістом їх у природних водах, то в забруднених хлорованими фенолами поверхневих водах [21] концентрації пентахлорфенолу і трихлорфенолу близькі до значень LC<sub>50</sub>, отриманих з допомогою тест-об'єктів.

Отримані нами дані про токсичність хлорфенолів на організменому рівні корелюють з результатами інших дослідників, які також використовували тест-організми, що представляють різні трофічні рівні, тому що використання тільки одного тест-об'єкта не дає повного уявлення про небезпеку досліджуваного

токсиканту. В одних випадках використовувалися три види гідробіонтів: бактерії, водорості та риба (гупі) [22] або хлорела, дафнія і риба (тіляпія) [23], в інших застосування тест-об'єктів було ширшим (бактерії, водорості, дафнія, цибуля і клітини тканин мавп) [24].

У досліджах на вплив пентахлорфенолу та трихлорфенолу при ембріогенезі риб нами було встановлено летальні, сублетальні та допустимі концентрації. У всіх дослідженнях у контролі спостерігалось не менше ніж 10% загибелі ембріонів *B. rerio*. Експеримент мав триразову повторність для кожного хлорованого фенолу.

Під час ембріогенезу для пентахлорфенолу вдалося визначити сублетальні концентрації після 72год дії токсиканту, яка перебуває в межах від 0,05мг/дм<sup>3</sup> до 0,0 мг/дм<sup>3</sup>. Концентрації вище ніж 0,05мг/дм<sup>3</sup> можна вважати летальними (рис. 1).



**Рис. 1. Дія різних концентрацій пентахлорфенолу на ембріони *B. rerio* ( $p \leq 0,05$ )**

Варто зазначити, що летальна дія деяких концентрацій пентахлорфенолу не виявлялась одразу в першу добу (0,199мг/дм<sup>3</sup>, 0,126мг/дм<sup>3</sup>, 0,079мг/дм<sup>3</sup>). Помітні зміни в усіх летальних концентраціях наставали тільки після 48год експерименту. Однак при концентрації 0,5мг/дм<sup>3</sup> вже після 5год дії пентахлорфенолу вижило <50% ембріонів, а після 24год експерименту наставала цілковита загибель ембріонів при концентрації 0,5мг/дм<sup>3</sup> і 0,316мг/дм<sup>3</sup>. Концентрацію 0,02мг/дм<sup>3</sup> пентахлорфенолу під час ембріогенезу оцінено як безпечну.

Установлено, що для трихлорфенолу сублетальні концентрації перебувають у межах від 0,126мг/дм<sup>3</sup> до 0,079мг/дм<sup>3</sup> після 72год дії токсиканту (рис. 2). Значення вище ніж 0,126мг/дм<sup>3</sup> можна вважати летальними концентраціями. При концентраціях 0,5мг/дм<sup>3</sup> і 0,316мг/дм<sup>3</sup> майже всі ембріони загинули після 24год дії трихлорфенолу. Після 48год експозиції змін у всіх досліджуваних концентраціях майже не відбувалося. Під час ембріогенезу безпечна концентрація трихлорфенолу становить 0,05мг/дм<sup>3</sup>.

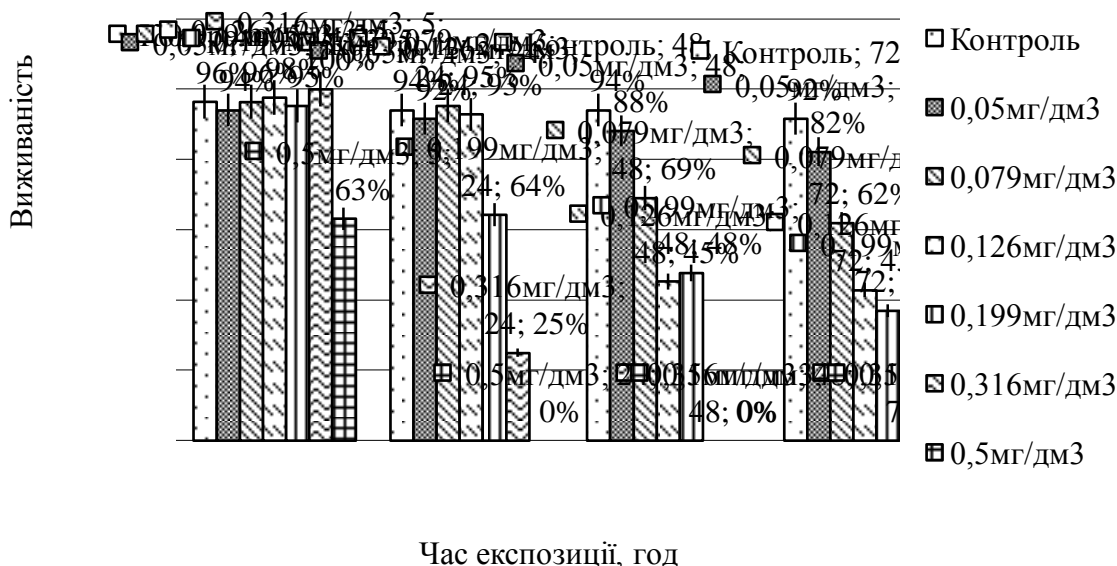


Рис. 2. Дія різних концентрацій трихлорфенолу на ембріони *B. rerio* ( $p \leq 0,05$ )

Отримані результати біотестування показали, що методика визначення ембріотоксичності на ембріонах *B. rerio* дала можливість визначити безпечні, сублетальні та летальні концентрації хлорфенолів у воді. Установлено пряму залежність токсичності від кількості хлорзамісників. Визначено, що небезпечним для ембріонів є пентахлорфенол, що має найбільшу кількість хлорзамісників. Варто зазначити особливість реакції ембріонів на всі хлорорганічні феноли, що виявляється в пролонгованій дії цих токсичних речовин. Летальна дія хлорфенолів виявляється з часом, тобто ембріони накопичують токсиканти і поступово гинуть на другу і третю добу експозиції. Порівняно з пентохлорфенолом трихлорфенол виявився менш токсичним, оскільки летальна дія токсиканту спостерігалася при меншому розведенні.

**Висновки.** За результатами біотестування за допомогою тваринних і рослинних тест-організмів установлено, що хлорування природних поверхневих вод може призводити до різкого погіршення їхньої якості за рахунок появи токсичних хлорорганічних сполук, зокрема хлорфенолів, які є токсичними для біологічних об'єктів за низьких концентрацій.

Що стосується чутливості біотестів до токсичної дії хлорованих фенолів, то як показали дослід з тест-організмами, найчутливіша до сполук хлорфенолів прісноводна гідра (*H. attenuate*), трохи менш чутлива церіодафнія (*C. affinis*), ще менш чутлива риба (*P. reticulate*) і найменш чутлива ріпчаста цибуля (*A. sera*). Треба зазначити, що за результатами комплексного біотестування пентахлорфенол у середньому в 5-8 разів токсичніший, ніж трихлорфенол. Загалом установлено, що чим більше хлорзамісників, тим токсичніший хлорфенол.

Отримані результати токсичності хлорованих фенолів при ембріогенезі риби *B. rerio* дали змогу визначити безпечні, сублетальні та летальні концентрації хлорфенолів. Найнебезпечнішим для ембріонів *B. rerio* є пентахлорфенол. Особливістю токсичної дії хлорфенолів при ембріогенезі є те, що вона виявляється з часом при накопиченні токсиканту.

### Список використаних джерел

1. Архипчук В.В. Использование методов биотестирования для комплексной оценки качества воды // Экологические аспекты современных технологий охраны водной среды. – К.: Наукова думка, 2005. – гл. 10. – С. 322-347.
2. Бресткина М.Д., Тушмалова Н.А., Данильченко О.П. Экспресс-метод определения токсичности водной среды по регенерации пресноводной гидры *Hydra attenuate* // Теоретические вопросы биотестирования. – Волгоград, 1983. – С.133-136.
3. Воробьева Т.В., Терлецкая А.В., Кущевская Н.Ф. Стандартные и унифицированные методы определения фенолов в природных и питьевых водах и основные направления их совершенствования // Химия и технология воды. – 2007. – т.29, №4. – С.370-390.
4. ДСТУ 4173-2003. Якість води. Визначання гострої летальної токсичності на *Daphnia magna* та *Ceriodaphnia affinis* (Cladocera, Crustacea) (ISO 6341:1996, MOD).
5. Елин Е.С. Фенольные соединения в биосфере. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2001. – 234 с.
6. ДСТУ 4174:2003 Якість води. Визначення хронічної токсичності хімічних речовин та води на *Daphnia magna* і *Ceriodaphnia affinis* (Cladocera, Crustacea). – Київ, Держстандарт, 2004.
7. Клубова Л.И., Морозов С.В. Органические загрязнители питьевой воды. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 1993.- Вып. 26. – 167 с.
8. КНД 211.1.4.057-97. Методика визначення гострої летальної токсичності води на рибах *Roeilia reticulata* Peters. Затв. наказом Мінприроди України від 21.05.97 # 68.
9. Лакин Г. Ф. Биометрия: Учебное пособие для биол. спец. вузов- 4-е изд., перераб. и доп. М.: Высш. шк., 1990. – 352 с.
10. Малков П.Ю. Количественный анализ биологических данных: Учебное пособие. – М.: Наука, 2005. – 282 с.
11. Федоров Л.А. Диоксины как экологическая опасность: ретроспектива и перспективы. – М.: «Наука», 1993. – 267 с.
12. Филенко О.Ф., Михеева И.В. Основы водной токсикологии. – М.: Колос. – 2007. – 144 с.
13. Adrian J.Hill, Hiroki Teraoka, Warren Heideman. Zebrafish as a Model Vertebrate for Investigating Chemical Toxicity // TOXICOLOGICAL SCIENCES. - 2005. – V.86, №1. P. 6–19.
14. Davoren M., Fogarty A.M. Ecotoxicological evaluation of biocidal agents sodium o-phenilphenol, sodium o-benzyl-p-chlorophenol, and sodium p-tertiary aqmylphenol // . Ecotoxicol Environ Saf., 2005, №60 (2). – P.203-212.
15. Dorsey W.C., Tchounwou P.B. Pentachlorophenol-induced cytotoxic, mitogenic and endocrine-disrupting activities in channel catfish, *Ictalurus punctatus* // Int J Res Public Health. – 2004, №1 (2). – P.90-99.
16. Fiskesju G. The Allium test as a standard in environmental monitoring // Hereditas, 1985, - №102. – P.99-112.
17. Goncharuk V.V., Syroeshkin A.V., Kovalenko V.F., Zlatskiy I.A. Formation of a test systems and selection of test criteria in natural waters bioassay // J. of Water Chem. and Technol. – 2016 – vol.38, No 6. – P. 349-352.
18. Yalkowsky S.H., Yan H., Jain P. Handbook of aqueous solubility data. – 2nd ed. - CRC Press, 2010. - P. 188-189
19. Yen J.H., Lin K.H., Wang Y.S. // Acute lethal toxicity of environmental pollutants to aquatic organism // Ecotoxicol Environ Saf., 2002, №52 (2). – P.113-116.

20. Naturally Produced Organohalogenes. – Kluwer Acad. Publ. Dordrecht Hardbound, 1995. - 325 p.
21. Repetto G., Jos A., et al // A test battery for ecotoxicological evaluation of pentachlorophenol // *Toxicol In Vitro*. – 2001, №15 (4-5). – P.503-509.
22. Smith A.D., Bharath A., Mallard C., Orr D., Smith K., Sutton J.A., Vukmanich J., McCarty L.S., Ozburn G.W. The acute and chronic toxicity of ten chlorinated organic compounds to the American flagfish (*Jordanella floridae*) // *Arch Environ Contam Toxicol*. – 1991, №20(1). – P.94-102.
23. Scott, G.R., Sloman, K.A. The effects of environmental pollutants on complex fish behavior: integrating behavioural and physiological indicators of toxicity // *Aquat. Toxicol*. – 2004. – T.68. - P.369–392.
24. Sumpter J.P., Jobling S. Vitellogenesis as a bio-marker for estrogenic contamination of the aquatic environment // *Environmental Health Perspectives*. – 1995 – V.103. P. 173– 176.

### References

1. Arkhipchuk V.V. (2005) Ispol'zovanie metodov biotestirovaniya dlya kompleksnoy otsenki kachestva vody [Use of biotesting methods for integrated water quality assessment]. *Ecological aspects of modern technologies of water protection*. 322-347.
2. Brestkina M.D., Tushmalova N.A., Danil'chenko O.P. (1983) Ekspres-metod opredeleniya toksichnosti vodnoy sredy po regeneratsii presnovodnoy gidry *Hydra attenuate* [Ekspres-metod opredeleniya toksichnosti vodnoy sredy po regeneratsii presnovodnoy gidry *Hydra attenuate*]. *Theoretical questions of biotesting*. 133-136.
3. Vorob'yeva T.V., Terletskaya A.V., Kushchevskaya N.F. (2007) Standartnye i unifitsirovannyye metody opredeleniya fenolov v prirodnykh i pit'yevykh vodakh i osnovnye napravleniya ikh sovershenstvovaniya [Standard and unified methods for the determination of phenols in natural and drinking waters and the main directions for their improvement]. *Water chemistry and technology*. 370-390.
4. DSTU 4173-2003. How is water Determination of acute lethal toxicity on *Daphnia magna* and *Ceriodaphnia affinis* (Cladocera, Crustacea) (ISO 6341:1996, MOD).
5. Elin E.S. (2001) Fenol'nye soedineniya v biosfere. [Phenolic compounds in the biosphere]. 234.
6. DSTU 4174:2003 Water quality. Determination of chronic toxicity of chemicals and water on *Daphnia magna* i *Ceriodaphnia affinis* (Cladocera, Crustacea).
7. Klubova L.I., Morozov S.V. (1993) Organicheskie zagryazniteli pit'yevoy vody [Organic Pollutants of Drinking Water]. 167.
8. KDI 211.1.4.057-97. Method of determination of acute lethal toxicity of water in fish *Poecilia reticulata* Peters. Shuttle Order of the Ministry of Nature of Ukraine dated 21.05.97 # 68.
9. Lakin G. F. (1990) *Biometriya: Uchebnoe posobie dlya biol. spets. vuzov- 4-e izd., pererab. i dop.* [Biometrics]. 352.
10. Malkov P.Yu. (2005) Kolichestvennyy analiz biologicheskikh dannykh: Uchebnoe posobie [Quantitative analysis of biological data]. 282.
11. Fedorov L.A. (1993) Dioksiny kak ekologicheskaya opasnost': retrospektiva i perspektivy [Dioxins as an environmental hazard: a retrospective and perspective]. 267.
12. Filenko O.F., Mikheeva I.V. (2007) Osnovy vodnoy toksikologii [Fundamentals of aquatic toxicology]. 144.
13. Adrian J.Hill, Hiroki Teraoka, Warren Heideman. Zebrafishasa Model Vertebrate for Investigating Chemical Toxicity // *TOXICOLOGICAL SCIENCES*. - 2005. – V.86, №1. P. 6–19.

14. Davoren M., Fogarty A.M. Ecotoxicological evaluation of biocidal agents sodium o-phenilphenol, sodium o-benzyl-p-chlorophenol, and sodium p-tertiary aqmylphenol // . Ecotoxicol Environ Saf., 2005, №60 (2). – P.203-212.
15. Dorsey W.C., Tchounwou P.B. Pentachlorophenol-induced cytotoxic, mitogenic and endocrine-disrupting activities in channel catfish, *Ictalurus punctatus* // Int J Res Public Health. – 2004, №1 (2). – P.90-99.
16. Fiskesju G. The Allium test as a standard in environmental monitoring // Hereditas, 1985, - №102. – P.99-112.
17. Goncharuk V.V., Syroeshkin A.V., Kovalenko V.F., Zlatskiy I.A. Formation of a test systems and selection of test criteria in natural waters bioassay // J. of Water Chem. and Technol. – 2016 – vol.38, No 6. – P. 349-352.
18. Yalkowsky S.H., Yan H., Jain P. Handbook of aqueous solubility data. – 2nd ed. - CRC Press, 2010. - P. 188-189.
19. Yen J.H., Lin K.H., Wang Y.S. // Acute lethal toxicity of environmental pollutants to aquatic organism // Ecotoxicol Environ Saf., 2002, №52 (2). – P.113-116.
20. Naturally Produced Organohalogenes. – Kluwer Acad. Publ. Dordrecht Hardbound, 1995. - 325 p.
21. Repetto G., Jos A., et all // A test battery for ecotoxicological evaluation of pentachlorophenol // Toxicol In Vitro. – 2001, №15 (4-5). – P.503-509.
22. Smith A.D., Bharath A., Mallard C., Orr D., Smith K., Sutton J.A., Vukmanich J., McCarty L.S., Ozburn G.W. The acute and chronic toxicity of ten chlorinated organic compounds to the American flagfish (*Jordanella floridae*) //Arch Environ Contam Toxicol. – 1991, №20(1). – P.94-102.
23. Scott, G.R., Sloman, K.A. The effects of environmental pollutants on complex fish behavior: integrating behavioural and physiological indicators of toxicity // Aquat. Toxicol. – 2004. – T.68. - P.369–392.
24. Sumpter J.P., Jobling S. Vitellogenesis as a bio-marker for estrogenic contamination of the aquatic environment // Environmental Health Perspectives. – 1995 – V.103. P. 173– 176.

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТОКСИЧНОСТИ ХЛОРФЕНОЛОВ В ВОДНОЙ СРЕДЕ С ПОМОЩЬЮ КОМПЛЕКСНОГО БИОТЕСТИРОВАНИЯ НА ЖИВОТНЫХ И РАСТИТЕЛЬНЫХ ТЕСТ-ОРГАНИЗМАХ**

**В. Ф. Коваленко, И. А. Злацкий, Е. В. Дацкевич, А. В. Наниева,  
А. Н. Головков**

***Аннотация.** С помощью комплексного биотестирования исследована степень токсичности производных соединений хлорирования фенола. По результатам биотестирования установлено, что хлорирование природных поверхностных вод увеличивает их токсичность и ухудшает качество. Определена чувствительность животных и растительных тест-организмов на воздействие трихлорфенола и пентахлорфенола. Исследовано токсическое действие хлорфенолов на развитие эмбрионов рыб *Brachidanio rerio*, которая приводила к нарушению эмбриогенеза и гибели зародыша.*

***Ключевые слова:** методы биотестирования воды, хлорфенолы, токсичность, чувствительность тест-организмов.*

**DETERMINATION OF THE CHLORPHENOLS TOXICITY IN THE WATER**

## ENVIRONMENT BY THE INTEGRATED BIOTESTING ON ANIMAL AND VEGETABLE TEST-ORGANISMS

V. Kovalenko, I. Zlatskiy, E. Datskevich, A. Nanieva, A. Golovkov

**Abstract.** *With the help of complex biotesting, the degree of toxicity of derivatives of phenol chlorination compounds was studied. According to the results of biotesting, it was found that chlorination of natural surface waters exposes them to toxicity and impairs quality. The sensitivity of animals and plant test organisms to the toxic effects of trichlorophenols and pentachlorophenol has been determined. The toxic effect of chlorophenols on the development of *Brachidanio rerio* fish embryos was studied, which led to a violation of embryogenesis and death of the embryo.*

**Keywords:** *water biotesting methods, chlorophenols, toxicity, sensitivity of test-organisms.*

## **ОСОБЛИВОСТІ ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТКАНИН КОРОПА ЗВИЧАЙНОГО *CYPRINUS CARPIO L.* ЗА ДІЇ ПІДВИЩЕНОЇ ТЕМПЕРАТУРИ ВОДИ**

**В. М. МАРЦЕНЮК**

**О. С. ПОТРОХОВ**, доктор біологічних наук, старший науковий співробітник

**О. Г. ЗІНЬКОВСЬКИЙ**, кандидат біологічних наук, старший наукових  
співробітник

*відділ біології відтворення риб Інституту гідробіології НАН України*

*E-mail: wmarzenuk@gmail.com*

**Анотація.** Досліджено особливості енергозабезпечення різних тканин коропа за дії підвищеної температури води. Установлено, що процеси енергоутворення та енергозатрати за несприятливого температурного чинника у тканинах м'язів, зябер та печінки цього виду риб характеризуються різною інтенсивністю. У м'язах та зябрах уміст аденілових нуклеотидів за температури 26°C різко знижується, натомість у печінці зміна значень цих показників не настільки помітна. Співвідношення АТФ:АДФ:АМФ із поступовим підвищенням температури від 24°C до 34°C майже у всіх досліджених тканинах порушується в бік збільшення частки АМФ. Що стосується аденілатного енергетичного заряду, то отримані результати можуть свідчити про інактивацію розпаду АТФ, а також про включення організмом коропа компенсаторних механізмів, спрямованих на запобігання зниженню рівня енергетичного забезпечення тканин. Значення основних біоенергетичних коефіцієнтів у відповідних тканинах за температури 26°C також знижуються, проте при подальшому підвищенні температури до 34°C різниця порівняно з контролем зменшується, що може свідчити про розвиток адаптації до несприятливого чинника. У роботі показано залежність перебігу реакцій енергетичного обміну, а саме обміну аденілатів, у тканинах коропа від коливального режиму підвищеної температури води. Отримані дані вказують на різний ступінь енергозабезпечення тканин одного організму за нетипових умов.

**Ключові слова:** аденілати, нуклеотиди, АТФ, АДФ, АДФ, макроерги, енергетичний обмін, короп, тканини.

**Актуальність.** Температура – один із найважливіших абіотичних чинників як наземного, так і водного середовища. Її зміна впливає не лише на швидкість протікання хімічних реакцій, але й визначає загальний фізіологічний стан організму [2, 5]. Цей чинник в останні десятиліття став особливо визначальним, адже, за даними доповіді Міжнародної групи експертів з питань зміни клімату, середня температура повітря над суходолом за останні сто років зросла на  $0,74 \pm 0,18^\circ\text{C}$  [7].

Живі організми – це відкриті термодинамічні системи, функціонування яких потребує постійного притоку речовин та енергії. Тому кліматичні зміни,

які спостерігаються протягом останнього століття, змушують живі організми формувати компенсаторні механізми до дії несприятливого чинника [5, 11]. Обмеження надходження поживних речовин, різного роду біотичні, абіотичні й антропогенні чинники призводять до реорганізації фізіологічних та біохімічних процесів в організмі, тим самим порушуючи компенсаторну спрямованість основних метаболічних механізмів.

Установлено, що підвищення температури води спричинює порушення енергетичного обміну у тканинах риб, стимулює мобілізацію всіх енергетичних ресурсів клітини, органа або системи органів, а також може бути однією із причин інтенсифікації енергопродукування з наступним розвитком енергодефіциту. Останнє призводить до зниження швидкості окиснення субстратів мітохондрій, роз'єднання окисного фосфорилування та генерування активних форм кисню [8, 9, 10].

Енергетичні процеси в різних тканинах одного організму мають свої особливості. За однакових умов в одних тканинах організму може спостерігатися поступове підвищення активності клітинних біоенергетичних процесів як у сфері енергопродукування, так і в реакціях з використанням енергії, а в інших можуть активуватися зворотні процеси [2, 11, 13]. Енергетичний стан клітин, як відомо, визначається концентраціями АТФ, АДФ, АМФ, сумарною концентрацією аденілових нуклеотидів, їхнім співвідношенням і контролюється енергетичним зарядом [9, 11]. Проте для глибшого розуміння біоенергетичних процесів, що відбуваються в організмі риб, також розраховують значення індексу фосфорилування, коефіцієнта порівняння, термодинамічного контролю дихання та енергетичного потенціалу клітини. Параметри цих показників тісно пов'язані між собою, адже великою мірою залежать від вмісту та співвідношення вищезазначених аденілатів. Також не менш важливу роль при дослідженні цих показників відіграє кількість неорганічного фосфору, утвореного внаслідок відповідних метаболічних процесів [5, 10, 12].

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Чимало вітчизняних та зарубіжних вчених вивчали вплив температури на фізіолого-біохімічний стан гідробіонтів. Особливої уваги заслуговують роботи останніх декількох років. Зокрема, вплив астатичності температури на ріст і розвиток риб висвітлює А. С. Константинов. Подібною проблематикою характеризуються статті В. А. Власова. Не менш цікавими є дослідження В. К. Голованова, у яких автор розкриває механізми розвитку термостійкості у риб [2]. У роботах F. Seebacher та M. Jobling також досліджується температурний вплив на живі організми [12, 13]. Проте біоенергетичні зміни за згаданих умов у риб дослідженні недостатньо.

**Метою роботи** було встановити вміст і співвідношення аденілових нуклеотидів у тканинах коропа за дії температури води, яка перевищує кліматичні норми, а також установити значення основних біоенергетичних коефіцієнтів у відповідних тканинах за таких умов.

**Матеріали та методи дослідження.** Дослідження проведено у червні 2017 р. на дворічках коропа звичайного *Cyprinus carpio* L. на Білоцерківській експериментальній гідробіологічній станції Інституту гідробіології НАН України. Риб поміщали в експериментальні акваріуми об'ємом 75дм<sup>3</sup>, наповнені водою з р. Рось, яка змінювалась 1 раз на 3 доби, облаштовані системою нагрівання та аерації. Умови перебування риб були такі: 5

експериментальних акваріумів, у яких вода протягом дня поступово нагрівалася до 26°C, 28°C, 30°C та максимальної температури 34°C, а на ніч нагрівачі вимикались, що знижувало температуру води в кожному акваріумі на 2°C, 4°C, 6°C та 7-8°C відповідно. Контролем слугував акваріум із температурою 24°C, у якому цей параметр підтримувався постійно (без коливань). Уміст розчиненого у воді кисню підтримувався в межах  $5,5 \pm 0,9 \text{ мг/дм}^3$  (з підвищенням температури вміст кисню у воді дещо знижувався), рН –  $7,0 \pm 0,2$ . Період аклімації риб становив 14 діб, що є достатнім для формування адаптивної відповіді на дію стрес-чинника. Коропа під час експерименту годували комбікормом.

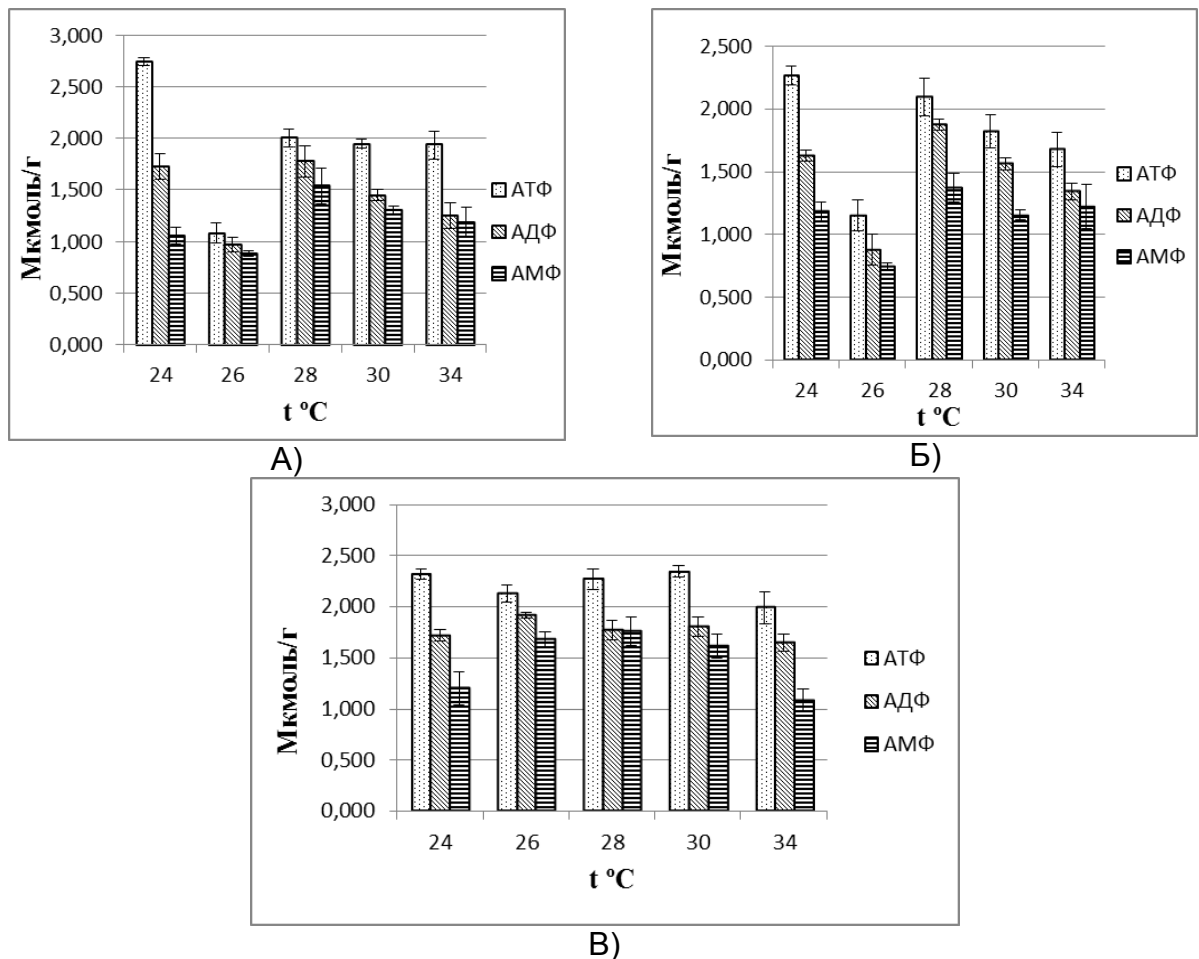
Після 14-добової аклімації риб відбирали тканини зябер і м'язів та в подальшому їх гомогенізували. Визначали концентрації АТФ, АДФ і АМФ у тканинах відповідних органів методом висхідної одномірної тонкошарової хроматографії на силікагелевих пластинках «Sorbfil» з використанням системи розчинників: 1,4-діоксан, ізопропанол, аміак, вода у співвідношенні (4:2: 1:4).

Наважку кожного органа ( $0,50 \pm 0,05$  г) змішували з однаковим об'ємом 0,6Н тетрахлорної кислоти. Потім суміш центрифугували при 4000об./хв протягом 10хв і відбирали 0,5мл супернатанту, який нейтралізували змішуванням з 0,06мл 2М розчину  $\text{K}_2\text{CO}_3$ . Прозорий надосадовий розчин наносили в кількості 0,03мл на пластинку для хроматографії. Хроматографували протягом 60–90хв. Плями нуклеотидів детектували під ультрафіолетовим світлом та елюювали їх із пластин 3мл 0,1Н соляної кислоти протягом 30 хв. Елюат спектрофотометрували за  $\lambda=260$  нм.

Показники, що характеризують стан енергетичного обміну, розраховували за формулами: аденілатний енергетичний заряд (ЕЗ) –  $(\text{АТФ} + 1/2 \text{АДФ}) / (\text{АТФ} + \text{АДФ} + \text{АМФ})$ ; енергетичний потенціал (ЕП) –  $\text{ЕП} = \text{АТФ} / \text{АДФ}$ ; індекс фосфорилування (ІФ) за співвідношенням  $(\text{АТФ} / \text{АДП} + \text{P}_i)$ ; термодинамічний контроль дихання (ТДК) –  $(\text{АДФ} / \text{АМФ})$ ; коефіцієнт порівняння (Кп) –  $((\text{АТФ} + \text{АМФ}) / \text{АДФ})$  [8, 9, 10]. Також розраховували відсоткове співвідношення аденілових нуклеотидів у тканинах коропа. Кількість неорганічного фосфору визначали за методом [1].

Статистичне оброблення даних проводили з використанням програм Statistica 10.0 та програми Excel із пакета Microsoft Office.

**Результати дослідження.** У результаті досліджень встановлено, що вміст аденілових нуклеотидів та їхнє співвідношення у різних тканинах риб значною мірою залежать від температурного режиму води, зокрема від його астатичності. Так, за температури 26°C у м'язах коропа виявлено зниження вмісту АТФ у 2,53 разу відносно контролю (рис. 1), та зниження суми аденілатів у 1,88 разу (рис. 2) щодо контролю. Такі зміни відобразились і на співвідношенні основних компонентів аденілатної системи, а саме супроводжувалися підвищенням частки АДФ і АМФ (на 11%) у м'язах риб порівняно із співвідношенням у контролі, що свідчить про порушення метаболізму аденілатів. Наступні дослідні групи коропа, які витримувалися в умовах температурного режиму 28°C, 30°C та 34°C, характеризувалися також зниженням вмісту АТФ, АДФ та АМФ порівняно з контролем, але не настільки значним, як за попередньої температури (рис. 1).

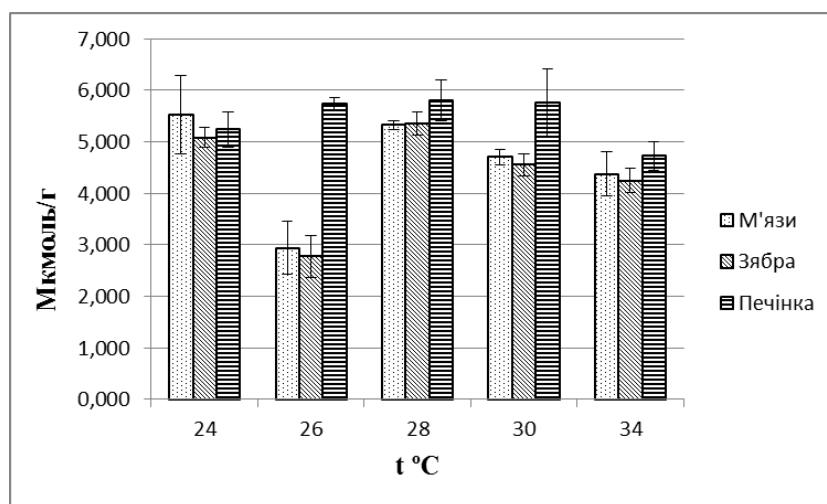


**Рис. 1. Вміст аденілових нуклеотидів у м'язах (А), зябрах (Б) та печінці (В) коропа за дії підвищеної температури води ( $M \pm m$ ,  $n=5$ )**

Окрім цього, спостерігалась тенденція до поступового зниження частки АДФ та АМФ починаючи від температури 28°C та майже стала кількість АТФ у м'язах коропа, що за температури 34°C мали співвідношення АТФ:АДФ:АМФ – 44%:29%:27% (рис. 3). Сумарний вміст нуклеотидів за цих умов знижувався та за температури 34°C був нижчим від контролю у 1,24 разу (рис. 2). Можна припустити, що відповідні зміни спричинено сповільненням катаболічних процесів у метаболізмі аденілатів, а також пригніченням окислювального фосфорилування [5, 6]. Також причиною може бути порушення утилізації основного макроерга (АТФ). У зябрах коропа за температури 26°C спостерігається також вірогідне зниження вмісту АТФ, АДФ і АМФ, відповідно, у 1,96, 1,85 та 1,58 разу відносно контрольного значення (рис. 1). За температури 28°C різниця в концентрації АТФ дещо менша (в 1,08 разу менше відносно контролю), а в діапазоні температур 28-34°C помітне поступове зниження концентрацій аденілатів у зябрах коропа. Для нормального функціонування клітин тканини істотним є не стільки абсолютний вміст аденілових нуклеотидів, а їхнє співвідношення [4]. Що стосується відсоткового співвідношення макроергів у тканині, то за температури 28°C спостерігається незначне підвищення вмісту АДФ, що становить 35,1% від загального вмісту аденілатів у зябрах проти 31,6% у контролі (рис. 3). Також за температури 28°C встановлено незначну

тенденцію до збільшення сумарного вмісту аденілових нуклеотидів щодо контрольного значення (рис. 2).

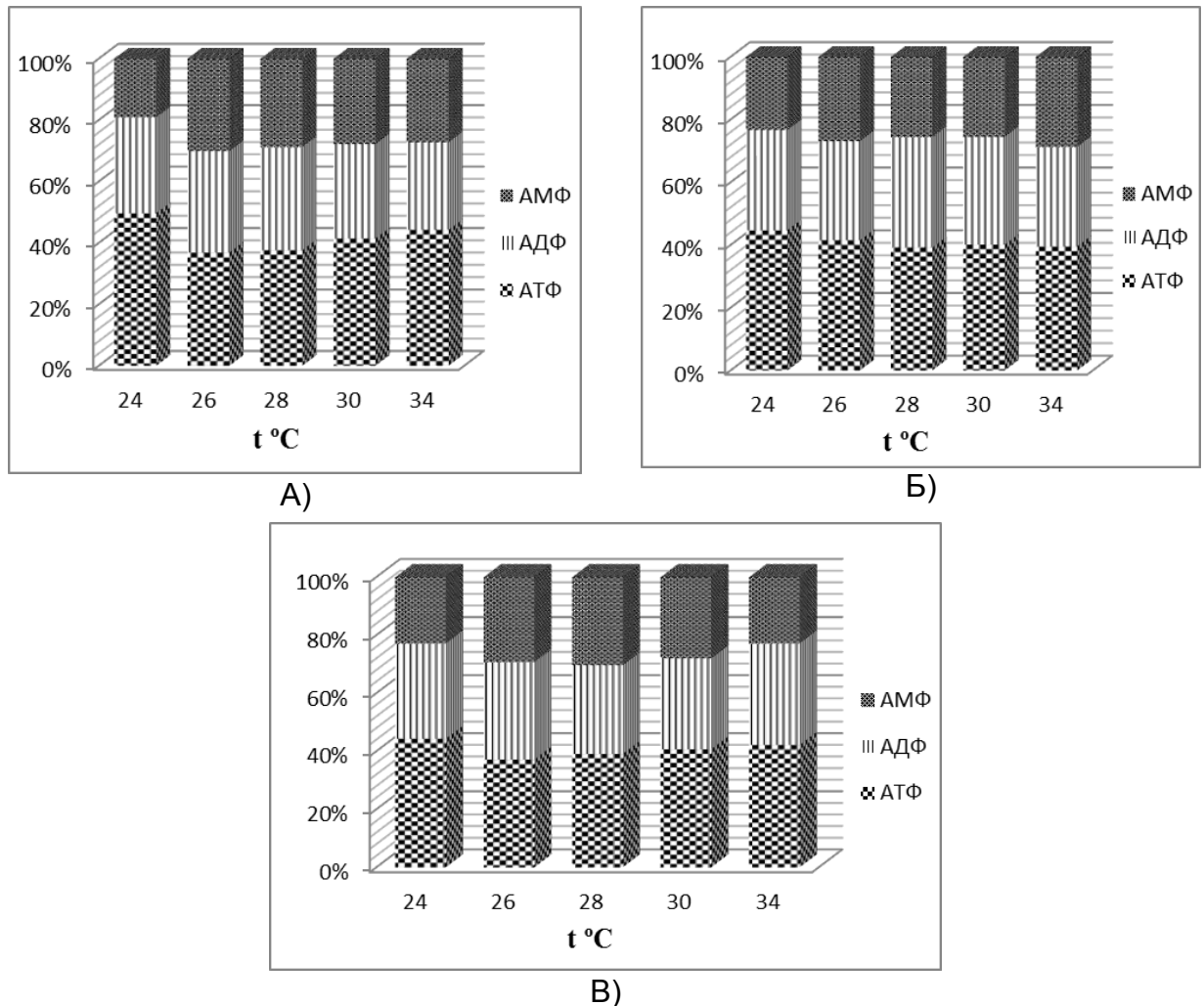
Серед можливих причин зниження вмісту АТФ у м'язах та зябрах коропа за підвищеного температурного режиму можна припустити підсилення інтенсивності енергозалежних процесів у тканинах і обмеження швидкості окислювального фосфорилування в мітохондріях [5, 8, 13]. Часто згідно з науковими даними це порушення пов'язане з роз'єднанням окислювального фосфорилування за рахунок стимуляції перекисного окиснення ліпідів у клітині [3, 5, 11].



**Рис. 2. Сумарний уміст аденілових нуклеотидів (АТФ+АДФ+АМФ) у тканинах коропа за дії підвищеної температури води ( $M \pm m$ ,  $n=5$ )**

Також з аналізу характеру змін у співвідношенні макроергічних речовин можна зробити висновок, що відбувається розвиток адаптивних реакцій організму до несприятливих чинників середовища існування, оскільки незначне підвищення температури води на 2°C порівняно з контролем зумовлює первинні зміни у вмісті та співвідношенні аденілатів (вірогідне зниження всіх значень), а також розвивається залежність зазначених показників від подальшого підвищення температури [2, 5, 12].

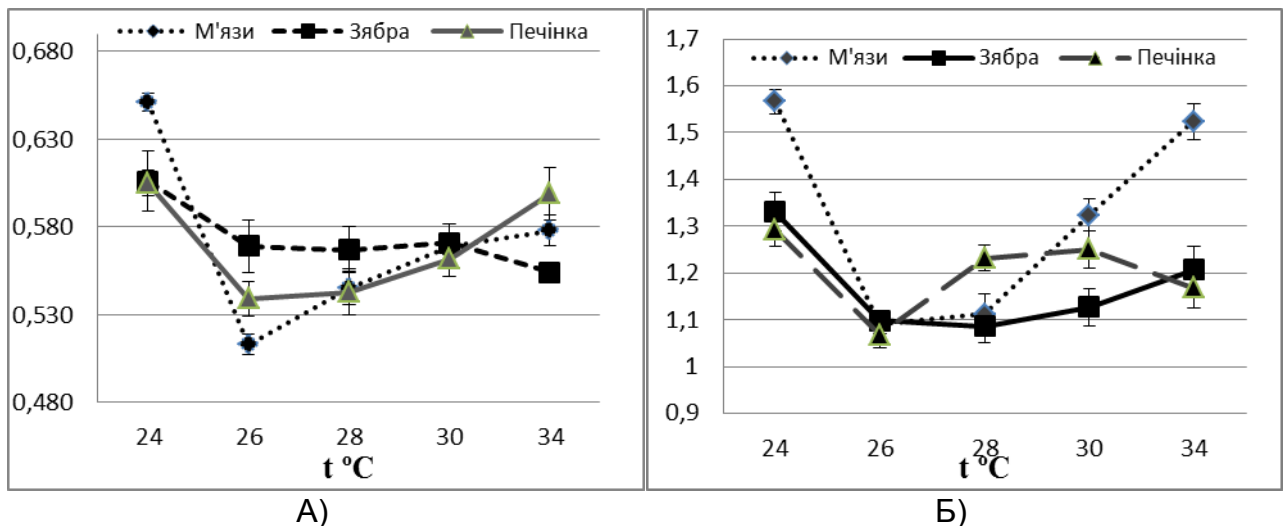
У гепатоцитах коропа за температури 26°C спостерігається достовірне зниження вмісту АТФ у 1,10 разу відносно контролю та підвищення вмісту АДФ та АМФ у 1,11 та 1,40 разу, відповідно, відносно контрольного значення. При цьому спостерігається порушення у співвідношенні аденілатів за цієї температури, а саме АТФ:АДФ:АМФ – 37,1%:33,4%:29,3% проти 44,2%:32,8%:22,9% у контролі (рис. 3). За температури 28°C частки АДФ і АМФ у печінці коропа стали майже однаковими (30,5%:30,3%). Незначне посилення синтезу АТФ у аденілаткіназній реакції підтверджується тенденцією до підвищення вмісту АТФ за температури 30°C, проте незначна різниця у співвідношенні АДФ:АМФ – 31,3%:27,9% свідчить про переважання енергозатратних процесів над енергопродукуванням. За температури 34°C вміст усіх аденілатів вірогідно знижувався.



**Рис. 3. Співвідношення аденілових нуклеотидів (АТФ+АДФ+АМФ) у тканинах коропа за дії підвищеної температури води ( $M \pm m$ ,  $n=5$ )**

Здатність клітини виконувати енергозалежні процеси (наприклад, транспорт іонів, біосинтез білка) визначається величиною аденілатного енергетичного заряду (ЕЗ) [8, 9, 10]. Перерозподіл між АТФ, АДФ і АМФ визначає зміни цього показника. Збільшення ЕЗ спричинює активацію ферментів, які утилізують АТФ з утворенням АДФ або АМФ та інактивацію реакцій протилежного характеру. Зменшення енергетичного заряду, навпаки, супроводжується активацією синтезу АТФ та інактивацією розпаду [3, 13]. Величина енергетичного заряду підтримується на постійному рівні завдяки збереженню рівноваги між АТФ, АДФ і АМФ [10, 11, 12].

Нами встановлено, що у м'язах коропа, відповідно до вищезгаданого вмісту аденілатів, за температури 26°C відбувається вірогідне зниження значення ЕЗ у 1,26 разу відносно контролю (рис. 4). У подальшому в діапазоні температур 28-34°C спостерігалось незначне зростання ЕЗ, проте його значення залишилось нижчим за контроль (у 1,12 разу за температури 34°C). Подібні зміни значення ЕЗ можуть бути спричинені порушенням рівноваги між АТФ, АДФ та АМФ у бік зростання частки АМФ за відсутності змін умісту АТФ [5, 10, 13].



**Рис. 4. Динаміка значень аденілатного енергетичного заряду (А) та індексу фосфорилування (Б) у тканинах коропа за дії підвищеної температури води ( $M \pm m$ ,  $n=5$ )**

У зябрах коропа помітне поступове зниження значення енергетичного заряду. За температури 34°C ЕЗ дорівнював 0,55, що на 9% менше за контроль. Оскільки інтенсифікації утворення АТФ у зябрах коропа не спостерігалось, то отримані результати можуть свідчити про інактивацію розпаду АТФ. У подальшому такі зміни можуть призвести до виникнення енергодефіциту в організмі коропа [5].

Цікаво, що в гепатоцитах коропа спостерігалось незначне поступове зростання ЕЗ в діапазоні 26-34°C при зниженні вмісту всіх аденілатів за максимальної температури. З огляду на значення показника енергетичного заряду в характеристиці рівня енергетичного забезпечення тканини можна припустити, що збільшення швидкості утилізації аденілових нуклеотидів при підвищенні температури супроводжується запуском компенсаторних механізмів, спрямованих на запобігання зниженню рівня енергетичного забезпечення гепатоцитів [9, 12, 13]. Особливого значення серед них в умовах температурної стимуляції енергозалежних процесів, очевидно, набуває підсилення аденілаткіназної реакції та підвищення швидкості утилізації АМФ у 5'-нуклеотидазному шляху, спряженим з утворенням аденозину [10].

Не менш важливим при дослідженні біоенергетичного стану організму є значення індексу фосфорилування (ІФ) [3, 4, 9, 10]. Особливо важливо проаналізувати динаміку цього показника, оскільки він визначає здатність клітини синтезувати АТФ із АДФ і неорганічного фосфору. Також цей показник являє собою співвідношення «діючих мас», вказуючи на інтенсивність фосфорилування [5, 6].

Установлено, що у м'язах і печінці коропа мінімальне значення ІФ було за температури 26°C, а у зябрах – за температури 28°C. Також у м'язах у діапазоні температур 28-34°C спостерігалось вірогідне зростання значення ІФ, що за максимальної температури становило 1,52 (майже дорівнювало контролю) (рис. 4). У зябрах коропа теж спостерігається подібна закономірність, проте виражена меншою мірою. У печінці відбувається незначне зростання значення ІФ за температури 28 і 30°C, проте воно

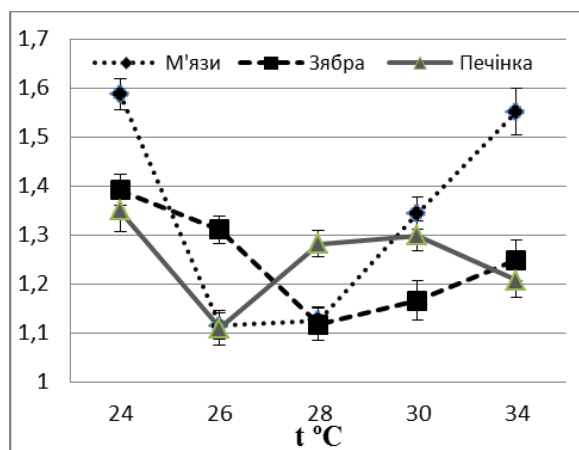
залишилось меншим за контроль. Можна зробити висновок, що найбільш інтенсивні процеси фосфорилювання при пристосуванні коропа до підвищених температур води відбуваються у м'язах та трохи повільніше у печінці.

Для глибшого розуміння процесів енергетичного обміну використовують також коефіцієнт порівняння ( $K_p$ ), що показує співвідношення прямої та зворотної реакції перетворення АДФ [4, 8]. У м'язах і зябрах коропа було встановлено достовірне зниження значення  $K_p$  за температури 26°C у 1,76 та 1,57 разу відповідно (рис. 5).

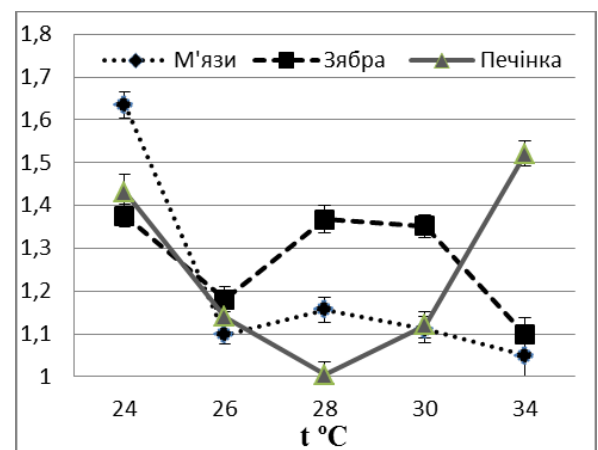
За температури 28°C помітно підвищення значення цього показника, проте воно залишилось нижчим від контролю у м'язах і в зябрах на 14,7 та 6,4% відповідно. У печінці коропа за температур 28 та 30°C значення  $K_p$  незначно зросло (на 7,7 та 7,6% відносно контролю), а за максимальної температури знизилось у 1,15 разу щодо контролю (рис. 5). Очевидно, що з підвищенням температури у досліджуваних органах коропа спостерігається порушення прямої реакції перетворення АДФ, що протікає з перевагою синтезу АТФ над його розпадом [3, 5, 12]. Відповідно, тривала дія подібного несприятливого чинника може призвести до граничної межі енергетичного дисбалансу в організмі коропа.

Також нами визначено співвідношення АТФ/АДФ (енергетичний потенціал клітини), що свідчить певною мірою про швидкість мітохондріального дихання у тканинах організму [5, 8, 9].

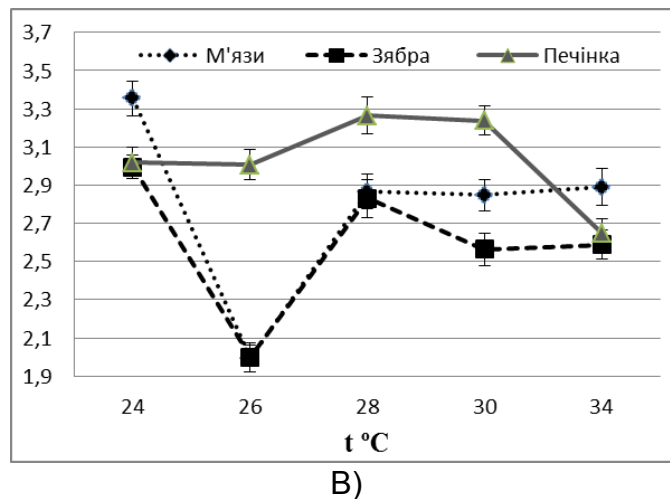
У результаті дослідження встановлено, що у м'язах та печінці коропа мінімальне значення ЕП було за температури 26°C (на 45% менше за контроль), а в зябрах – за температури 28°C (на 25% менше за контроль). Подальша зміна значень цього показника у тканинах відбувалася подібно до зміни ІФ. Так, у м'язах коропа в діапазоні температур 28-34°C зафіксовано тенденцію до зростання ЕП, який за максимальної температури становив 1,55, що є близьким до контролю значенням (рис. 5). У печінці коропа незначне зростання ЕП спостерігалось за температур 28 та 30°C, проте порівняно з контролем такі зміни слабо виражені, як і значення ІФ. Можна зробити висновок, що за дії підвищеної температури води у тканинах коропа запускаються компенсаторні механізми, спрямовані на відновлення енергетичного гомеостазу організму, про що свідчать отримані дані енергетичного потенціалу тканин коропа [3, 5, 8, 9, 10].



А)



Б)



**Рис. 5. Динаміка значень енергетичного потенціалу (А), термодинамічного контролю дихання (Б) та коефіцієнта порівняння (В) у тканинах коропа за дії підвищеної температури води ( $M \pm m$ ,  $n=5$ )**

Термодинамічний контроль дихання (ТДК) – це показник, що вказує на залежність швидкості дихання не від концентрації окремих компонентів аденілуکلєотидної системи, а від стану фосфорилування [3, 5, 6]. Установлено, що у м'язах коропа величина ТДК за температури 34°C менша за контроль на 35%. При цьому початкове зниження значення показника спостерігалось вже за температури 26°C (на 32% менше від контролю). У зябрах коропа значення показника також було мінімальним за максимальної температури – 1,09, що на 21% менше за контроль. Цікаво, що після зменшення значення ТДК у печінці коропа у 1,4 разу щодо контролю за температури 28°C у подальшому спостерігалось зростання значення цього показника до 1,52, що на 8,6% більше за контроль. З отриманих результатів можна зробити висновок, що метаболізм аденілатів, а саме функціонування фосфорилування у гепатоцитах коропа, більш адаптований до підвищення температури навколишнього середовища, ніж у інших тканинах [5, 9].

Таким чином, із підвищенням температури води в коропа простежується тенденція до розвитку дисбалансу в системі АТФ-АДФ-АМФ із переважанням енергоспоживаючих процесів у тканині. У відповідь на це в його організмі запускаються компенсаторні механізми, спрямовані на поліпшення протікання енергосинтезуючих реакцій у мітохондріях, шляхом нормалізації концентрацій всіх компонентів аденілової системи та відновлення основних показників енергетичного обміну [10, 11, 13].

**Висновки і перспективи.** За дії підвищеної температури на організм коропа встановлено низку відмінностей у енергетичному забезпечення його тканин. Характерно, що за цих умов у м'язах, зябрах та печінці коропа переважає розвиток енергодефіциту над енергопродукуванням. Можна припустити, що всі ці зміни переважно спричинено сповільненням катаболічних процесів у метаболізмі аденілатів, а в окремих випадках також пригніченням окислювального фосфорилування.

Як у м'язах, так і в зябрах коропа за температури 26°C встановлено зниження вмісту всіх досліджуваних нуклеотидів, а також порушення їх співвідношення (АТФ:АДФ:АМФ – 36,8%:33%:30% проти 49,6%:31,2%:19,1%

у контролі м'язів). У печінці також спостерігається порушення у співвідношенні аденілатів за згаданої температури, а саме АТФ:АДФ:АМФ – 37,1%:33,4%:29,3% проти 44,2%:32,8%:22,9% у контролі.

Цікаво, що в гепатоцитах коропа спостерігалось незначне поступове зростання ЕЗ у діапазоні 26-34°C при зниженні вмісту всіх аденілатів за максимальної температури. У зябрах спостерігалось 9%-е зниження ЕЗ щодо контролю, що може свідчити про інактивацію розпаду АТФ. У подальшому такі зміни можуть призвести до виникнення енергодефіциту в організмі коропа.

Установлені значення ІФ, ЕП, Кп та ТДК дають змогу зробити висновок, що за дії підвищеної температури води розвивається адаптація організму коропа до несприятливого чинника середовища існування, оскільки найнижча після контролю температура спричинює первинні зміни в концентрації та співвідношенні аденілатів, а також розвивається залежність цих показників від подальшого підвищення температури.

Подібні дослідження будуть перспективними ще довго, оскільки проблема глобального потепління кожного року стає дедалі гострішою і для її розв'язання потрібно вивчити зміни, які відбуваються в організмі тварин за нетипових умов існування.

#### Список використаних джерел

1. Асатиани В.С. Новые методы биохимической фотометрии / В.С. Асатиани. – М.: Наука, 1965. – 544 с.
2. Голованов В.К. Влияние скорости нагрева на термоустойчивость карпа *Cyprinus carpio* в различные сезоны года / В.К. Голованов, В.К. Смирнов // Вопр. ихтиологии. – 2007. – Т. 47, №4. – С. 555–561.
3. Нагорна Н.В. Енергетичний обмін клітини в нормі й патології. Можливості його оцінки / Н.В. Нагорна, Н.А. Четверик, А.А. Федорова // Клінічна геронтологія. – 2008. – №6. – С. 58.
4. Орлова О.А. Вплив парафармацевтика «Він-Віта» на стан енергетичного обміну в дорослих щурів / О.А. Орлова, О.О. Лазарчук // Український медичний альманах. – 2009. – Том 12, №5. – С. 124–128.
5. Романенко В.Д. Механизмы температурной акклимации рыб / В.Д. Романенко, О.М. Арсан, В.Д. Соломатина. – Киев: Наукова думка, 1991. – 192 с.
6. Скулачев В.П. Соотношение окисления и фосфорилирования в дыхательной цепи / В.П. Скулачев. – М.: АН СРСР, 1962. – 156 с.
7. Abraham J.P. A review of global ocean temperature observations: Implications for ocean heat content estimates and climate change / J.P. Abraham // Rev. Geophys. – 2013. – Vol. 51, №3. – P. 450–483.
8. Atkinson D.E. Adenine nucleotides as universal stoichiometric metabolic coupling agents / D.E. Atkinson // Advances in enzyme regulations / ed. G. Weber. – New York, 1971. – P. 207–219.
9. Atkinson D.E. Cellular energy metabolism and its regulation / D.E. Atkinson. – New York: Plenum Press, 1977. – 235 p.
10. Atkinson D.E. The energy charge of the adenylate pools as a regulatory parameter. Interaction with feedback modifiers / D.E. Atkinson // Biochemistry. – 1968. – Vol. 7, № 11. – P. 4030–4034.
11. Becker C.D. Evaluation of the critical thermal maximum for determining thermal tolerance of freshwater fish / C.D. Becker, R.G. Genoway // Environ. Biol. Fish. – 1979. – Vol. 4, №3. – P. 245–256.

12. Jobling M. Temperature tolerance and the final preferendum—rapid methods for the assessment of optimum growth temperature / M. Jobling // J. Fish. Biol. – 1981. – Vol. 19, №4. – P. 439–455.

13. Seebacher F. Responses to temperature variation: integration of thermoregulation and metabolism in vertebrates / F. Seebacher // J. Exp. Biol. – 2009. – Vol. 212. – P. 2885–2891.

### References

1. Asatiani V.S. (1965). Novye metody byokhymicheskoi fotometry. Moscow, Russia. [in Russian].

2. Golovanov V.K. (2007). Vliyaniye skorosti nagreva na termoustoychivost karpa *Cyprinus carpio* v razlichnyye sezony goda / V.K. Golovanov, V.K. Smirnov // Vopr. ikhtiologii. Moscow, Russia. 47 (4). 555–561.

3. Nahorna N.V. (2008). Enerhetychnyi obmin klityny v normi i patolohii. Mozhlyvosti yoho otsinky / N.V. Nahorna, N.A. Chetveryk, A.A. Fedorova. Klinichna herontolohiia. 6. 58.

4. Orlova O.A. (2009). Vplyv parafarmatsevyka «Vin-Vita» na stan enerhetychnoho obminu v doroslykh shchuriv / O.A. Orlova, O.O. Lazarchuk. Ukrainskyi medychnyi almanakh. 12 (5). 124–128.

5. Romanenko V.D., Arsan O.M. & Solomatina V.D. (1991). Mekhanizmy temperaturnoy akklimatsii ryb. Kyiv, Ukraine. [in Russian].

6. Skulachev V.P. (1962). Sootnosheniye okisleniya i fosforilirovaniya v dykhatelnoy tsepi. Moscow, Russia. [in Russian].

7. Abraham J.P. (2013). A review of global ocean temperature observations: Implications for ocean heat content estimates and climate change / J.P. Abraham. Rev. Geophys. 51 (3). 450–483.

8. Atkinson D.E. (1971). Adenine nucleotides as universal stoichiometric metabolic coupling agents. Advances in enzyme regulations / ed. G. Weber. New York. 207–219.

9. Atkinson D.E. (1977). Cellular energy metabolism and its regulation. New York: Plenum Press. 235.

10. Atkinson D.E. (1968). The energy charge of the adenylate pools as a regulatory parameter. Interaction with feedback modifiers / D.E. Atkinson. Biochemistry. 7 (11). 4030–4034.

11. Becker C.D. (1979). Evaluation of the critical thermal maximum for determining thermal tolerance of freshwater fish / C.D. Becker, R.G. Genoway. Environ. Biol. Fish. 4 (3). 245–256.

12. Jobling M. (1981). Temperature tolerance and the final preferendum—rapid methods for the assessment of optimum growth temperature / M. Jobling. J. Fish. Biol. 19 (4). 439–455.

13. Seebacher F. (2009). Responses to temperature variation: integration of thermoregulation and metabolism in vertebrates / F. Seebacher. J. Exp. Biol. 212. 2885–2891.

## **ОСОБЕННОСТИ ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЕ ТКАНЕЙ КАРПА *CYPRINUS CARPIO* L. ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ПОВЫШЕННОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОДЫ**

**В. Н. Марценюк, А. С. Потрохов, О. Г. Зиньковский**

*Аннотация.* Исследованы особенности энергообеспечения различных тканей карпа при воздействии повышенной температуры воды. Установлено, что процессы энергообразования и энергозатрат

*при неблагоприятном температурном факторе в тканях мышц, жабр и печени упомянутого вида рыб характеризуются разной интенсивностью. В мышцах и жабрах содержание адениловых нуклеотидов при температуре 26°C резко снижается, тогда как в печени изменение значений этих показателей не так заметно. Соотношение АТФ:АДФ:АМФ почти во всех исследованных тканях с постепенным повышением температуры от 24°C до 34°C нарушается в сторону увеличения доли АМФ. Что касается аденилатного энергетического заряда, то полученные результаты могут свидетельствовать о инактивацию распада АТФ, а также о включении организмом карпа компенсаторных механизмов, направленных на предупреждение снижения уровня энергетического обеспечения тканей. Значения основных биоэнергетических коэффициентов в соответствующих тканях при температуре 26°C также снижаются, однако при дальнейшем повышении температуры до 34°C разница с контролем уменьшается, что может свидетельствовать о развитии адаптации к неблагоприятному фактору. В работе показана зависимость протекания реакций энергетического обмена, а именно обмена аденилатов в тканях карпа от колебательного режима повышенной температуры воды. Полученные данные указывают на разную степень энергообеспечения тканей одного организма при нетипичных условиях.*

**Ключевые слова:** аденилаты, нуклеотиды, АТФ, АДФ, АДФ, макроэрги, энергетический обмен, карп, ткани.

## **FEATURES POWER SUPPLY OF TISSUES CARP CYPRINUS CARPIO L. FOR EXPOSURE TO HIGH WATER TEMPERATURE**

**V. Martseniuk, A. Potrokhov, O. Zinkovskyi**

**Abstract.** *The peculiarities of power supply of various carp tissues under the influence of high water temperature are investigated. It was established that the processes of energy generation and energy consumption due to the unfavorable temperature factor in the tissues of the muscles, gills and liver of the mentioned species of fish are characterized by different intensity. In the muscles and gills, the content of adenine nucleotides at a temperature of 26°C is sharply reduced, whereas in the liver the change in the values of these indicators is not so pronounced. The ratio of ATP:ADP:AMP in almost all investigated tissues with a gradual increase in temperature from 24°C to 34°C is violated in the direction of increasing the proportion of AMP. In the case of adenylates energy charge, the results may indicate an inactivation of the ATP decomposition, as well as the inclusion of a compensatory mechanism of the carp by the body, aimed at preventing a decrease in the energy supply of tissues. The value of the main bioenergetic coefficients in the corresponding tissues at a temperature of 26°C is also reduced, but with a further rise in temperature to 34°C, the difference with the control decreases, which may indicate the development of adaptation to the adverse factor. The paper shows the dependence of the course of energy metabolism reactions, namely the exchange of adenylates, in carp tissues on the oscillatory regime of high water temperature. The obtained data indicate a*

*different degree of energy supply of tissues of one organism under non-typical conditions.*

***Keywords: adenylates, nucleotides, ATP, ADP, ADP, macroergic substances, energy metabolism, carp, tissue.***

## АГРОЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ПІДВИЩЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ТА ЯКОСТІ БУЛЬБ КАРТОПЛІ ЗА УМОВ ВИКОРИСТАННЯ БІОПРЕПАРАТІВ

**В. А. КОЛТУНОВ**, доктор сільськогосподарських наук, професор  
**В. В. БОРОДАЙ**, кандидат біологічних наук,  
доцент кафедри екобіотехнології та біорізноманіття  
**Національний університет біоресурсів і природокористування**  
E-mail: veraboro@gmail.com

**Анотація.** *Формування продуктивності картоплі в різних ґрунтово-кліматичних зонах Львівської області залежить від строків посадки та оброблення рослин і бульб мікробіологічними та хімічними препаратами. Установлено, що застосування Фітоциду, Планризу, Діазофіту і Фосфоентерину сприяло підвищенню врожайності, товарності та збільшенню стандартної частини бульб картоплі. Протягом трьох років досліджень найвищу загальну і товарну врожайність одержано від посадки бульб у третій декаді квітня.*

**Ключові слова:** картопля, продуктивність, товарність, біопрепарати.

**Актуальність.** Картопля (*Solanum tuberosum* L.) є п'ятою важливішою культурою у світі з високим потенціалом врожайності, для повної реалізації якого необхідне створення гнучких наукомістких технологій з елементами біологізації для збільшення валових зборів бульб з урахуванням екологічних чинників. В Європі Україна є однією з найбільших виробників картоплі, однак у структурі реалізації врожаю частка для переробної промисловості становить близько 3-4%, тобто майже вся продукція реалізується у свіжому вигляді. У країнах ЄС з більшою у 2-2,5 разу врожайністю культури продається не більше ніж 6% бульб картоплі, іншу частину використовують для перероблення. У переробній галузі особливу увагу приділяють якості та безпечності продукції [4].

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Якість урожаю картоплі можна підвищити завдяки удосконаленню технології вирощування рослин, а саме біологізації. Численними дослідженнями встановлено, що застосування екологічно безпечних мікробіологічних препаратів на основі мікроорганізмів покращує фосфорне та азотне живлення рослин, активізує ростові процеси, посилює імунітет рослин, здійснює біоконтроль фітопатогенів [1,4,6]. Одним із перспективних напрямків таких технологій є використання біологічних препаратів на основі мікроорганізмів групи PGPR (plant growth-promoting rhizobacteria) [2,3,7,8]. В Україні Планриз БТ (на основі бактерій *Pseudomonas fluorescence* AP-33) зареєстровано в «Переліку пестицидів і агрохімікатів,

дозволених до використання в Україні», але його рекомендують лише для зернових, кукурудзи та на виноградниках. В інших країнах цей штам бактерій досліджували і на картоплі, ведеться постійний пошук нових, активніших щодо патогенів картоплі штамів *Pseudomonas spp.* [2,3,8].

**Метою дослідження** було визначення ефективності застосування препаратів хімічного та мікробіологічного походження для підвищення товарності та якості бульб залежно від строків посадки картоплі у ґрунтово-кліматичних зонах Львівської області.

**Матеріали і методи дослідження.** Дослідження проводили у Львівській області, ґрунтово-кліматичні умови в якій відрізняються між собою, зокрема в зонах Західного Полісся (Радехівський район), Західного Лісостепу (Жовківський район), Передгір'я Карпат (Стрийський район), Карпати (Сколівський район) за методиками, розробленими Інститутом картоплярства НААН України [5]. Посадку картоплі проводили 27-30 квітня, 25-15 травня і 29-30 травня по обороту багаторічних трав, без внесення мінеральних добрив. Бульби викопували вручну в третій декаді серпня – другій декаді вересня. Безпосередньо бульби перед садінням, потім рослини в період бутонізації – квітування обприскували робочим розчином (3мл/л) біопрепарату Планриз на основі штамів бактерій *Pseudomonas fluorescence* AP-33 та 0,5-0,6% фунгіциду Ридоміл Голд МЦ 68WG (діюча речовина металаксил-М і манкоцеб). Досліди проводили з районованими сортами Лілея та Скарбниця за схемою, наведеною в таблицях 1-4. Біологічним контролем слугували метаболіти бактерій *Bacillus subtilis* (біопрепарат Фітоцид, 2,0л/га), також досліджували біопрепарати Діазофіт та Фосфоентерин (ФМБ) на основі азотфіксувальних і фосфоромобілізуючих бактерій. Статистичне оброблення даних проводили в пакеті аналізу Microsoft Excel.

**Результати досліджень.** Під дією біопрепаратів на 2-5 діб прискорювалося проходження фенологічних фаз росту і розвитку, простежувалося збільшення асиміляційної поверхні листків, на початку бутонізації – кінця квітування – зниження ураженості хворобами картоплі порівняно з контролем, що зумовило підвищення врожайності та товарності бульб [2, 3].

В умовах Західного Полісся порівняно з контролем (без оброблення) і біологічним контролем (Фітоцид) біопрепарати Планриз і суміш препаратів Планриз+Діазофіт+ФМБ у різних концентраціях забезпечили підвищення врожайності в 1,5-1,9 разу, виходу стандартної частини бульб – у 1,2-1,4 разу, зменшення кількості дрібних, механічно пошкоджених та хворих бульб – у 2,4-5,5 разу. За строками садіння в зоні Західного Полісся найоптимальнішим виявився 1-й строк (третья декада квітня), а застосування суміші мікробіологічних препаратів порівняно з одним Планризом не виявило значної різниці в показниках урожайності та товарності, кількості дрібних та уражених хворобами бульб. Біопрепарати сприяли підвищенню екологічної пластичності й адаптації відносно сприйнятливого до хвороб сорту Лілея: якщо в контрольному варіанті (без оброблення) у картоплі першого строку посадки товарна врожайність

становила 17,1т/га, а другого – 8,7т/га (тобто була меншою у 2 рази), то за умов застосування біопрепаратів ця різниця була незначною – у середньому товарність зменшилась на 27,7-39,5%. За одночасного застосування Планриз у і Ридомілу Голд у картоплі першого строку посадки суттєвих відмінностей у показниках якості не простежувалось. Однак порівняно з обробленням одним фунгіцидом, у картоплі сорту Лілея другого строку посадки на 5,22т/га була вища урожайність, на 7,7% – товарність, був меншим вихід бульб – 4,8% дрібних і 3,3% уражених хворобами. У відносно стійкого сорту Скарбниця ці показники мали незначну різницю (табл. 1). Серед досліджуваних концентрацій Планриз у кращими виявились 2,0-2,5 проти 1,0-1,5л/га, а Планриз+Діазофіту+ФМБ – 2,5+0,2+0,2л/га.

Найефективнішим заходом в умовах Західного Лісостепу порівняно з контролем виявилось одночасне застосування Планриз+Діазофіту+ФМБ у концентрації 2,5+0,2+0,2л/га (товарність картоплі становила 84,9-88,2%) й окремо Планриз (2,5л/га) – 82,7-88,3% (табл. 2). Нестандартна частина врожаю була меншою порівняно з контролем за рахунок утворення невеликої кількості бульб, пошкоджених хворобами (відповідно 7,6-12,2% проти 3,3-7,7%) та дрібних бульб (5,4-13,8% проти 4,8-12,6%). Одночасне застосування Планриз у і Ридомілу Голд зумовило підвищення ефективності використання препаратів окремо Планриз у і Ридомілу Голд. Так, товарність картоплі після оброблення Ридомілом Голд становила в середньому 73,7-86,2%, Планризом – 79,9-87,7%, а сумішшю препаратів – 82,5-87,1%. Аналогічно кількість хворих рослин становила 3,3-11,6, 3,3-7,7 і 3,1-4,9% відповідно (у контрольному варіанті – 9,4-16,1%). Оптимальним строком посадки картоплі в зоні Західного Лісостепу була третя декада квітня.

У Передгір'ї Карпат за умов застосування мікробіологічних препаратів у середньому простежувалось утворення більшої кількості товарних бульб в 1,1-1,4 разу, меншої кількості дрібних бульб та уражених рослин в 1,3-1,8 разу (табл. 1). Найефективнішим заходом порівняно з контролем виявилось одночасне застосування Планриз+Діазофіту+ФМБ у концентрації 2,5+0,2+0,2л/га та окремо Планриз у, однакову ефективність показало використання суміші Планриз у і Ридомілу Голд (вихід товарних бульб становив 80,3-87,4% порівняно з 66,0-80,2% у інших варіантах). Одночасне застосування Планриз у і Ридомілу Голд також підвищувало ефективність використання препаратів окремо. За строками садіння найоптимальнішим виявився 1-й строк садіння у третій декаді квітня за рахунок утворення більшої кількості стандартної частини бульб. Показники другого терміну посадки виявились суттєво меншими.

Використання в умовах Карпат біопрепаратів спричинило підвищення врожайності та товарності картоплі, збільшення стандартної частини бульб порівняно з контролем без обробітку (табл. 4). У разі застосування мікробіологічних препаратів у середньому утворювалася більша кількість товарних – в 1,1-1,3 разу, менша кількість дрібних бульб

– в 1,2-1,8 та уражених рослин в 1,5-4,6 разу. Найефективнішим заходом порівняно з контролем виявилось одночасне застосування Планризун+Діазофіту+ФМБ у концентрації 2,5+0,2+0,2л/га та окремо Планризун. Неістотно меншим за ефективністю було застосування Планризун і Ридомілу Голд (вихід товарних бульб у середньому становив 73,1-84,3 порівняно з 52,2-78,8% у інших варіантах). Сумісне застосування Планризун і Ридомілу Голд підвищувало ефективність використання препаратів окремо. За строками садіння найоптимальнішим також виявився 1-й строк садіння у третій декаді квітня за рахунок утворення більшої кількості стандартної частини бульб.

**Висновки і перспективи.** Нами встановлено ефективність застосування Планризун на картоплі в різних ґрунтово-кліматичних зонах як окремо, так і разом із Ридмілом Голд. У ґрунтово-кліматичних зонах Львівської області застосування Фітоциду, Планризун, Діазофіту, Фосфоентерину та фунгіциду Ридоміл Голд МЦ 68 WG зумовило підвищення врожайності та товарності картоплі, збільшення стандартної частини бульб порівняно з контролем без обробітку. За зміною досліджуваних показників ранньостиглий сорт Скарбниця виявився відносно стабільнішим порівняно із середньостиглим Лілея. Протягом трьох років досліджень у чотирьох ґрунтово-кліматичних зонах Львівської області найвищу загальну і товарну врожайність одержано від посадки бульб у третій декаді квітня (перший строк). Садіння картоплі у більш пізні строки спричинило значні втрати.

Біопрепарати на основі живих бактеріальних культур та їхніх метаболітів стимулюють функціональні системи росту і розвитку рослин, виявляють антагоністичну дію щодо фітопатогенів, застосовуються для оздоровлення і захисту рослин від несприятливих чинників середовища, мають низку переваг перед хімічними пестицидами, що зумовлено їхньою екологічною безпечністю та системною імуномодельовальною дією [1,7]. Подальші дослідження буде спрямовані на вивчення ефективності використання екологічно безпечних для довкілля мікробіологічних препаратів на основі мікроорганізмів.

**1. Структура врожаю картоплі залежно від строку садіння і оброблення біологічними та хімічними препаратами в умовах Західного Полісся**

№	Варіант	Сорт Скарбниця				Сорт Лілея			
		Урожай-ність загальна, т/га	Товар-ність, %	Урожай-ність загальна, т/га	Товар-ність, %	Урожай-ність загальна, т/га	Товар-ність, %	Урожай-ність загальна, т/га	Товар-ність, %
		Строк посадки							
		перший		другий		перший		другий	
1	Без оброблення (контроль)	25,7	74,7	22,8	71,3	24,0	71,3	15,1	57,5
2	Фітоцид, 1л/га	42,3	85,8	27,4	76,8	37,0	86,6	25,9	75,9
3	РидомілГолд МЦ 68 WG, в.г.	41,1	87,9	28,3	82,2	47,5	86,9	27,4	73,9
4	Планриз(1,0л/га)	35,8	84,8	30,2	77,9	37,5	82,8	24,6	79,3
5	Планриз (1,5л/га)	40,7	85,7	34,5	80,9	36,7	86,5	30,0	76,4
6	Планриз (2,0л/га)	37,5	85,9	36,6	78,3	38,3	85,9	26,1	78,9
7	Планриз (2,5л/га)	39,3	89,2	31,7	78,6	41,8	90,0	30,0	83,8
8	Планриз+Діазофіт+ФМБ (1,0+0,2+0,2л/га)	44,5	87,5	28,2	81,0	32,8	88,4	26,0	80,6
9	Планриз+Діазофіт+ФМБ (1,5+0,2+0,2л/га)	43,1	89,9	32,1	80,7	36,3	85,7	24,1	78,3
10	Планриз+Діазофіт+ФМБ (2,0+0,2+0,2л/га)	48,3	85,9	36,2	80,8	41,5	89,0	30,2	84,0
11	Планриз+Діазофіт+ФМБ (2,5+0,2+0,2л/га)	46,1	86,8	34,0	79,7	43,7	89,6	31,1	86,8
12	Планриз+РидомілГолд МЦ 68WG, в.г. (2,0+2,5л/га)	40,1	88,2	34,6	79,5	43,9	85,1	32,6	81,6
	<i>НІР<sub>05</sub></i>	<i>2,15</i>		<i>2,27</i>		<i>1,87</i>		<i>2,14</i>	

**2. Структура врожаю картоплі залежно від строку садіння і оброблення біологічними та хімічними препаратами в умовах Західного Лісостепу**

№	Варіант	<i>Сорт Скарбниця</i>				<i>Сорт Лілея</i>			
		Урожай- ність загальна, т/га	Товар- ність, %	Урожай- ність загальна, т/га	Товар- ність, %	Урожай- ність загальна, т/га	Товар- ність, %	Урожай- ність загальна, т/га	Товар- ність, %
		<i>Строк посадки</i>							
		<i>перший</i>		<i>другий</i>		<i>перший</i>		<i>другий</i>	
1	Без оброблення (контроль)	30,8	74,4	28,4	69,7	25,5	68,4	23,2	69,0
2	Фітоцид, 1л/га	36,5	79,6	34,8	77,2	35,0	78,4	30,8	79,0
3	РидомілГолд МЦ 68 WG, в.г.	39,1	86,2	36,7	75,2	34,9	80,6	32,2	73,7
4	Планриз(1,0л/га)	35,4	87,1	35,3	76,1	35,6	78,7	30,5	77,7
5	Планриз (1,5л/га)	35,7	87,4	34,8	81,4	35,8	82,4	32,7	79,5
6	Планриз (2,0л/га)	36,9	89,9	36,8	79,3	37,2	82,0	32,3	81,4
7	Планриз (2,5л/га)	38,9	86,5	36,1	82,7	40,2	83,4	34,1	83,0
8	Планриз+Діазофіт+ФМБ (1,0+0,2+0,2л/га)	37,8	88,3	40,0	80,9	40,3	85,4	31,8	82,7
9	Планриз+Діазофіт+ФМБ (1,5+0,2+0,2л/га)	39,0	85,2	43,4	84,7	38,3	84,1	31,6	82,7
10	Планриз+Діазофіт+ФМБ (2,0+0,2+0,2л/га)	42,0	86,1	42,5	83,8	40,4	83,7	39,6	87,0
11	Планриз+Діазофіт+ФМБ (2,5+0,2+0,2л/га)	42,7	85,0	41,9	85,9	41,3	84,9	39,4	88,2
12	Планриз+РидомілГолд МЦ 68WG, в.г. (2,0+2,5л/га)	37,4	87,1	40,1	84,9	39,7	85,3	35,9	82,5
	<i>НІР<sub>05</sub></i>	<i>2,24</i>		<i>2,13</i>		<i>2,54</i>		<i>2,43</i>	

**3. Структура врожаю картоплі залежно від строку садіння і оброблення біологічними та хімічними препаратами в умовах Передгір'я Карпат**

№	Варіант дослідження	Сорт Скарбниця				Сорт Лілея			
		Урожайність загальна, т/га	Товарність, %	Урожайність загальна, т/га	Товарність, %	Урожайність загальна, т/га	Товарність, %	Урожайність загальна, т/га	Товарність, %
		Строк посадки							
		перший		другий		перший		другий	
1	Без оброблення (контроль)	28,8	65,4	27,2	64,4	26,4	54,6	21,6	53,1
2	Фітоцид, 1л/га	39,6	75,3	33,5	69,0	43,6	67,3	36,0	73,1
3	РидомілГолд МЦ 68 WG, в. г.	44,6	65,3	33,0	70,3	46,9	73,5	29,0	71,8
4	Планриз(1,0л/га)	32,6	71,3	30,8	70,1	42,4	76,7	33,6	71,5
5	Планриз (1,5л/га)	29,7	75,5	34,4	70,1	48,6	80,0	30,4	73,5
6	Планриз (2,0л/га)	32,9	74,2	32,2	71,7	42,4	70,0	31,0	74,5
7	Планриз (2,5л/га)	33,3	79,2	36,6	73,0	48,3	78,8	38,4	72,9
8	Планриз+Діазофіт+ФМБ (1,0+0,2+0,2л/га)	32,3	76,9	32,7	70,9	39,2	77,8	30,1	73,9
9	Планриз+Діазофіт+ФМБ (1,5+0,2+0,2л/га)	30,5	80,8	37,8	71,9	47,6	75,8	35,5	79,3
10	Планриз+Діазофіт+ФМБ (2,0+0,2+0,2л/га)	29,7	82,2	32,5	71,6	45,7	78,3	33,6	78,8
11	Планриз+Діазофіт+ФМБ (2,5+0,2+0,2л/га)	32,8	80,9	33,4	64,2	46,1	76,1	31,4	73,6
12	Планриз+РидомілГолд МЦ 68WG, в. г. (2,0+2,5л/га)	35,3	86,7	31,9	80,3	43,0	87,4	33,5	81,9
	<i>НІР<sub>05</sub></i>	<i>1,65</i>		<i>2,10</i>		<i>2,41</i>		<i>1,98</i>	

**4. Структура врожаю картоплі залежно від строку садіння і оброблення біологічними та хімічними препаратами в умовах Карпат**

№	Варіант дослідження	Сорт Скарбниця				Сорт Лілея			
		Урожайність загальна, т/га	Товарність, %	Урожайність загальна, т/га	Товарність, %	Урожайність загальна, т/га	Товарність, %	Урожайність загальна, т/га	Товарність, %
		Строк посадки							
		перший		другий		перший		другий	
1	Без оброблення (контроль)	16,8	58,5	15,1	56,5	12,6	46,9	11,3	48,6
2	Фітоцид, 1л/га	25,2	74,8	18,5	71,1	16,4	66,4	16,7	52,2
3	РидомілГолд МЦ 68 WG, в. г.	26,1	75,6	19,8	71,9	18,5	66,2	15,3	71,3
4	Планриз(1,0л/га)	31,2	74,0	23,4	71,6	15,9	69,5	14,5	63,7
5	Планриз (1,5л/га)	30,4	84,8	23,1	70,4	16,1	67,8	14,4	67,3
6	Планриз (2,0л/га)	29,2	77,5	2,0	72,2	16,9	15,5	14,6	68,4
7	Планриз (2,5л/га)	27,2	78,9	21,0	68,5	19,5	73,2	15,5	65,3
8	Планриз+Діазофіт+ФМБ (1,0+0,2+0,2л/га)	29,0	76,6	20,6	68,8	16,8	72,9	14,8	70,2
9	Планриз+Діазофіт+ФМБ (1,5+0,2+0,2л/га)	28,8	80,2	21,1	71,7	17,7	74,2	16,6	69,4
10	Планриз+Діазофіт+ФМБ (2,0+0,2+0,2л/га)	31,5	71,9	23,3	77,4	19,8	79,1	15,9	63,8
11	Планриз+Діазофіт+ФМБ (2,5+0,2+0,2л/га)	30,0	77,6	22,1	69,6	17,7	73,5	17,1	65,0
12	Планриз+РидомілГолд МЦ 68WG, в. г. (2,0+2,5л/га)	28,6	84,3	22,1	74,4	19,8	75,5	17,0	73,1
	<i>НІР<sub>05</sub></i>	<i>2,03</i>		<i>1,72</i>		<i>1,56</i>		<i>1,89</i>	

### Список використаних джерел

1. Биорегуляция микробно-растительных систем: монография [Текст] / Под ред. Г.А. Иутинской, С.П. Пономаренко. – К.: НІЧЛАВА, 2010. – 472 с.
2. Бородай, В. В. Підвищення товарної якості та врожаю бульб картоплі за сумісного застосування Планризу та Ридомілу Голд МЦ [Текст]/ В. В. Бородай, В. А. Колтунов, Т. В. Данілкова, Н. І. Войцешина // Зб.наук.праць БНАУ «Агробіологія». - 2016. - №2. - С. 33-37.
3. Колтунов, В.А. Вплив мікробіологічних препаратів на структуру урожаю картоплі в Карпатському регіоні [Текст]/ В. А. Колтунов, В. В. Бородай, Т. В. Данілкова, Н. І. Войцешина // Зб.наук.праць БНАУ «Агробіологія», 2015. - №1 (117). - С.48-52.
4. Колтунов, В.А. Ресурсний потенціал сортименту картоплі: монографія [Текст] / В. А. Колтунов, Н. І. Войцешина, М. М. Фурдига; Київ. нац. торг.-екон. ун-т. - Київ: КНТЕУ, 2014. - 323 с.
5. Методичні рекомендації щодо проведення досліджень з картоплею [Текст] / За ред. В. В. Кононученка. – Немішаєве: ІК УААН, 2002. – 183 с.
6. Сокол, С. В. Сравнительная продуктивность и качество картофеля, выращиваемого по экологизированной технологии в условиях Минской области [Текст]/ С. В. Сокол [и др.] // Известия Национальной академии наук Беларуси. - 2016. - №1. - С. 53-59.
7. Cray, J. A. Biocontrol agents promote growth of potato pathogens, depending on environmental conditions [Text]/ J. A. Cray, M. C. Connor, A.Stevenson, J. D. R. Houghton, D. E. N. Rangel, L. R.Cooke, J. E. Hallsworth // Microbial Biotechnology. – 2016. – Vol.9, Issue 3. – P.330-354. doi: 10.1111/1751-7915.12349.
8. Morrison, C.K. Phenazine-1-Carboxylic Acid Production by *Pseudomonas fluorescens* LBUM636 Alters Phytophthora infestans Growth and Late Blight Development [Text]/ C.K. Morrison, T. Arseneault, A. Novinscak, M.Filion// Phytopathology. - 2017. - Vol.107, Issue 3. – P.273-279. doi: 10.1094/PHYTO-06-16-0247-R.

### References

1. Iutinskaya G.A., Ponomarenko S.P. (2010). Bioregulyatsiya mikrobno-rastitelnykh sistem: Monografiya [Bioregulation of microbial-plant systems: monograph]. Kiev: Nichlava Publ., 472.
2. Boroday, V. V., Koltunov, V. A., Danllkova, T. V., Vojceshy`na, N. I. (2016). Pidvy`shhennya tovarnoyi yakosti ta vrozhayu bul`b kartopli za sumisnogo zastosuvannya Planry`zu ta Ry`domilu Gold MCz [Improvement of marketable quality and potato tuber yields for joint use of Planriz and Ridomil Gold MC].Agrobiologiya, 2, 33-37.
3. Koltunov, V.A., Boroday, V. V., Danllkova, T. V., Vojceshy`na, N. I. (2015). Vplyv` mikrobiologichny`x preparativ na strukturu urozhayu kartopli v Karpats`komu regioni [Influence of microbiological preparations on the structure of potato crops in the Carpathian region]. Agrobiologiya, 1 (117), 48-52.
4. Koltunov, V.A., Vojceshy`na, N. I., Furdy`ga, M. M. (2014). Resursny`j potencial sorty`mentu kartopli: monografiya [Resource potential of a potato variety: a monograph], Ky`yiv: KNTEU, 323.
5. Kononuchenko, V. V. ed. (2002). Metody`chni rekomendaciyi shhodo provedennya doslidzhen` z kartopleyu [Methodical recommendations for research on potatoes]. Ky`yiv, Nemishayeve: IK UAAN, 183.
6. Sokol, S. V. (2016). Sravnitel`naya produktivnost` i kachestvo kartofelya, vyrashchivaemogo po ehkologizirovannoj tekhnologii v usloviyah Minskoj oblasti [Comparative productivity and quality of potatoes grown on environmentally friendly

technology in the conditions of the Minsk region]. *Izvestiya Nacional'noj akademii nauk Belarusi*, 1, 53-59.

7. Cray, J. A., Connor, M. C., Stevenson, A., Houghton, J. D. R., Rangel, D. E. N., Cooke, L. R., Hallsworth, J. E. (2016). Biocontrol agents promote growth of potato pathogens, depending on environmental conditions. *Microbial Biotechnology*, 9(3), 330–354. doi: 10.1111/1751-7915.12349.

8. Morrison, C.K., Arseneault, T., Novinscak, A., Fillion M. (2017). Phenazine-1-Carboxylic Acid Production by *Pseudomonas fluorescens* LBUM636 Alters *Phytophthora infestans* Growth and Late Blight Development. *Phytopathology*. Mar; 107(3):273-279. doi: 10.1094/PHYTO-06-16-0247-R.

## **АГРОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПОВЫШЕНИЯ ПРОДУКТИВНОСТИ И КАЧЕСТВА КЛУБНЕЙ КАРТОФЕЛЯ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ БИОПРЕПАРАТОВ**

**В. А. Колтунов, В. В. Бородай**

**Аннотация.** *Формирование продуктивности картофеля в почвенно-климатических зонах Львовской области зависит от сроков посадки и обработки растений и клубней микробиологическими и химическими препаратами. Установлено, что применение Фитоцида, Планриза, Диазофита и Фосфоэнтерина способствовало повышению урожайности, товарности и увеличению стандартной части клубней картофеля. В течение трех лет исследований самую высокую общую и товарную урожайность получено от посадки клубней в третьей декаде апреля.*

**Ключевые слова:** *картофель, продуктивность, товарность, биопрепараты.*

## **AGRO-ECOLOGICAL ASPECTS OF PRODUCTIVITY AND QUALITY INCREASE OF POTATO TUBERS UNDER USING OF BIOPREPARATIONS**

**V. Koltunov, V. Boroday**

**Abstract.** *The formation of potato productivity in the soil and climatic zones of the Lviv region depends on the timing of planting and processing of plants and tubers by microbiological and chemical preparations. It has been established that the using of Phytocyd, Planriz, Diasophyt, Phosphoenterin was promoted of yield, marketability and standard part increasing of potato tubers. During the three years of research, the highest total and commercial yields were obtained from planting tubers in the third decade of April.*

**Keywords:** *potato, productivity, marketability, biopreparations.*

## **ЕФЕКТИВНІСТЬ ВПЛИВУ ЕКСТРАКТІВ, ОТРИМАНИХ З БІОТРАНСФОРМОВАНИХ ВЕРМІКУЛЬТУРОЮ СУБСТРАТІВ, НА РІСТ НАСІННЯ КУКУРУДЗИ.**

**В. Т. СМЕТАНІН**, доктор сільськогосподарських наук,  
професор кафедри біотехнології

**К. І. ТИМЧИЙ**, науковий співробітник кафедри біотехнології

**О. І. СІДАШЕНКО**, кандидат біологічних наук, асистент кафедри  
біотехнології

*Український державний хіміко-технологічний університет м. Дніпро*  
*E-mail: holoddnepr@i.ua*

**Анотація.** Досліджували ефективність екстрактів, отриманих із зразків органічних субстратів, на швидкість проростання та ріст зерна кукурудзи.

Субстрати були біотрансформовані продовж чотирьох місяців опроміненими та неопроміненими черв'яками виду *Eisenia foetida*. Дослідженню підлягали екстракти, отримані з біотрансформованих субстратів донних залежів водоймищ Дніпропетровської області, та екстракти, виділені з біотрансформованих субстратів ґрунту Присамар'я Дніпропетровщини.

Найкращі результати отримано при дослідженні насіння, обробленого екстрактами, які було виділено з біотрасформованого опроміненими протягом 10-25хв черв'яками субстрату сапропелю.

**Ключові слова:** екстракт, проростання зерна, субстрат, опромінення.

**Актуальність.** Однією з актуальних соціально-економічних та екологічних проблем сучасного суспільства є захист довкілля від тваринних, рослинних, побутових і промислових відходів, які є джерелом забруднення навколишнього середовища. Одним з ефективних і екологічно безпечних методів розв'язання проблеми є вермікультивування за допомогою дощових черв'яків.

Використання технології вермікультивування – найдоцільніший спосіб біологізації землеробства, а його продукт – біогумус – сприяє оздоровленню ґрунтів та підвищенню їхньої родючості, що забезпечує одержання високих і стабільних урожаїв та екологічно безпечної продукції. Крім того, вермікультуру застосують для очищення донного мулу. [1]. Також для одержання швидкого результату при оцінювання якості ґрунтів та органічних субстратів рекомендують пророщування насіння рослин, обробленого екстрактами, отриманими із субстратів [4].

Отже, важливим є вивчення ефективності впливу екстрактів, отриманих із біотрансформованих вермікультурою субстратів, на ріст насіння економічно перспективних культур, зокрема кукурудзи.

**Мета дослідження:** – оцінити вплив опромінення лазером дощових черв'яків *Eisenia foetida* на ефективність біотрансформації ними органічних субстратів та одержаних з них екстрактів за показниками проростання, схожості та швидкості росту насіння кукурудзи.

**Методи та матеріали дослідження.** Дослідження з ефективності біогумінових екстрактів організовано та проведено на кафедрі біотехнології ДВНЗ УДХТУ.

Дослідження проводили у три етапи. На першому – опромінювали черв'яків виду *Eisenia foetida* лазером типу ЛГН-208Б (потужністю 1мВт) за різними експозиціями в часі: 5, 10, 15, 20, 25, 30 хв. Дощових черв'яків утримували в розділених відповідно часу експозиції групах на двох субстратах. Перший субстрат – донний мул водоймищ з рН 8,2 та вмістом органічної речовини 2,72%, другий субстрат – ґрунт-суглинок з рН 7,5 та вмістом органічної речовини 3,69%. Вміст органічної речовини визначали за ГОСТ 4289-2004. До кожного субстрату додавали відходи сільськогосподарського виробництва, а саме лушпиння кукурудзяних качанів у кількості 10г на тиждень.

Початкова кількість особин у кожному субстраті 20шт., об'єм кожного субстрату 500г, загальна кількість – 14. Зона оптимуму вологості субстратів для даного виду черв'яків перебуває в межах 67-84% за температури 15°C [6]. В експерименті вологість субстрату була в межах 75-84% за температури 15-18°C. На другому етапі проведено біотрансформацію названих вище субстратів черв'яками виду *Eisenia foetida* протягом 122 діб.

Третій етап передбачав вивчення впливу екстрактів, одержаних із субстратів після їх біотрансформації, на енергію проростання та ріст проростків насіння кукурудзи та був проведений у триразовому повторі.

Одержували екстракти з біотрансформованих субстратів відповідно до прийнятих методик [5]. З кожного біотрансформованого субстрату брали наважки по 20г, які переносили до конічних колб та додавали по 80мл дистильованої Н<sub>2</sub>О. Всі колби з водними розчинами зразків субстратів поміщали до установки трясіння АБУ-6С. Екстрагували в періодичному режимі протягом двох діб, загальний час екстракції становив 6год. Після того до кожної колби з екстрактом субстрату додали по 2мл 0,1н. NaOH.

Як тест-культуру використовували кукурудзу лінії СМ – 264М. Для цього зерна відібрали за масою і розміром фракції, відповідно до вимог, на відповідність до класу «еліти» у кількості 13 зернин для кожного дослідження та поміщали до чашок Петрі, попередньо загорнувши їх в один шар марлі. Чашки з насінням кукурудзи заливали 70-75мл рідкої фракції екстракту, одержаного з біотрансформованого субстрату. Витримували зерно в цьому розчині протягом 48год холодним методом. На третю добу виявляли енергію проростання. Потім промочене зерно кукурудзи засипали вологим шаром ґрунту безпосередньо в чашках Петрі та визначали досліджувані параметри, а саме схожість, кількість в середню довжину проростків. Результати досліджень обробляли біометрично за Плохінським [9].

**Результати дослідження та їх обговорення.** За даними, наведеними в таблиці 1, установлено, що найкращі результати отримано при дослідженні насіння, обробленого екстрактами, які виділено з біотрасформованого опроміненими протягом 10-25хв черв'яками субстрату

сапропелю, та насіння, обробленого екстрактами, які виділено з біотрасформованого опроміненими протягом 10-20хв черв'яками субстрату ґрунту.

Установлено, що на сьому добу досліду в контролі та при використанні субстрату ґрунту, біотрансформованого опроміненими черв'яками, проростання зерна не відбувалося. Винятком була дослідна група, у якій субстрат ґрунту було біотрансформовано опроміненими протягом 15хв черв'яками. А при посіві зерна після оброблення екстрактами з субстрату сапропелю, біотрансформованого опроміненими протягом 15-30хв черв'яками, спостерігали його проростання.

На дев'яту добу досліду насіння, оброблене екстрактом із біосубстрату донного мулу, за експозиції опромінення черв'яків 20 хв дало кількість проростків у 1,8 разу більшу, середню довжину проростка – у 1,2 разу вища, а схожість – у 1,5 рази нижча, порівняно з насінням, обробленим екстрактом із субстрату ґрунту. При цьому при використанні субстрату ґрунту (опромінення 20 хв) кількість проростків та схожість у 2 рази, а середня довжина проростків у 1,8 разу були вищими порівняно з контролем. Під час дослідження впливу екстракту з субстрату сапропелю встановлено, що кількість проростків – у 2,3 разу, схожість у 1,3 разу, а середня довжина проростків – у 1,5 разу вищі порівняно з контролем.

Виявлено, що у всіх дослідних групах при використанні екстрактів із субстрату ґрунту довжина проростків насіння вища у 1,5 разу, а екстрактів із субстрату сапропелю – у 1,3 разу порівняно з контролем.

Порівняння експериментальних даних схожості насіння і кількісної оцінки органічних речовин у субстратах після передпосівного замочування насіння в екстрактах показало, що найефективніший вплив на досліджувані показники отримано в тих групах, де біотрансформацію субстратів проводили опроміненими черв'яками виду *Eisenia foetida* 15, 20, та 25 хв. У попередніх дослідженнях саме в цих субстратах спостерігається вищий уміст органічних речовин та гумінових і фульвокислот, а саме: органічної речовини в контролі – 3,69%, у субстраті сапропелю експозиції опромінення 15хв – 4,06%; гумінових кислот у контролі – 1,74г/кг, у субстраті сапропелю експозиції опромінення 25хв – 3,25г/кг.

## 1. Показники проростання зерна кукурудзи лінії СМ-264

Час опромінення груп черв'яків, хв	n, зернин	Енергія проростання зернин, шт.	Кількість проростків, шт.		Середня довжина проростка в групі, мм.		Схожість, %
			7 день	9 день	7 день	9 день	
<b>Субстрат ґрунт і сільськогосподарські відходи</b>							
контроль	13	4	0	3	-	10,30	23
5	13	4	0	5	-	14,70	38
10	13	6	0	8		13,70	61
15	13	8	4	10	10,37	16,90	77
20	13	5	0	6	-	18,90	46
25	13	3	0	3	-	10,80	23
30	13	4	0	6	-	17,70	46
Середній показник у дослідних групах	-	5,00+0,76	-	6,30+1,21	-	15,92+0,55	-
<b>Субстрат сапропель і сільськогосподарські відходи</b>							
контроль	13	4	0	3	0	15,50	23
5	13	4	4	5	10,60	18,70	38
10	13	5	0	7	0	18,70	61
15	13	3	4	4	10,60	17,40	53
20	13	9	7	11	10,50	22,90	30
25	13	7	5	8	15,70	18,50	84
30	13	6	5	8	10,70	18,40	61
Середній показник у дослідних групах	-	5,60+0,81	4,10+1,27	7,10+1,17	11,62+0,44	19,51+0,82	-

**Висновок.** Установлено, що у всіх дослідних групах при використанні екстрактів субстрату ґрунту довжина проростків насіння вища у 1,5 разу, а екстрактів субстрату сапропелю – у 1,3 разу порівняно з контролем.

### Список використаних джерел

1. Сиденко В.П., Войтенко А.М. Современная биотехнология переработки органических отходов как перспективный путь решения санитарно-экологических проблем // Тез. докл. 2 Международной конференции «Сотрудничество для решения проблемы отходов». – Харьков, 2005. – С.269.
2. Основы экогеологии, биоиндикации и биотестирования водных экосистем: Учеб. пособие. / Под ред. В.В. Куриленко. СПб.: Изд-во СПбГУ. 2004. С. 122-135.
3. Методика определения токсичности воды и водных вытяжек из почв, осадков сточных вод, отходов по смертности и изменению плодовитости цериодафний. ФР.1.39.2001.00282. М.: Акварос, 2001. С. 30-46.
4. Фомин Г.С., Фомин А.Г. Почва. Контроль качества и экологической безопасности по международным стандартам. Справочник. М.: Протектор, 2001. С. 278-300.

5. О. В. Жуков, О. Є. Пахомов, О. М. Кунах Біологічне різноманіття України. Дошові черв'яки (Lumbricidae) Монографія ДНУ, 2007.С. 114-251.
6. М. Г. Цехмитрук, І. М. Мустафаров, К. М, Манько Аспекти вирощування кукурудзи // Бюлетень інституту рослинництва ім. В. Я. Юр'єва www.agro-busintss.com.ua.
7. Методика выполнения измерений всхожести семян и длины корней проростков высших растений для определения токсичности техногенно загрязненных почв. ФР.1.39.2006.02264.
8. Плохинский Н. А Биометрия: Учебное Пособие / М: Химия, 2005,. С. 55-58.

### References

1. Sidenko, V. P. Voitenko, A. M. Modern biotechnology processing organic waste as a promising way to solve sanitary and environmental problems // proc. Dokl. 2 International conference «Cooperation for waste issues». – Kharkov, 2005. – P. 269.
2. Basics ecogeology, bioindication and biological testing of aquatic ecosystems: Proc. allowance. / Under red.V.V. Kurylenko. SPb .: Publishing house of the St. Petersburg State University. 2004. P. 122-135.
3. Method of determining the toxicity of water and water extracts from soils, sewage sludge, mortality and fertility change waste tseriodafny. FR.1.39.2001.00282. M .: Akvaros 2001. P.30-46.
4. GS Fomin, Fomin AG The soil. Quality control and environmental safety international standards. Directory. M .: The Protector,2001.P. 278-300.
5. A. V. Zhukov, A. Ye. Pakhomov, O. N. Kunach The biological diversity of Ukraine. Earthworms (Lumbricidae) monograph DNU, 2007. P. 114-251.
6. MG Tsehmitruk, I. M. Mustafar, K. M, Manko aspects viroschuvannya Kukurudza Newsletter institutu roslinnitstva IM. VY Yur'eva www.agro- busintss com.ua
7. The method of measurement of seed germination and root length seedlings of higher plants to determine the toxicity of anthropogenic contaminated soils. FR.1.39.2006.02264.
8. N.A. Plohinsky Biometrics: Textbook / - M: Chemistry, 2005. P. 55-58.

## ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВЛИЯНИЯ ЭКСТРАКТОВ, ПОЛУЧЕННЫХ ИЗ БИОТРАНСФОРМИРОВАННЫХ ВЕРМИКУЛЬТУРОЙ СУБСТРАТОВ, НА РОСТ СЕМЯН КУКУРУЗЫ

**В. Т. Сметанин, Е. И. Тимчий, О. И. Сидашенко**

**Аннотация.** *Исследовали эффективность экстрактов, полученных из образцов органических субстратов, на скорость прорастания и рост семян кукурузы.*

*Субстраты были биотрансформированы в течение четырех месяцев облученными и необлученными червями вида Eisenia foetida. Исследованию подлежали экстракты, полученные из биотрансформированных субстратов донных залежей водоемов Днепропетровской области, и экстракты, выделенные из биотрансформированных субстратов почвы Присамарья Днепропетровщины.*

*Лучшие результаты получено при исследовании семян, обработанных экстрактами, которые были выделены из биотрансформированных облученными в течение 10-25мин. червями субстрата сапропеля.*

**Ключевые слова:** *экстракт, прорастание зерна, субстрат, облучение.*

# THE EFFECT OF EXTRACTS OBTAINED FROM BIOTRANSFORMATION VERMICULTURE SUBSTRATES ON THE GROWTH OF CORN SEEDS

V. Smetanin, K. Timchy, O. Sidashenko

**Abstract.** *Investigated the effect of extracts obtained from samples of organic substrates on the rate of germination and growth of maize seeds.*

*The substrates were biotransformation within four months of the irradiated and non-irradiated worms of the species Eisenia foetida. The study was subject to the extracts obtained from biotransformation substrates of bottom deposits of water bodies of Dnipropetrovsk region and extracts obtained from biotransformation substrates soil Priamurja of Dnipropetrovsk.*

*The best results obtained in the study of the seeds treated with extracts that were isolated from irradiated biotransformation within 10-25min worms of the substrate sapropel (bottom deposits).*

**Keywords:** *extract, germination of grain, substrate, irradiation.*

## СЕГЕТАЛЬНІ РОСЛИНИ НАСАДЖЕНЬ ТОМАТІВ ЯК РЕЗЕРВАТОРИ ФІТОПАТОГЕННИХ БАКТЕРІЙ

**Ю. В. КОЛОМІЄЦЬ**, кандидат біологічних наук, доцент

**І. П. ГРИГОРЮК**, доктор біологічних наук, професор, член-кореспондент  
НАН України

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

**Л. М. БУЦЕНКО**, кандидат біологічних наук, доцент

*Інститут мікробіології і вірусології ім. Д. К. Заболотного*  
*НАН України*

*E-mail: julyja@i.ua*

**Анотація.** В умовах України бур'яни як екологічна ніша фітопатогенних бактерій вивчені фрагментарно. Нашим завданням було дослідити поширеність на бур'янах у насадженнях рослин томата *P. syringae* pv. *Tomato*, широко відомого в Україні збудника бактеріальної крапчастості, та *X. vesicatoria* – збудника чорної бактеріальної плямистості. Дослідження проводили стандартними мікробіологічними методами, вірулентні властивості виділених ізолятів вивчали методом штучного зараження. Із зразків здорових сегетальних рослин, відібраних у насадженнях томатів, ізолювано та ідентифіковані фітопатогенні бактерії *Xanthomonas* sp., *Pseudomonas syringae*, *Pseudomonas* sp., *Pseudomonas viridiflava* та *Pantoea agglomerans*. Виділені ізоляти бактерій за умов штучного зараження овочевих культур спричинювали типові симптоми бактеріальних хвороб. Установлено, що зовні здорові бур'яни в насадженнях томатів є акумуляторами високоагресивних штамів бактерій роду *Pseudomonas* та *Xanthomonas*.

**Ключові слова:** *томати, фітопатогенні бактерії, бур'яни, Pseudomonas, Xanthomonas, Pantoea agglomerans.*

**Актуальність.** Збудники хвороб, шкідники та бур'яни є основними факторами, що перешкоджають отриманню високих урожаїв овочевих культур. Негативний вплив сегетальної рослинності складається з конкуренції за ресурси розвитку й алелопатичного пригнічення бур'янами овочевих культур [1].

До головних біологічних особливостей бур'янів належать висока насіннева продуктивність, різноманітні способи поширення, біологічні властивості насіння (спокій, довговічність, разнопліддя) і здатність до вегетативного розмноження [2].

Багато з сегетальних рослин можуть бути носіями збудників хвороб культурних рослин [3]. Бур'яни, які інтенсивніше виділяють продукти обміну на поверхню тканин, характеризуються багатшою і різноманітнішою епіфітною мікрофлорою, яка спостерігається не лише на стеблах, листках та інших надземних органах рослин, але й на насінні. Серед цієї мікрофлори

трапляються фітопатогенні бактерії, які також можуть бути в епіфітній фазі, тобто мешкати на поверхні рослин як непатогенна мікрофлора, або в так званій резидентній фазі. У цих випадках вони не спричиняють захворювань рослин [4, 5].

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Серед фітопатогенних бактерій-епіфітів на бур'янах встановлено *P. syringae* pv. *syringae* і *Erwinia amylovora* – в садах Закарпаття, *P. syringae* pv. *phaseolicola* і *P. syringae* pv. *glucinea* – в Іспанії в посівах бобових, *Xanthomonas campestris* – на хрестоцвітних бур'янах у Каліфорнії, *P. syringae* pv. *atrofaciens* і *P. syringae* pv. *coronofaciens* – у посівах зернових в Україні [6, 7, 8].

Дослідження, проведені авторами [2, 9], дали змогу висунути гіпотезу про те, що патогенні бактерії (*Pseudomonas syringae*) можуть утворювати невеликі епіфітні колонії на стійких до них рослинах, а потім переселятися на рослину-хазяїна, утворюючи ендоепіфітні колонії. Непатогенні бактерії *Pantoea agglomerans* і патогенні бактерії *Erwinia amylovora* та *Pseudomonas syringae* використовують епіфітний механізм колонізації сеgetальних рослин як один із шляхів поширення [9].

Дані літератури підтверджують необхідність детального вивчення епіфітної фази фітопатогенних бактерій на бур'янах овочевих насаджень, що є актуальним для створення раціональніших систем їх захисту від збудників бактеріозів, у тому числі для розроблення профілактичних заходів та обмеження їхньої шкідливості. В умовах України бур'яни як екологічна ніша фітопатогенних бактерій вивчено фрагментарно.

Тому нашим завданням було дослідити поширеність на бур'янах у насадженнях рослин томата *P. syringae* pv. *tomato*, широко відомого в Україні збудника бактеріальної крапчастості, та *X. vesicatoria* – збудника чорної бактеріальної плямистості.

**Матеріали і методи дослідження.** Об'єктом досліджень слугували такі бур'яни: райграс високий (*Arrhenatherum elatius*), лобода біла (*Chenopodium album*), молочай лозяний (*Euphorbia virgata*), осот польовий (*Cirsium arvense*), пирій повзучий (*Agropyron repens*), череда волосиста (*Bidens pilosa*), портулак городній (*Portulaca oleraceae*), горець повстяний (*Polygonum lapathifloium*), березка польова (*Convolvulus arvensis* L.), грицики звичайні (*Capcella bursa-pastoris* L.), гірчиця польова (*Sinapis arvensis* L.), кульбаба лікарська (*Taraxacum officinale* Wigg.), хвощ польовий (*Equisetum arvense* L.), редька дика (*Raphanus raphanistrum* L.).

Зразки бур'янів (стебла, листки, кореневища) відбирали в насадженнях томатів на полях Київської та Херсонської областей. Для дослідження відбирали зовні здорові бур'яни. Фітопатологічний аналіз і вивчення морфологічних, культуральних та біохімічних властивостей з метою ідентифікації виділених бактерій проводили стандартними методами [10, 11]. У виділених ізолятів бактерій визначали здатність індукувати реакцію надчутливості (РНЧ) у листках тютюну [11].

Вірулентні властивості виділених ізолятів вивчали в польових і лабораторних умовах методом штучного зараження листків і стебел на різних стадіях розвитку перцю, моркви, баклажанів, зелених плодів томатів та бульб картоплі. Для штучного зараження використовували суспензію бактерій щільністю  $1 \times 10^9$  КУО в 1мл стерильної водогінної води, яку

наносили на поверхню листя рослин з подальшим пораненням листя трійником або вводили в стебло шляхом ін'єкції шприцом [11]. Повторність дослідів 5-7-разова. Облік штучного ураження проводили за 5-бальною шкалою [5]: 0 – відсутність ознак ураження; 1 – облямівка навколо місця уколу; 2 – розвиток плям невеликого розміру (5мм); 3 – ураження 1/2 частини листка чи міжвузля; 4 – ураження 2/3 частини листка, всього міжвузля, ураження стебла та листя; 5 – в'янення всього листка, почорніння 2-3 міжвузлів, сильне ураження стебла та листя, листя скручується і всихає.

Для порівняльних досліджень у роботі використовували штами фітопатогенних бактерій *X. vesicatoria* (Doidge 1920) Vauterin et al. 1995 штам 9098 з колекції відділу фітопатогенних бактерій Інституту мікробіології і вірусології ім. Д. К. Заболотного НАН України та *P. syringae* pv. *tomato* (Okabe 1933) Young et al. 1978 штам Darrg-4 213, який отримано з Інституту пестицидів та захисту рослин, Сербія.

**Результати дослідження та їх обговорення.** Обстеження бур'янів, збір і аналіз зразків здійснювали з червня по вересень. На всіх досліджуваних полях бур'яни були присутні в значній кількості і без ознак ураження. Проте в попередніх дослідженнях у насадженнях томатів нами було виявлено та описано бактеріальні ураження таких бур'янів, як пирій повзучий, щиреця звичайна, фізаліс опушений і дурман звичайний, та ідентифіковано їхніх збудників [12].

Всього нами проаналізовано 63 рослинні зразки і виділено близько 43 ізолятів бактерій, зокрема 40 із сірими й 23 з жовтопігментованими колоніями. Бактерії виділяли іноді в чистій культурі, частіше – у суміші. Після первинної перевірки патогенних властивостей ізолятів на помідорах далі ідентифікували лише патогенні ізоляти.

Ізоляти грамнегативних паличкоподібних аеробних неспороутворюючих бактерій із сірими, прозорими або напівпрозорими колоніями з плоским або ввігнутих центром, оксидазонегативні на підставі культурально-морфолого-біохімічних властивостей було віднесено до роду *Pseudomonas* (табл. 1).

За всіма вивченими культуральними і фізіолого-біохімічними властивостями ізоляти роду *Pseudomonas* були схожі між собою і з узятим для порівняння штамом *P. syringae* pv. *tomato* Darrg-4 213. Для ідентифікації бактерій роду *Pseudomonas* досить часто використовують LOPAT-тест [14], що включає здатність до утворення левану, наявність оксидази, здатність мацерувати рослинні тканини, наявність аргініндигідролази, розвиток реакції надчутливості в листках тютюну. За цими ознаками 28 ізольованих нами бактерій ідентичні *P. syringae*, оскільки продукують леван, є оксидазонегативними, не спричинюють мацерацію рослинних тканин, не мають аргініндигідролази та викликають реакцію надчутливості в листках тютюну (табл. 1). У наших дослідженнях бактерії *P. syringae* були присутні на більшості видів бур'янів у насадженнях томатів, зокрема на осоті польовому, пирію повзучому, кульбабі лікарській, гірчиці польовій, грициках звичайних, хвощі польовому, редьці дикій та портулаку городньому.

Ізоляти, виділені з пирію повзучого (I3-P10, I3-P12) та райграсу високого (I3-P2, I3-P7), не індукували реакцію надчутливості. За даними

Р. І. Гвоздяка [15], негативну РНЧ дають авірулентні штами, умовно патогенні та сапрофітні види *Pseudomonas* sp.

Ще вісім ізолятів, виділені з березки польової (ІЗ-Б9, ІЗ-Б12), лободи білої (ІЗ-Л3, ІЗ-Л-13), хвощу польового (ІЗ-Х6, ІЗ-Х11) та редьки дикої (ІЗ-Р5, ІЗ-Р8) за LOPAT-тестом, виявилися оксидазонегативними, не продукували леван, спричинювали мацерацію рослинних тканин, не мали аргініндегідролази та викликали реакцію надчутливості в листках тютюну, що найближче відповідає *Pseudomonas viridiflava*. Штами *P. viridiflava* належать до епіфітних або опортуністичних видів бактерій, але можуть бути і потенційними патогенами для багатьох рослин. Окрім широкого кола рослин-хазяїв, *P. viridiflava* може уражувати бур'яни, зокрема пирій, дурман, гладку вику, дику гірчицю і виживати на них [16].

### 1. Фізіолого-біохімічні властивості ізолятів роду *Pseudomonas*, виділених із сегетальних рослин у насадженнях томатів

Ознака	Ізоляти роду <i>Pseudomonas</i>			<i>P. syringae</i> pv. <i>tomato</i> Dappg-4 213	<i>P. syringae</i> за Berge [13]
	<i>P. syringae</i> (28 ізолятів)	<i>Pseudomonas</i> sp. (4 ізоляти)	<i>P. viridiflava</i> (8 ізолятів)		
Забарвлення за Грамом	-	-	-	-	-
Рухливість	+	+	+	+	+
Форма клітин	П	П	П	П	П
Спороутворення	-	-	-	-	-
Флуоресціюючий пігмент	+	+	+	+	+
Каталаза	+	+	+	+	+
Розрідження желатини	+	+	+	+	+
Відновлення нітратів	+	+	+	+	+
Утворення індолу	-	-	-	-	-
Утворення сірководню	-	-	-	-	-
LOPAT-тест					
Оксидаза	-	-	-	-	-
Аргініндегідролаза	-	-	-	-	-
Пектолітична активність	-	-	+	-	-
Утворення левану	+	+	-	+	+
Реакція надчутливості на тютюні	+	+/-	+	+	+
Використання джерел вуглецю					
Глюкоза (анаеробно)	-	-	-	-	-
Глюкоза (аеробно)	+	+	+	+	+
Сахароза	+	+	-	+	+
Маноза	+	+	-	+	X
Арабіноза	+	-	+	+	X
Сорбіт	+	+	-	+	+
Інозит	+	+	+	+	+
Маніт	+	+	+	+	+
Ксилоза	+	+	+	+	+

Лактоза	–	–	–	–	–
Мальтоза	–	–	X	–	–
Аргінін	+	+	+	+	+
Аспарагін	+	+	+	+	+
Галактоза	+/-	–	–	+	X

*Примітки:* «+» – наявність ознаки; «–» – відсутність ознаки; «K» – утворення кислоти (зміна забарвлення середовища); «X» – штамova варіабельність; «П» – палички.

Таким чином, на осоті польовому, пирію повзучому, кульбабі лікарській, гірчиці польовій, грициках звичайних, хвощі польовому, березці польовій, лоболі білій, редьці дикій та портулаку городньому, які росли в насадженнях томатів, було виявлено фітопатогенні бактерії *Pseudomonas syringae*, *Pseudomonas sp.* і *Pseudomonas viridiflava*.

Ізоляти паличкоподібних грамнегативних жовтопігментних бактерій, які анаеробно використовують глюкозу, споживають мальтозу, арабінозу, манозу, гетерогенні за лактозою, сахарозою, рафінозою, не використовують дульцит, не гідролізують желатину, були ідентичні виду *Pantoea agglomerans* (табл. 2). Вважається, що *P. agglomerans* дже поширений у природі як епіфіт і ендofіт і здатний уражувати сегетальні рослини, зокрема березку польову, лободу білу, пирій повзучий, підмаренник чіпкий, будяк польовий, грицики звичайні та фіалку польову [8].

П'ятнадцять жовтопігментних ізолятів утворювали на картопляному агарі опуклі, круглі з рівними краями колонії діаметром 2-3мм, напівпрозорі або такі, що не просвічуються у світлі, маслянистої консистенції, блискучі, пофарбовані від кремового до оранжевого кольору. Бактерії виявилися грамнегативними тонкими паличками, що розташовуються поодиноці, парами, частіше ланцюжками. Рухливі, не утворюють спор і додаткових пігментів на середовищі Кінга Б. На м'ясо-пептонному бульйоні – досить слабе помутніння і солом'яно-жовте кільце. Нітрати не редукують, індол не утворюють, сірководень виділяють (табл. 2). За своїми властивостями ізоляти з такими ознаками схожі з бактеріями роду *Xanthomonas sp.*

Основна маса ізолятів родів *Pseudomonas* та *Xanthomonas*, виділених нами із здорових бур'янів у насадженнях томатів, була високо агресивна відносно овочевих культур, зокрема томатів, перцю та баклажанів (табл. 3).

Ізоляти, які віднесені до *P. syringae*, кількісно переважали серед виділених нами бактерій і характеризувалися високою агресивністю при зараженні овочевих культур (табл. 3). За умов штучного ураження цих культур ізоляти спричинювали типові для бактерій роду *Pseudomonas*, *Xanthomonas* симптоми ураження (некрози на стеблі і пожовтіння листків, темно-коричневі плями, недорозвиненість рослин). Отже, виділені нами ізоляти були поліфагами, серед яких не було вузькоспеціалізованих збудників. Лише окремі виділені ізоляти *P. agglomerans* були слабоагресивними за інокуляції ними рослин перцю, моркви, баклажанів, листків томатів та бульб картоплі.

Аналіз даних літератури [2] і результати наших досліджень [12] підтверджують, що хворі та здорові бур'яни є екологічною нішею для життєдіяльності фітопатогенних бактерій, що уражують значну кількість сільськогосподарських рослин. У разі перебування збудників в епіфітному

стані на сегетальній рослинності помірні температури, часті дощі та високі показники відносної вологості повітря будуть сприяти їхньому поширенню.

## 2. Фізіолого-біохімічні властивості ізолятів родів *Xanthomonas* та *Pantoea*, виділених із сегетальних рослин у насадженнях томатів

Ознака	Ізоляти <i>Xanthomonas</i> sp. (15 ізолятів)	<i>X. vesicatoria</i> 9098	<i>Xanthomonas</i> sp. за Berge [13]	Ізоляти <i>P. agglomerans</i> (8 ізолятів)	<i>P. agglomerans</i> за Berge [13]
Забарвлення за Грамом	-	-	-	-	-
Рухливість	+	+	+	+	+
Форма клітин	П	П	П	П	П
Спороутворення	-	-	-	-	-
Флуоресціюючий пігмент	-	-	-	-	-
Оксидаза	-	-	-	-	-
Каталаза	+	+	+	+	+
Пектолітична активність	+	+	+		
Утворення левану	+	+	+	X	-
Розрідження желатини	-	-	X	-	-
Відновлення нітратів	-	-	-	-	-
Утворення індолу	-	-	-	-	-
Утворення сірководню	+	+	+	-	-
Реакція надчутливості на тютюні	+	+	+	-	
Використання джерел вуглецю:					
Глюкоза (анаеробно)	-	-	-	+	+
Глюкоза (аеробно)	K	K	K	+	+
Сахароза	K	K	K		
Маноза	K	K	K		
Арабіноза	K	K	K	+	+
Трегалоза	K	K	K		
Рамноза	-	-	-	+	+
Маніт	-	-	-	+	+
Дульцит	-	-	-	-	-
Сорбіт	-	-	-		
Інозит	-	-	-		
Лактоза	-	-	X	X	X
Мальтоза	-	-	X	+	+
Ксилоза	-	-	X		

Примітки: «+» – наявність ознаки; «-» – відсутність ознаки; «K» – утворення кислоти (зміна забарвлення середовища); «X» – штамova варіабельність; «П» – палички; незаповнені граfi – ознака не досліджувалася.

### 3. Штучне зараження рослин ізолятами, які виділені з бур'янів

Ізоляти, які виділені з бур'янів	Томати (плоди)	Картопля (клубні)	Перець	Баклажани	Морква
<i>P. syringae</i> (28 ізолятів)	3–5	1–5	1–4	1–4	1–2
<i>Pseudomonas</i> sp. (4 ізоляти)	2–5	1–3	1–2	1–2	0–1
<i>P. viridiflava</i> (8 ізолятів)	2–5	1–3	1–3	1–4	0–1
<i>P. syringae</i> pv. <i>tomato</i> Dappg-4213	3–5	1–5	1–5	1–5	0–2
<i>Xanthomonas</i> sp. (15 ізолятів)	3–5	1–4	1–4	0–1	1–3
<i>X. vesicatoria</i> 9098	3–5	1–5	1–5	0–3	1–5
<i>P. agglomerans</i> (8 ізолятів)	3–5	0	0–1	0–2	0–2

Примітки: цифрами позначено ступінь ураження, бали.

**Висновки і перспективи.** З неуражених бур'янів у насадженнях томатів нами виділено фітопатогенні бактерії, які є вірулентними для овочевих культур. Бактерії за сукупністю морфологічних, культурально-біохімічних, хемотаксономічних ознак ідентифіковано як представників родів *Pseudomonas* і *Xanthomonas*, які містяться на рослинах переважно в епіфітному стані, але за певних умов здатні ініціювати інфекційний процес.

#### Список використаних джерел

1. Патыка В.Ф. Бактериозы и сорняки: ущерб и новые шансы / В. Ф. Патыка, Л. М. Яковлева // Зерно. – 2011. – №1. – С. 27 – 28.
2. Хуснетдинова К. А. Структура сообществ эпифитных бактерий культурных и сорных растений: диссертация на соискание науч. степ. канд. биол. наук: спец. 03.02.03 / К.А. Хустендинова. – Москва, 2017. – 162 с.
3. Гвоздяк Р. І. Епіфітна фаза *Erwinia amylovora* і *P. syringae* pv. *syringae* на бур'янах плодових садів / Р. І. Гвоздяк, М. І. Лукач // Мікробіол.журн. – 2001. – 63, №3. – С. 43 – 50.
4. Сорные растения как экологическая ниша фитопатогенных бактерий / Р. И. Гвоздяк, Л. М. Яковлева, Т. Н. Щербина, Л. Е. Огородник, А. В. Барбакар // Міжнародна наукова конференція «Фітопатогенні бактерії. Фітонцидологія. Алелопатія» (Київ, 4 – 6 жовтня 2005): Збірник статей. – Житомир, 2005. – С. 55 – 59.
5. Бактерии рода *Pseudomonas* на сорняках / Р. И. Гвоздяк, Л. М. Яковлева, Л. А. Пасичник, Т. Н. Щербина, Л. Е. Огородник // Микробиол. журн. – 2005. – 67, №2. – С. 63–69.
6. Fernández-Sanz A.M. *Pseudomonas syringae* pv. *phaseolicola* isolated from weeds in bean crop fields / Fernández-Sanz A.M., Rodicio M.R., González A.J. // Lett Appl Microbiol. – 2016. – Vol. 62(4). – P. 344–348.
7. Genetic diversity in populations of *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* in cruciferous weeds in Central Coastal California / A. Ignatov, A. Sechler, E.L. Schuenzel, I. Agarkova [at all.] // Phytopathology. – 2007. – Vol. 97(7). – P. 803–812.

8. Савенко О. А. Збудники хвороб сегетальної рослинності в агроценозі пшениці / О. А. Савенко, Л. А. Пасічник, В. П. Патики // Наукові записки Тернопільського нац. пед. ун-ту. Серія Біологія. – 2015. – №1 (62). – С. 124 – 132.

9. Захаренко А. В. Теоретические основы управления сорным компонентом агрофитоценоза в системах земледелия / А. В. Захаренко. – М.: МСХА, 2000. – 247 с.

10. Діагностика фітопатогенних бактерій: Методичні рекомендації. / В. П. Патики, Л. А. Пасічник, Л. А. Данкевич, С. М. Мороз, Л. М. Буценко [та ін.] За ред. В. П. Патики. – Київ, 2014. – 76 с.

11. Klement Z. Methods in phytobacteriology / Z. Klement, K. Rudolph, D. S. Sands. – Budapest: Akademia kiado, 1990. – 568 p.

12. Коломієць Ю.В. Бактеріальні хвороби сегетальних рослин в насадженнях томатів / Ю.В. Коломієць, І.П. Григорюк, Л.М. Буценко // Карантин і захист рослин. – 2017. – №4–6. – С. 10 – 14.

13. Bergey's manual of systematic bacteriology / Eds D.R. Boore, R.W. Castenholz, Editor-in-chief G.M. Garrity. – Vol. 1, 2nd ed. – New York, Berlin, Heidelberg: Springer, 2005. – 2, Part B. – 1106 p.

14. Желдакова Р. А. Фитопатогенные микроорганизмы / Р. А. Желдакова, В. Е. Мямин. – Мн.: БГУ, 2006. – 116 с.

15. Фитопатогенные бактерии пырея ползучего в посевах пшеницы / Л. М. Яковлева, В. Ф. Патыка, Р. И. Гвоздяк, Т. Н. Щербина // Мікробіол. журн. – 2009. – Т. 71, №3. – С. 30 – 37.

16. Пасічник Л.А. Біологічні особливості *Pseudomonas viridiflava*, ізольованих із насіння цукрових буряків / Л.А. Пасічник, Л.М. Буценко, К.П. Дворак // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: «Біологія, біотехнологія, екологія». – 2013. – Вип. 193. – С. 26–31.

## References

1. Patyka, V. F. & Yakovleva, L. M. (2011) Bakteriozy i sornyaki: ushcherb i novye shansy [Bacteriosis and weeds: damage and new chances] *Zerno [Corn]* 1, 27–28. [in Russian].

2. Khusnetdinova, K. A. (2017) Struktura soobshchestv epifitnykh bakteriy kul'turnykh i sornykh rasteniy [The structure of communities of epiphytic bacteria of cultural and weed plants] (Candidate of Biological Sciences Dissertation). Moscow, Russia. [in Russian].

3. Hvozdiak, R. I. & Lukach, M. I. (2001) Epifitna faza Erwinia amylovora i R. syringae pv. syringae na burianakh plodovykh sadiv [Epiphytic phase of Erwinia amylovora and P. syringae pv. Syringae on weeds of orchards] *Mikrobiologichnyi zhurnal [Microbiological Journal]* 63 (3), 43–50. [in Ukrainian].

4. Gvozdyak, R. I., Yakovleva, L. M., Shcherbina, T. N., Ogorodnik, L. E. & Barbakar A.V. (2005) Sornye rasteniya kak ekologicheskaya nisha fitopatogennykh bakteriy [Weeds as an ecological niche of phytopathogenic bacteria] *Mizhnarodna naukova konferentsiia «Fitopatohenni bakterii. Fitontsydylohiia. Alelopatiiia» [International Scientific Conference «Phytopathogenic bacteria. Phytoncidology. Allelopathy»]*. (pp. 55–59). October 4–6, 2015, Kyiv, Ukraine. [in Russian].

5. Gvozdyak, R. I., Yakovleva, L. M., Pasichnik, L. A., Shcherbina, T. N. & Ogorodnik L. E. (2005) Bakterii roda Pseudomonas na sornyakakh [Bacteria of the genus Pseudomonas on weeds] *Mikrobiologichnyi zhurnal [Microbiological Journal]* 67 (2), 63–69. [in Russian].

6. Fernández-Sanz, A.M., Rodicio, M.R. & González A.J. (2016) *Pseudomonas syringae* pv. *phaseolicola* isolated from weeds in bean crop fields. *Lett Appl Microbiol.* Vol. 62(4). P. 344–348. [in English].

7. Ignatov, A., Sechler, A., Schuenzel, E.L., & Agarkova I. (2007) Genetic diversity in populations of *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* in cruciferous weeds in Central Coastal California. *Phytopathology*. Vol. 97(7). P. 803–812. [in English].
8. Savenko, O. A., Pasichnyk, L. A. & Patyka V. P. (2015) Zbudnyky khvorob sehetalnoi roslynnosti v ahrotsenozi pshenytsi [Pathogens of diseases of segetal vegetation in agrocenoses of wheat] *Naukovi zapysky Ternopilskoho nats. ped. un-tu. Seriya Bioliia*. [Scientific notes of the Ternopil national Ped. University. Series Biolium.] 1 (62), 124–132. [in Ukrainian].
9. Zakharenko, A.V. (2000) Teoreticheskie osnovy upravleniya sornym komponentom agrofytotsenoza v sistemakh zemledeliya [The theoretical basis for the management of the weed component of agrophytocenosis in farming systems]. Moscow, MSHA. [in Russian].
10. Patyka, V. P. (Ed) (2014) Diahnostyka fitopatohennykh bakterii [Diagnostics of phytopathogenic bacteria] Kyiv [in Ukrainian].
11. Klement, Z., Rudolph, K. & Sands, D. S. (1990) Methods in phytobacteriology. Budapest: Akademia kiado. [in English].
12. Kolomiets, Yu. V., Hryhoriuk, I. P. & Butsenko, L. M. (2017) Bakterialni khvoroby sehetalnykh roslyn v nasadzhenniakh tomativ [Bacterial diseases of segetal plants in plantations of tomatoes] *Karantyn i zakhyst roslyn* [Quarantine and plant protection] 4–6, 10–14. [in Ukrainian].
13. Boore, D.R., Castenholz, R.W. & G.M. Garrity (2005) Bergey's manual of systematic bacteriology. Vol. 1, 2nd ed., New York, Berlin, Heidelberg: Springer. [in English].
14. Zheldakova, R. A. & Myamin, V. E. (2006) Fitopatogennyye mikroorganizmy [Phytopathogenic microorganisms] Minsk: BGU. [in Russian].
15. Yakovleva, L. M., Gvozdyak, R. I., Patyka, V. P. & Shcherbina, T. N. (2009) Fitopatogennyye bakterii pyreya polzuchego v posevakh pshenitsy [Phytopathogenic bacteria of wheatgrass creeping in wheat crops] *Mikrobiolohichnyi zhurnal* [Microbiological Journal] 71 (3), 30–37. [in Russian].
16. Pasichnyk, L.A., Butsenko, L.M. & Dvorak, K.P. (2013).
17. Пасічник Л.А. Biolohichni osoblyvosti *Pseudomonas viridiflava*, izolovanykh iz nasinnia tsukrovyykh buriakiv [Biological features of *Pseudomonas viridiflava* isolated from sugar beet seeds] *Naukovyi visnyk Natsionalnoho universytetu bioresursiv i pryrodokorystuvannia Ukrainy. Seriya: «Biolohiia, biotekhnolohiia, ekolohiia»* [Scientific Bulletin of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine. Series «Biology, biotechnology, ecology».] 193, 26–31. [in Ukrainian].

## СЕГЕТАЛЬНЫЕ РАСТЕНИЯ НАСАЖДЕНИЙ ТОМАТОВ КАК РЕЗЕРВАТОРЫ ФИТОПАТОГЕННЫХ БАКТЕРИЙ

Ю. В. Коломиец, И. А. Григорюк, Л. Н. Буценко

**Аннотация.** В условиях Украины сорняки как экологическая ниша фитопатогенных бактерий изучены фрагментарно. Нашей задачей было исследовать распространение на сорняках в насаждениях растений томата *P. syringae* pv. *tomato*, широко известного в Украине возбудителя бактериальной крапчатости, и *X. vesicatoria* – возбудителя черной бактериальной пятнистости. Исследования проводили стандартными микробиологическими методами, вирулентные свойства выделенных изолятов изучали методом искусственного заражения. Из образцов здоровых сегетальных растений, которые отобраны в насаждениях томатов, нами изолированы и идентифицированы фитопатогенные бактерии *Xanthomonas*

*sp.*, *Pseudomonas syringae*, *Pseudomonas sp.*, *Pseudomonas viridiflava* и *Pantoea agglomerans*. Выделенные изоляты бактерий в условиях искусственного заражения овощных культур вызывали типичные симптомы бактериальных болезней. Установлено, что внешне здоровые сорняки в насаждениях томатов являются аккумуляторами высокоагрессивных штаммов бактерий рода *Pseudomonas* и *Xanthomonas*.

**Ключевые слова:** томаты, фитопатогенные бактерии, сорняки, *Pseudomonas*, *Xanthomonas*, *Pantoea agglomerans*.

## SEGMENTAL PLANTS OF PLANTATIONS OF TOMATOES AS RESERVOIRS OF PHYTOPATHOGENIC BACTERIA

J. Kolomiets, I. Grygoryuk, L. Butsenko

**Abstract.** In Ukraine, weeds as an ecological niche of phytopathogenic bacteria have been studied fragmentarily. Our aim was to investigate the spread of tomato *P. syringae* pv on weeds in plantations tomato, widely known in Ukraine the causative agent of bacterial speck, and *X. vesicatoria* - the causative agent of bacterial black spotting. The studies were carried out using standard microbiological methods, the virulent properties of isolated isolates were studied by the method of artificial infection. From samples of healthy segetal plants that are selected in plantations of tomatoes, we isolated and identified phytopathogenic bacteria *Xanthomonas sp.*, *Pseudomonas syringae*, *Pseudomonas sp.*, *Pseudomonas viridiflava* and *Pantoea agglomerans*. Isolated bacterial under conditions of artificial contamination of vegetable cultures caused typical symptoms of bacterial diseases. It was established that outwardly healthy weeds in plantations of tomatoes are accumulators of highly aggressive strains of bacteria of the genus *Pseudomonas* and *Xanthomonas*.

**Keywords:** tomatoes, phytopathogenic bacteria, weeds, *Pseudomonas*, *Xanthomonas*, *Pantoea agglomerans*.

**© ВИЗНАЧЕННЯ ГЕНОТОКСИЧНОСТІ НАНОКОМПОЗИТІВ З  
ВИКОРИСТАННЯМ БІОСЕНСОРА SOS-ТИПУ**

**М. В. САВЧУК**, молодший науковий співробітник  
**М. І. ФЕДЕЛЕС-ГЛАДИНЕЦЬ**, кандидат сільськогосподарських наук, доцент  
кафедри молекулярної біології, мікробіології та біобезпеки  
**М. Ф. СТАРОДУБ**, доктор біологічних наук, професор, завідувач кафедри  
молекулярної біології, мікробіології та біобезпеки  
**Національний університет біоресурсів і природокористування  
України**

E-mail: TaranMaruna@gmail.com, [nfstarodub@gmail.com](mailto:nfstarodub@gmail.com)

**Анотація.** *Останніми роками в Україні та світі спостерігається стрімкий розвиток нової галузі науки – нанотехнології. Завдяки своїм розмірам, формам і властивостям наночастинки широко використовуються в медицині, харчовій промисловості, машинобудуванні, сільському господарстві. Хоча наноматеріали мають багато позитивних властивостей, учені попереджають і про їхню небезпечність для живих організмів, тому перед використанням наноматеріалів обов'язковим є вивчення їхніх біологічних ефектів. Біосенсорні методи діагностики набули великої популярності, оскільки ці прилади можуть швидко і без великих затрат оцінити рівень токсичності чужорідних агентів. У роботі досліджено генотоксичність наноконструкцій на основі сапоніту за допомогою біосенсора SOS-типу на основі волоконної оптики. SOS-біосенсор працює на основі реєстрації пошкоджень бактеріальних ДНК, які відновлюються репараційними системами біolumінесцентних бактерій. Результати досліджень показують, що новосинтезовані наноконструкції на основі сапоніту не є генотоксичними в діапазоні концентрацій 300-600 мг/л. Нанорозмірний SiO<sub>2</sub>, який є складовою наноконструкцій, виявив генотоксичність відносно референтної культури в діапазоні концентрацій 300-600 мг/л.*

**Ключові слова:** *наноконструкції, наночастинки, біосенсор, генотоксичність.*

**Актуальність.** Ми живемо в столітті нанотехнологій. Наноматеріали завдяки своїм нанорозмірам, формам і високій біологічній дії використовуються місце в різних галузях виробництва. Наноматеріали застосовують у сільському господарстві, промисловості, медицині, косметології, важкій промисловості. На сьогодні описано понад 800 продуктів, які виготовлено на основі наноматеріалів та нанотехнологій [1, с. 3-7].

**Аналіз останніх джерел та публікацій.** Разом із вивченням корисних властивостей наноматеріалів відбувається оцінювання їхнього негативного впливу і способів запобігання ризикам їх використання [2, с. 436]. Таким чином, розроблення нових видів наноматеріалів потребує детального вивчення їхнього біологічного впливу на навколишнє середовище, оскільки

багато вчених довели токсичність наноматеріалів щодо живих організмів [3, с. 622-627; 4, с. 477-491].

Експрес-оцінку токсичності наноматеріалів можна отримати за допомогою різних видів біотестів. Ефективного і швидкого визначення токсичності в онлайн-режимі можна досягти лише застосуванням нового покоління інструментальних аналітичних засобів, заснованих на принципах біосенсорних технологій. На сьогодні відомі бактеріальні тести на основі реєстрації пошкоджень ДНК, залежних від індукції системи репарації SOS: SOS-Chromo [5, с. 235-279], Umu [6, с. 219-229], Lux-Fluoro [7, с. 51-60], VitoTOX [8, с. 240-248] та деякі інші варіанти [9, с. 305-311]. Таким чином, завдяки новітнім методам діагностики можна швидко, в режимі он-лайн визначати токсичність новостворених хімічних речовин.

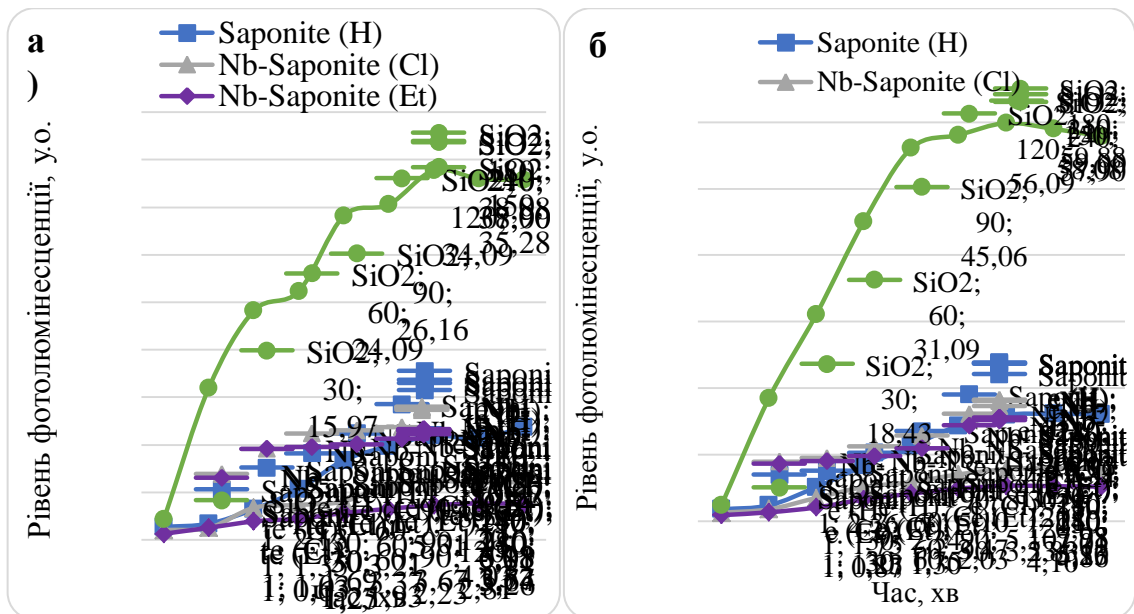
**Метою роботи** було оцінити рівень генотоксичності новостворених нанокompatитів за допомогою біосенсора SOS-типу.

**Матеріали і методи дослідження.** У роботі досліджували новостворені Nb-вмісні нанокompatити, а саме: Saponite (H); Nb-Saponite (Cl) і Nb-Saponite (Et) та наночастинку SiO<sub>2</sub>. Новостворені наноматеріали було надано в межах НАТО-проекту №NUKR.SFP 984481 науково-дослідним інститутом молекулярних технологій м. Мілана, Італія.

Зразки нанокompatиту Saponite (H) є пористими агломератами, які складаються з наноматеріалів. Розміри пор агломерату рівні становлять близько 100нм, що свідчить про значну площу їхньої активної поверхні. Нанокompatит на основі сапоніту Nb-Saponite (Et) – це агломерат, який має вигляд лусочок, розміром у межах 40-80нм. Нанокompatит на основі сапоніту Nb-Saponite (Cl), аналогічно до попередніх двох, є пористим матеріалом, який при розчиненні агломерує в більші структури; він складається з компонентів, розміри яких коливаються в межах 50-100нм. Цей композит, окрім великої площі активної поверхні, має утворення фрактальних кристалів, що може пояснюватися наявністю в ньому іонів Cl<sup>-</sup> [10, с. 5-7], наночастинки SiO<sub>2</sub> комерційні матеріали (Sigma Aldrich) з розмірами 20 нм.

Генотоксичність новостворених нанокompatитів і наночастинок оксиду кремнію оцінювали за допомогою біосенсора SOS-типу на основі волоконної оптики [11, с. 123-130].

**Результати дослідження та їх обговорення.** Установлено, що наночастинки SiO<sub>2</sub> в діапазоні концентрацій 300-600мг/л збільшують сигнал фотолюмінесценції біосенсора, що означає порушення генетичного апарату референтної культури і ввімкнення репараційних систем фотолюмінесцентних бактерій. Таким чином, можна стверджувати про генотоксичність досліджуваного нами матеріалу (рис. 1.). Згідно з нашою гіпотезою, відхилення цього параметра пов'язане з концентрацією наночастинок та особливостями їх проникнення в клітини, які залежать від розмірів та форм наноматеріалу. Збільшення концентрацій нанорозмірного матеріалу SiO<sub>2</sub> (до 600 мг/л) призвело до зміни динаміки сигналу фотолюмінесценції біосенсора: він збільшувався при збільшенні концентрацій наноматеріалу. Отримані результати добре узгоджуються з тими, які показують інші автори на основі використання різних підходів, а також існуючі дані, щодо загальної генотоксичності наноматеріалів [11].



**Рис. 1. Динаміка змін рівня фотолюмінесценції біосенсора після додавання наноматеріалів у концентрації: а) 300мг/л; б) 600мг/л**

Зразки наноконкомпозитів на основі мінералу не виявляли генотоксичності, особливо ті, що містили оксиди ніобію. Незначне збільшення сигналу фотолюмінесценції, а значить і вияв генотоксичності, було зареєстровано в разі використання наноконкомпозиту Saponite (H). Це пов'язано зі зміною величини рН-середовища референтної культури. Експериментальні результати, отримані за допомогою цього інноваційного пристрою, показують, що наноконкомпозитам на основі сапоніту не властива генотоксичність і їх можна використовувати в безпечному стані у вигляді твердих речовин для потреб сільського господарства.

**Висновки і перспективи.** Експериментальні результати, отримані за допомогою біосенсора SOS-типу показують, що наночастинки SiO<sub>2</sub>, які входять до складу наноконкомпозитів у діапазоні концентрацій 300-600мг/л, збільшують сигнал фотолюмінесценції біосенсора, отже, свідчать про генотоксичність досліджуваного матеріалу. Наноконкомпозити на основі сапоніту не є генотоксичними. Такий ефект можна пояснити різними концентраціями наноматеріалів, розмірами та формами. Таким чином, наноконкомпозитам на основі сапонітів не властива генотоксичність і їх можна використовувати для потреб сільського господарства.

#### Список використаних джерел

1. Нанотоксикологія: напрямки досліджень (огляд) / І. С. Чекман, А. М. Сердюк, Ю. І. Кундієв, І. М. Трахтенберг [та ін.] // Довкілля та здоров'я. – 2009.– №1 (48).– С. 3–7.
2. Наноматеріали и нанотехнологии в ветеринарной практике / В. Б. Борисевич, В. Г. Каплуненко, Н. В. Косинов [и др.]: под редакцией В. Б. Борисевича, В. Г. Каплуненко.– К.: ВД «Авіцена», 2012.– 512 с.
3. Toxic Potential of Materials at the Nanolevel / [A. Nel, T. Xia, L. Madler, N. Li]. Science – 2006. 311. P.622–627.
4. Yah C. S. Nanoparticles toxicity and their routes of exposure / C. S. Yah, G. S. Simate, S. E. Iyuke Pak// J. Pharm Sci. – 2012. – №25. – P. 477-491.

5. Quillardet P. The SOS chromotest: a review / P. Quillardet, M. Hofnung // *Mutat. Res.* – 1993. – P. 235-279.
6. Oda Y. Evaluation of the new system (umu-test) for the detection of environmental mutagens and carcinogens / Y. Oda, S. Nakamura, I. Oki // *Mutat. Res.* – 1985. – P. 219-229.
7. Baumstark-Khan C. Bacterial Lux-Fluoro test for biological assessment of pollutants in water samples from urban and rural origin / C. Baumstark-Khan, R. A. Khan, P. Rettberg, G. Horneck // *Anal. Chim. Acta*, 2003; P. 51-60.
8. Verschaeve L. VITOTOX bacterial genotoxicity and toxicity test for the rapid screening of chemicals / L. Verschaeve, J. Van Gompel., L. Thilemans // *Environ. Mol. Mutagen.* – 1999. – Vol. 33/ - P.240-248.
9. Polyak B. Optical fiber bioluminescent whole-cell microbial biosensors to genotoxicants / B. Polyak, E. Bassis, A. Novodvoretz // *Water Sci. Technol.* – 2000. – P. 305–311.
10. Савчук М. В., Стародуб М. Ф. Вплив Nb-вмісних нанокompозитів на основі сапонітів на посівні якості насіння кукурудзи / М. В. Савчук, М. Ф. Стародуб // *Карантин і захист рослин.* – 2017. – №4 (6). – С. 5–7.
11. Starodub N. F. Fiber optic SOS-type biosensor for the control of the genotoxicity of some environmental objects / Starodub N. F., Taran M. V., Shpirka N. F., Shavanova K. E. // *World journal of engineering research and technology.* – 2016. – Vol. 2. – P.123-130.

### References

1. Chekman, I. S., Serdiuk, A. M., Kundiev, Iu. I., Trakhtenberh, I. M., Kaplinskyi, S. P., & Babii, V. F. (2009). Nanotoksykologhii: napriamky doslidzhen (ohliad) [Nanotoxicology: Research Areas (Review)]. *Environment and Health*, 48 (1), 3-7.
2. Borysevych, V. B., & Kaplunenko, V. H. (2012). Nanomaterialy y nanotekhnolohyy v veterynarnoi praktyke [Nanomaterials and nanotechnologies in veterinary practice]. K.: VD «Avicenna», P. 512.
3. Nel, A., Xia, T., Mädler, L., & Li, N. (2006). Toxic potential of materials at the nanolevel. *science*, 311(5761), 622-627.
4. Yah, C. S., Simate, G. S., & Iyuke, S. E. (2012). Nanoparticles toxicity and their routes of exposures. *Pakistan journal of pharmaceutical sciences*, 25(2).
5. Quillardet, P., & Hofnung, M. (1993). The SOS chromotest: a review. *Mutat. Res*, 297, 235-279.
6. Oda, Y., Nakamura, S. I., Oki, I., Kato, T., & Shinagawa, H. (1985). Evaluation of the new system (umu-test) for the detection of environmental mutagens and carcinogens. *Mutation Research/Environmental Mutagenesis and Related Subjects*, 147(5), 219-229.
7. Baumstark-Khan, C., Khan, R. A., Rettberg, P., & Horneck, G. (2003). Bacterial Lux-Fluoro test for biological assessment of pollutants in water samples from urban and rural origin. *Analytica Chimica Acta*, 487(1), 51-60.
8. Verschaeve, L., Van Gompel, J., Thilemans, L., Regniers, L., Vanparys, P., & Van der Lelie, D. (1999). VITOTOX® bacterial genotoxicity and toxicity test for the rapid screening of chemicals. *Environmental and molecular mutagenesis*, 33(3), 240-248.
9. Polyak, B., Bassis, E., Novodvoretz, A., Belkin, S., & Marks, R. S. (2000). Optical fiber bioluminescent whole-cell microbial biosensors to genotoxicants. *Water Science and Technology*, 42(1-2), 305-311.
10. Savchuk M. V., Starodub M. F. (2017). Vplyv Nb-vmisnykh nanokompозyitiv na osnovi saponitiv na posivni yakosti nasinnia kukurudzzy [Effect of Nb-containing nano-compositions on the basis of saponite on the seed quality of corn seeds]. *Quarantine and plant protection*, 4 (6), 5-7.

11. Starodub N. F., Taran M. V., Shpirka N. F., Shavanova K. E. (2016). Fiber optic SOS-type biosensor for the control of the genotoxicity of some environmental objects. *World journal of engineering research and technology*, Vol. 2, 123-130.

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГЕНОТОКСИЧНОСТИ НАНОКОМПОЗИТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БИОСЕНСОРА SOS-ТИПА**

**М. В. Савчук, М. И. Феделеш-Гладинец, М. Ф. Стародуб**

**Аннотация.** В последние годы в Украине и мире наблюдается стремительное развитие новой отрасли науки - нанотехнологии. Благодаря своим размерам, формам и свойствам наночастицы широко используются в медицине, пищевой промышленности, машиностроении, сельском хозяйстве. Но несмотря на многие положительные свойства наноматериалов, ученые предупреждают и об их опасности относительно живых организмов, поэтому обязательной задачей перед использованием наноматериалов является изучение их биологических эффектов. Биосенсорные методы диагностики приобрели большую популярность, поскольку эти приборы могут быстро и без больших затрат оценить уровень токсичности чужеродных агентов. В работе исследованы генотоксичность наноконкомпозитов на основе сапонита с помощью биосенсора SOS-типа на основе волоконной оптики. SOS-биосенсор работает на основе регистрации повреждений бактериальных ДНК, которые восстанавливаются репарационными системами биолюминесцентных бактерий. Результаты исследований показывают, что новосинтезированные наноконкомпозиты на основе сапонита не обладают генотоксичностью в диапазоне концентраций 300-600 мг/л. Наноразмерный SiO<sub>2</sub>, являющийся составной наноконкомпозитов, продемонстрировал генотоксичность относительно референтной культуры в диапазоне концентраций 300-600 мг/л.

**Ключевые слова:** наноконкомпозиты, наночастицы, биосенсор, генотоксичность.

## **DETERMINATION OF GENOTOXICITY OF NANOCOMPOSITES USING SOS- TYPE BIOSENSOR**

**M. Savchuk, M. Fedelesh-Gladinets, M. Starodub**

**Abstract.** In recent years in Ukraine and the world there has been a rapid development of a new branch of science – nanotechnology. Due to their size, shape and properties, nanoparticles have received a great demand in medicine, food industry, machine building, agriculture. But along with many positive aspects of nanomaterials, scientists also warn about their danger with respect to living organisms, so studying the biological effects of nanomaterials is a must before using them. Biosensor diagnostic methods have become very popular, since these devices can quickly and easily estimate the level of toxicity of foreign agents. The genotoxicity of nanocomposites based on saponite with the help of SOS-type biosensors based on fiber optics was investigated. SOS – the biosensor operates on the basis of recording the damage of bacterial DNA,

*restored by the reparation systems of bioluminescent bacteria. According to the results of the research it was shown that newly synthesized nanocomposites based on saponite do not possess genotoxicity in the concentration range of 300-600mg/l. Nano-sized SiO<sub>2</sub>, which is a composite nanocomposite, demonstrated genotoxicity relative to the reference culture in the concentration range of 300-600mg/l.*

***Keywords: nanocomposites, nanoparticles, biosensor, genotoxicity.***

**© ЕНДОУТВОРЮЮЧІ БАКТЕРІЇ *BACILLUS THURINGIENSIS* VAR. *THURINGIENSIS* ЯК ОСНОВА МІКРОБНИХ ПРЕПАРАТІВ ШИРОКОГО СПЕКТРА ДІЇ**

**М. В. БОЙКО**, аспірант кафедри екобіотехнології та біорізноманіття  
**М. В. ПАТИКА**, доктор сільськогосподарських наук, професор,  
член-кореспондент НААН, завідувач кафедри екобіотехнології  
та біорізноманіття

**Національний університет біоресурсів і природокористування  
України**

*E-mail:* maryaulina@gmail.com

**Анотація.** Висвітлено аспекти застосування мікробних препаратів на основі *Bacillus thuringiensis* для захисту рослин від шкочинних організмів. Ефективність дії штаму *Bacillus thuringiensis* 87/3 доведено в лабораторних і польових умовах з використанням біотесту *Leptinotarsa decemlineata* Say. (личинки молодшого віку, L<sub>1-2</sub>), а також фітопатогенних мікроміцетів роду *Venturia* ssp. Установлено високу технологічність штаму *B. thuringiensis* №87/3 має типр метаболічного спорокристалічного комплексу від 3,6 до 4,8 млрд. в 1мл культуральної рідини), ентомоцидність (99,4%) і антифунгальну дію, яка виявляється у зменшенні кількості уражених збудником парші рослин яблуні в 1,5-2 рази порівняно із контрольним варіантом. Широкий спектр дії ендотоксичних бактерій *Bt* демонструє перспективність їх використання для фітозахисту.

**Ключові слова:** *B. thuringiensis* var. *thuringiensis*, біоконтроль, фітозахисна дія, ентомоцидна активність.

**Актуальність.** При розробленні систем інтегрованого захисту рослин, що забезпечують високий вихід екологічно чистої сільськогосподарської продукції, особлива увага приділяється методам біологічного контролю чисельності комах. *Bacillus thuringiensis* (*Bt*) успішно використовується як біопестицид понад 60 років.

Біопрепарати на основі цієї бактерії характеризуються високою вибірковістю інсектицидної дії та екологічною безпечністю. *B. thuringiensis* під час споруляції продукує параспоральний кристалічний білок δ-ендотоксин, що специфічно зв'язується з афінним до нього білком, який міститься на поверхні апікальних мембран епітеліальних клітин кишківника комах. Ця властивість і зумовила широке використання *B. thuringiensis* як основи ентомопатогенних препаратів для альтернативи синтетичним хімічним інсектицидам [1]. Дослідження біологічного різноманіття та фітозахисних властивостей природних штамів *Bt* розширяють і поглиблюють знання щодо технології використання цих бактерій як агентів біопрепаратів широкого спектра дії.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** На сьогодні накопичено певний досвід ефективного використання ентомопатогенних бактерій *Bacillus thuringiensis* (*Bt*) з потенціалом ентомоцидної й антагоністичної активності відносно широкого кола комах-шкідників та фітопатогенних мікроорганізмів за рахунок синтезу метаболітів різної природи. Численні скринінгові дослідження з виділення активних ентомопатогенних штамів *Bacillus thuringiensis* різних природних джерел показали їхнє високе біологічне різноманіття, диференціацію за інсектицидною активністю та токсигенністю продукованих білків, метаболітів [2]. Т. Г. Юдіна припустила, що спільність ентомоцидної й антимікробної дії полягає в утворенні іонних каналів у мембранах епітеліальних клітин комах і цитоплазматичних мембранах мікробних клітин [3]. У роботах Л. К. Каменек зі співавторами продемонстровано вплив дельта-ендотоксинів *B. thuringiensis* на фітопатогенні бактерії та гриби [4]. Нещодавно вперше показано, що інсектицидний штам *B. thuringiensis* C25 ефективно контролює збудника хвороби шовковиці *Ciboria shiraiana* [5]. Низку робіт присвячено рїстостимулюючій активності, яку виявляють *B. thuringiensis*, переважно при обробці рослин дельта-ендотоксином [4, 6]. Подальші дослідження поліфункціональних властивостей нових штамів *Bt* є актуальними для розширення можливостей ефективного використання біоагентів у практиці рослинництва.

**Мета дослідження** – оцінити нові штами бактерій *B. thuringiensis* як потенційної основи біопрепаратів широкого спектра дії.

**Матеріали і методи дослідження.** Дослідження проводились на базі Національного університету біоресурсів і природокористування України, кафедри екобіотехнології та біорізноманіття; Інституту сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва НААН України, м. Чернігів; Інституту садівництва НААН України, лабораторії фізіології рослин і мікробіології.

У роботі використано новий відселектований *in vitro* штам ентомопатогенних бактерій *B. thuringiensis* var. *thuringiensis* (*Bt* Н<sub>1</sub>) №87/3, виділений із личинок природних популяцій листогризухих комах *Leptinotarsa decemlineata* Say. старшого віку (L<sub>4</sub>) у природно-кліматичній зоні Чернігівського Полісся. Після аналітичної селекції цей штам зберігається в робочій колекції непатогенних мікроорганізмів кафедри екобіотехнології та біорізноманіття НУБіП.

Отримання чистих культур, визначення морфолого-культуральних властивостей, приготування послідовних розведень мікробних суспензій, культивування на рідких та агаризованих поживних середовищах проводили згідно із загальноприйнятими в мікробіології та біотехнології методами [7, 8].

Для культивування використовували універсальні поживні середовища: м'ясо-пептонний бульйон (МПБ), середовище Лурія – Бертані (LB), а також оптимізоване середовище на основі капустияного гідролізату, які створюють відповідні вибіркові умови для розвитку специфічно адаптованих культур *Bt*.

Культивування проводили в колбах Ерленмейєра на біотехнологічній качалці з термоплатформою (220об./хв, температура +30°С) упродовж 48-72 год. Об'єм середовища 50мл, кількість інокулюму – не менше ніж 4,0% від об'єму середовища. Титр колонієутворювальних одиниць – не менше ніж

3,6млрд/мл культуральної рідини, який визначали шляхом глибинного посіву в агаризоване середовище, а також за допомогою камери Горяєва.

Морфологію бактеріальних клітин вивчали мікроскопіюванням фіксованих препаратів, фарбованих основним фуксином Циля [8], а також за диференційованою методикою забарвлення В. Смирнова [7]. Мікроскопію проводили з використанням імерсії на світловому мікроскопі *Axio Scope* з фотофіксацією (збільшення 100), без імерсії на мікроскопі *Polivar* (збільшення 40). Біотехнологічні особливості культивування штамів *Bt* визначали в площині продуктивності аксенічних культур, характеру та швидкості утворення ентомоцидних метаболітів (споро-кристалічного комплексу) [1].

У лабораторно-польових дослідках ефективність штаму *Bt* Н<sub>1</sub> №87/3 визначали на біотесті *Leptinotarsa decemlineata* Say. L<sub>1-2</sub>. Польові дослідки проводили за такою схемою: контроль – без обробки; контроль – хімічний інсектицид, варіант – оброблення рослин культуральною рідиною *B. thuringiensis* 87/3 (розведення 1:1). Дослідки закладались на картопляних полях дослідного господарства Інституту сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва НААН України. Загальна площа дослідної ділянки 0,06га. У досліді використано картоплю сорту Ред Леді. Обробку виконували ручним помповим оприскувачем Marolex profession 12, витрата робочої рідини 300л/га. Облік чисельності різних фаз шкідника проводили на модельних площадках по 30 кущів у кожній у чотириразових повторях. Ефективність препаратів враховували за кількістю загиблих личинок на 3-ю, 5-у, 7-у і 10-у добу дослідку.

Кількість загиблих особин у досліді обчислювали за формулою Аббота [9]:

$$A = \frac{M_0 - M_k}{100 - M_k} \times 100$$

де

A – ентомоцидна активність, (%);

M<sub>0</sub> – відсоток загиблих особин у досліді;

M<sub>k</sub> – відсоток загиблих особин у контролі. Загибель у контролі не повинна перевищувати 15,0%.

Антагоністичну дію бактеріальних штамів *Bt* щодо фітопатогенних мікроміцетів роду *Venturia* ssp. визначали в польових дослідженнях на базі Інституту садівництва НААН України позакореневою обробкою дерев яблуні. Сад закладений у 2001 році на підщепі 54-118. Схема посадки дерев 5×3, система утримання ґрунту в міжряддях – природне задерніння. Для дослідку брали сорти різних груп достигання, а саме: літній сорт Дельбарестіваль, осінній – Слава Переможцям та зимовий – Вільмута. Польові дослідки проводили за такою схемою: контроль – обприскування дерев водою; варіанти – оброблення рослин *Bacillus thuringiensis* №87/3; *B. subtilis*; *B. pumilis*. Для обробки дерев застосовували культуральну рідину досліджуваних бактерій з розрахунку 20л/га. Витрата робочої рідини 1000л/га.

Статистичне оброблення експериментальних даних проводили за допомогою пакета програм MS Excel.

**Результати дослідження та їх обговорення.** У лабораторно-польових умовах досліджено ефективність застосування штаму *Bacillus thuringiensis* 87/3 щодо личинок колорадського жука молодшого віку (табл. 1).

**1. Ефективність штамів *Bacillus thuringiensis* на личинок колорадського жука L<sub>1-2</sub> (модельний дрібноділянковий дослід, 2017 рік)**

Варіанти дослідів	Загибель личинок за добою обліку, %			
	3	5	7	10
Контроль (без обробки)	0	0	0	1,1±0,02
Хімічний інсектицид	37,4±0,02	70,4±0,11	84,2±0,04	89,9±0,08
<i>B. thuringiensis</i> 87/3	34,3±0,02	69,3±0,09	95,6±0,7	99,4±0,6

Робочу суспензію готували безпосередньо перед обробленням. У перші дні після обробки процес зниження чисельності личинок шкідника відбувався повільно, але при цьому рослини не пошкоджувались, що зумовлено антифідантним ефектом. У наступні дні дослідів відбувалося порушення метаморфозу і загибель особин наступної фази розвитку. Результати польових досліджень свідчать про високу біологічну ефективність дії штаму *Bt* 87/3 щодо личинок колорадського жука – 99,4%.

За результатами попередніх модельних досліджень встановлено, що досліджувані біоагенти-продуценти *Bt* мають високу антагоністичну активність щодо фітопатогенних мікроміцетів роду *Venturia ssp.* [10]. Лабораторні дослідів показали, що під впливом споро-кристалічного комплексу штаму *B. thuringiensis* 87/3 відбуваються значні зміни морфогенезу тест-культури в усіх варіантах, а саме: з'являються характерні зони лізису, міняються щільність, товщина та напрямок росту міцелію, а також ступінь інгібування проростання конідій у межах 86,0-93,0%. У контролі (без внесення бактеріальних метаболітів культури *B. thuringiensis*) середній діаметр мікроміцету на 10-у добу становив 2,1см порівняно з дослідними варіантами, у яких зафіксовано ріст міцелію не більше ніж 0,4-0,7см [10].

За результатами польових досліджень встановлено, що позакоренева обробка дерев яблуні різних термінів досягання розчином із використанням бактерій *Bacillus thuringiensis* сприяла зменшенню кількості уражених паршею листків яблуні в 1,5-2 рази порівняно із контрольним варіантом. В оброблених варіантах відсоток ураження був менше ніж 40%, тоді як у контролі – від 55% (рослини сорту Слава Переможцям) до 70% (сорт Вільмута). Аналогічну закономірність спостерігали і при позакореновому використанні *Bacillus pumilis*, за винятком сорту Дельбарестіваль – відсоток ураження листків був на рівні контролю. Зазначено, що позакореневе використання робочого розчину, приготованого з культурою бактерій *Bacillus subtilis* не мало впливу на зміну кількості уражених паршею листків яблуні досліджуваних сортів.

Отже, встановлено, що оброблення рослин яблуні суспензією на основі *Bacillus thuringiensis* 87/3, значно зменшувала кількість уражених паршею листків порівняно з контролем.

**Висновки і перспективи.** Проведені дослідження дали змогу оцінити ефективність дії штаму *B. thuringiensis* №87/3 щодо личинок колорадського жука, а також фітопатогенів *Venturia ssp.*, що розширює можливості його використання. Показано, що культура штаму *B. thuringiensis* №87/3 має високий потенціал технологічності (титр метаболітного споро-кристалічного комплексу становить від 3,6 до 4,8 млрд/мл культуральної рідини), ентомоцидності (99,4%) та антифунгальної дії, яка виявляється у зменшенні кількості уражених паршею листків яблуні в 1,5-2 рази порівняно з контрольним варіантом.

Таким чином, поліфункціональність штаму *Bt 87/3* демонструє перспективи ефективного його використання для фітозахисту.

#### Список використаних джерел

1. Кандыбин Н.В. Микробиоконтроль численности насекомых и его доминанта *Bacillus thuringiensis*. /Н.В Кандыбин, Т.И.Патыка, В.П. Ермолова, В.Ф. Патыка Монография. – СПб, Пушкин: Научное издание «Инновационный центр защиты растений», 2009. – 252 с.
2. Bravo A., Gomez I., Porta H. et al. Evolution of *Bacillus thuringiensis* Cry toxins insecticidal activity // *Microbial Biotechnol.* 2013. Vol. 6. P. 17-26.
3. Юдина Т.Г. Антимикробная активность и экологическая роль белковых включений бактерий – представителей родов *Bacillus*, *Xenorhabdus*, *Photorhabdus*: дис...д-ра биол. наук в форме научного доклада. М., 2006. 81 с.
4. Каменек Л.К., Каменек Д.В., Тюльпинева А. А., Терпиловский М.А. Действие дельта-эндотоксина *Bacillus thuringiensis* в отношении фитопатогенных грибов родов *Phytophthora* и *Fusarium* // *Биотехнология.* 2008. №5. С. 76-83.
5. Sultana R., Kim K. *Bacillus thuringiensis* C25 suppresses popcorn disease caused by *Ciboria shiraiana* in mulberry (*Morus australis* L.) // *Biocontr. Sci. Technol.* 2016. Vol. 26(2). P. 145-162.
6. Коробов Я.А., Каменек Д.В., Каменек Л.К. Ростостимулирующий эффект дельта-эндотоксина в отношении ювенильных растений перца стручкового // *Вестник Алтайского ГАУ.* 2014. №11(121). С.14-19.
7. Методические рекомендации по выделению и идентификации бактерий рода *Bacillus* из организма человека и животных /под ред. В. В. Смирнова. – К., 1983. – 50 с.
8. Smirnoff W. A. A straining method for differentiating spores, crystals and cells of *Bacillus thuringiensis* // *W. A. Smirnoff* // *Insect. Pathol.* – 1962. – P. 384-386.
9. Abbot W. A method of computing the effectiveness of an insecticide // *W. Abbot* // *J. Econ. Entomol.* –1925. –18.– P. 265-267.
10. Біотехнологічна поліфункціональність метаболітного споро-кристалічного комплексу та особливості культивування *Bacillus thuringiensis*/ Т.І. Патики, М.В. Бойко, М.В. Патики // *Мікробіол. журнал.* -2017. - Т. 79, №2.- С. 77-84.

#### References

1. Kandybin NV. Microbiological control of insect's quantity and its dominant *Bacillus thuringiensis*. Moscow SPb Pushkin: Innovatsionnyiy tsentr zaschityi rasteniy, 2009. 252 p.
2. Bravo A, Gomez I, Porta H et al. Evolution of *Bacillus thuringiensis* Cry toxins insecticidal activity. *Microbial Biotechnol.* 2013; (6):17-26.
3. Yudina TG. Antimikrobnaya aktivnost i ekologicheskaya rol belkovyih vklyucheniye bakteriy – predstaviteley rodov *Bacillus*, *Xenorhabdus*, *Photorhabdus*: dis...d-ra biol. nauk v forme nauchnogo doklada. Moscow, 2006. 81 p.

4. Kamenek, L.K., Tyulpineva, A.A., Terpilovskiy, M.A. (2008). Deystvie delta-endotoksina *Bacillus thuringiensis* v otnoshenii fitopatogennyih gribov rodov *Phytophthora* i *Fusarium*. *Biotechnologiya*, (5), 76-83.

5. Sultana R, Kim K. *Bacillus thuringiensis* C25 suppresses popcorn disease caused by *Ciboria shiraiana* in mulberry (*Morus australis* L.). *Biocontr. Sci. Technol.* 2016. 26(2):145-162.

6. Korobov Ya.A, Kamenek L.K. (2014). Rostostimuliruyuschiy effekt delta-endotoksina v otnoshenii yuvenilnyih rasteniy pertsy struchkovogo. *Vestnik Altayskogo GAU*. 121(11):14-19.

7. Smirnov VV. Metodicheskie rekomendatsii po vyideleniyu i identifikatsii bakteriy roda *Bacillus* iz organizma cheloveka i zhivotnyih. 1983:50 p.

8. Smirnoff VA. A straining method for differentiating spores, crystals and cells of *Bacillus thuringiensis*. *Insect. Pathol.* 1962:384–386.

9. Abbot W, A method of computing the effectiveness of an insecticide. *J. Econ. Entomol.* 1925;18: 265-267.

10. Patyka T.I, Boiko M.V, Patyka M.V. (2017). Biotekhnologichna polifunktsionalnist metabolitnoho sporo-krystalichnoho kompleksu ta osoblyvosti kulyvuvannia *Bacillus thuringiensis*. *Mikrobiol. zhurnal.* 79(2):77-84.

## **ЭНДООБРАЗУЮЩИЕ БАКТЕРИИ *BACILLUS THURINGIENSIS* VAR. *THURINGIENSIS* КАК ОСНОВА МИКРОБНЫХ ПРЕПАРАТОВ ШИРОКОГО СПЕКТРА ДЕЙСТВИЯ**

**М. В. Бойко, М. В. Патыка**

**Аннотация.** Освещены аспекты применения микробных препаратов на основе *Bacillus thuringiensis* для защиты растений от вредоносных организмов. Эффективность действия штамма *Bacillus thuringiensis* 87/3 доказана в лабораторных и полевых условиях с использованием биотеста *Leptinotarsa decemlineata* Say. (личинки младшего возраста, L<sub>1-2</sub>), а также фитопатогенных микромицетов рода *Venturia* ssp. Установлена высокая технологичность штамма *B. thuringiensis* №87/3 имеет тип метаболического споро-кристаллического комплекса от 3,6 до 4,8 млрд в 1мл культуральной жидкости), энтомоцидность (99,4%) и антифунгальное действие, которое проявляется в уменьшении количества пораженных возбудителем парши растений яблони в 1,5-2 раза по сравнению с контрольным вариантом. Широкий спектр действия эндообразующих бактерий *Bt* демонстрирует перспективность их использования для фитозащиты.

**Ключевые слова:** *B. thuringiensis* var. *thuringiensis*, биоконтроль, фитозащитное действие, энтомоцидная активность.

## **ENDO-FORMING BACTERIA *BACILLUS THURINGIENSIS* VAR. *THURINGIENSIS* AS A BASIS OF MICROBIAL PREPARATIONS OF A WIDE SPECTRUM OF ACTION**

**M. Boiko, M. Patyka**

**Abstract.** The aspects of using microbial preparations based on *Bacillus thuringiensis* for the plants protection against harmful organisms was discussed. The

efficacy of the *Bacillus thuringiensis* 87/3 strain was demonstrated in laboratory and field conditions using *Leptinotarsa decemlineata* Say. (larvae of younger age, L<sub>1-2</sub>), as well as phytopathogenic micromycetes *Venturia* ssp. It has been established the high adaptability of t *B. thuringiensis* 87/3 strain (the titre of the metabolic spore-crystalline complex is from 3.6 to 4.8 billion/ml.), entomocidal (99.4%) and antifungal effect, which is shown in reduction of the diseased plants number by the apple scab causative in 1,5-2 times, in comparison with the control variant. A wide range action of endo-forming bacteria *Bt* demonstrates the prospects of their use for phytoprotection.

**Keywords:** *B. thuringiensis* var. *thuringiensis*, biocontrol, phytoprotective action, entomocidal activity.

## **ФОРМУВАННЯ І ФУНКЦІОНУВАННЯ ЛИСТКОВОГО АПАРАТУ ТА АДАПТИВНІ МОЖЛИВОСТІ РОСЛИН БУРЯКІВ ЦУКРОВИХ (*BETA VULGARIS* L.) ДО ЗАГУЩЕННЯ**

**О. Л. КЛЯЧЕНКО**, доктор сільськогосподарських наук, доцент  
**Національний університет біоресурсів і природокористування  
України**

*E-mail:* Klyachenko@ukr.net

**Анотація.** Вивчено особливості формування листкового апарату рослин та накопичення сахарози в коренеплодах гібридів буряків цукрових та їх батьківських компонентів. Установлено генотипні відмінності за внеском окремих вікових груп листків і їх співвідношень у формування цукристості коренеплодів та вихід цукру. Показано вплив затінення та загущення на фізіолого-біохімічні особливості асиміляційного апарату та продуктивність рослин.

**Ключові слова:** буряки цукрові, листковий апарат, цукристість, продуктивність.

**Актуальність.** Одним із визначних шляхів підвищення продуктивності буряків цукрових (*Beta vulgaris* L.), які забезпечують вагомий внесок в українську та світову економіку, є створення нових сортів та гібридів з оптимальною реакцією на зміни довкілля, що регулюється технологією вирощування та генетично зумовленою стійкістю проти нерегульованих екологічних чинників на окремих етапах онтогенезу [12, 1]. Прогресу в селекції цієї важливої культури не може бути досягнуто без використання наукових розробок фізіології та біохімії рослин в одержанні та оцінюванні вихідного матеріалу, створенні сортів і гібридів на основі реалізації принципово нових технологічних схем.

Фізіологічний підхід і розроблення шляхів покращення та оцінювання популяції за фізіолого-біохімічними показниками сприяє глибшому розумінню продукційного процесу сільськогосподарських культур у мінливих умовах навколишнього середовища та визнаних чинників, які впливають на урожай, що забезпечує теоретичні основи селекції. Розвиток фізіологічних досліджень підвищує ефективність генетичних і генно-інженерних технологій, розширює їх і створює нову експериментальну базу [15, 18, 14, 11].

Стратегією сучасної селекції рослин стає керування продукційними процесами, такими як фотосинтез на різних рівнях його організації [13], оптимізація донорно-акцепторних відносин [5]. Тому актуальним залишається пошук інформативних фізіолого-біохімічних показників, які пов'язані з продуктивністю в широкому діапазоні умов вирощування і можуть бути використані як фізіологічні і біохімічні маркери для підвищення ефективності селекційного процесу.

**Мета роботи** – вивчити становлення і тривалість функціонування листового апарату, адаптивності рослин до загущення та їхній взаємозв'язок із продуктивністю буряків цукрових.

**Матеріали і методи дослідження.** Об'єктами досліджень були диплоїдні гібриди буряків цукрових на чоловічостерильній основі: Львовсько-Верхняцький ЧС 21, Уладівський ЧС 30 та їхні вихідні батьківські форми. Рослини вирощували в умовах вегетаційного дослідження методом ґрунтової культури в 14-кілограмових посудинах Вагнера з внесенням поживної суміші ВНЦ [2] за оптимального водозабезпечення – 60% ПВ.

Площу листової поверхні буряків цукрових визначали за лінійними розмірами листків з урахуванням коефіцієнта їх форми (0,76) за Орловським [8]. До молодих відносили листки, які досягли 30-40% максимальної кінцевої величини функціонуючих вирослих листків [16]. Площу листової поверхні та накопичення сухої речовини в органах рослин визначали згідно з методичними вказівками ВНЦ «Анатомо-морфологические и физиолого-биохимические тесты при изучении селекционных материалов сахарной свеклы» [3].

Польові двофакторні дослідження на стійкість до загущення проводили згідно з методичними рекомендаціями Інституту цукрових буряків НААН України. Площа посівної ділянки – 120м<sup>2</sup>, обліково – 50м<sup>2</sup>. Повторюваність шестиразова. Густота стояння рослин 80, 100, 120тис./га.

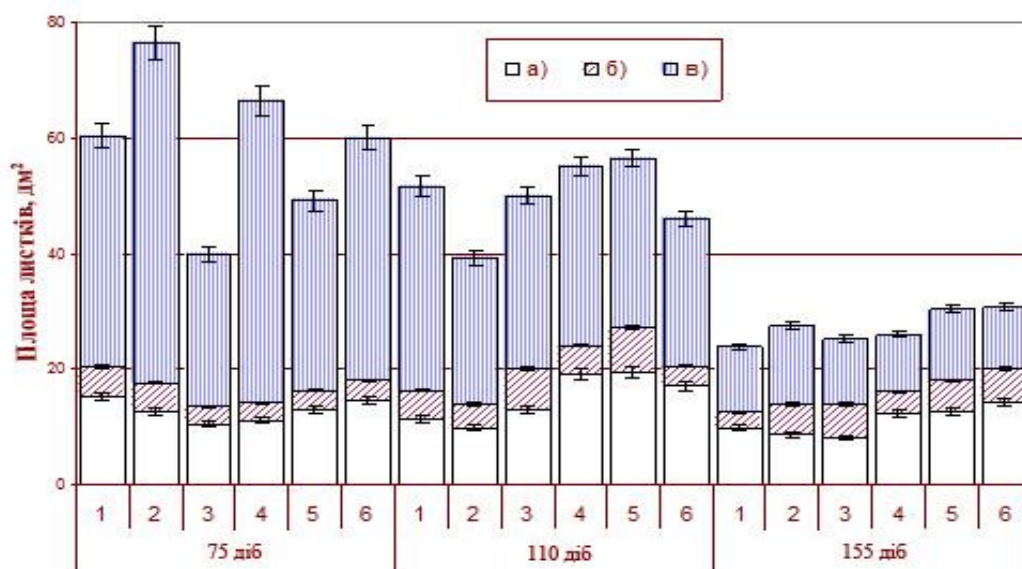
Цукристість коренеплодів визначали методом холодної дигестії за Починком [10].

Статистичне оброблення одержаних експериментальних даних виконували з використанням електронних таблиць Microsoft Excel.

**Результати дослідження та їх обговорення.** На сьогодні увагу дослідників спрямовано на генетико-селекційну оптимізацію продукційного процесу буряків цукрових через зміну донорно-акцепторних відносин, які в системі цілісного організму регулюються в онтогенезі рослин шляхом інтенсифікації ростових процесів і фотосинтезу [8, 4]. Важливою фізіологічною складовою продукційного процесу є потенційна здатність господарсько-цінних органів рослин до росту і накопичення запасних речовин. Одним з активних компонентів донорно-акцепторної системи як атрагувального центру є коренеплід буряків цукрових, здатний приєднуватися до формування рушійних сил транспорту органічного вуглецю. Відповідні донорно-акцепторні відносини формуються і між різними віковими групами листків – донорами асимілятів.

Вивчення динаміки росту і розвитку листового апарату гібридів буряків цукрових і їхніх компонентів показало, що найбільша площа поверхні життєдіяльних вирослих листків, у яких експортна функція виявляється після досягнення 50% своєї остаточної величини [17], формувалась у період інтенсивного цукронакопичення в коренеплодах і збільшення їхньої маси (75-120 діб), особливо гібриду Уладівський ЧС 30 та його багатонасінного диплоїдного компонента і ЧС-форми гібриду Львовсько-Верхняцький ЧС 21 (рис. 1). Подовження періоду життєдіяльності старих листків у передзбиральний період, особливо у гібриду Уладівський ЧС 30 і його батьківських форм, свідчить про їх тривале функціонування як донорів фотоасимілятів та посилення

атрагувальної здатності коренеплодів, що зумовлює формування високої цукристості.



**Рис. 1. Динаміка формування листкового апарату гібридів буряків цукрових та їхніх компонентів:** 1 – Льговсько-Верхняцький ЧС 21; 2,5 – ЧС-компонент; 3,6 – багатонасінний диплоїдний компонент; 4 – Уладівський ЧС 30; а – молоді листки; б – старі листки; в – життєдіяльні листки, що завершили ріст.

Максимум площі молодих листків у цей період, як і протягом вегетації, становив значну частку асиміляційної поверхні рослин у гібриду Льговсько-Верхняцький ЧС 21 і його багатонасінного диплоїдного компонента. Молоді листки, експортна функція яких ще не сформувалась, стають щодо коренеплоду конкурентами за асимілювати і не мають переваги в продуктивності рослин.

Окремі вікові групи листків і їх співвідношення на різних етапах онтогенезу рослин роблять різний внесок у накопичення маси сухої речовини, кількість якої залежно від дослідженого генотипу відповідала питомій фотосинтетичній активності їхніх асимілюючих тканин, яку оцінювали за ПМЛ, вмістом хлорофілів *a* і *b*, розчинних вуглеводів і сахарози в листових пластинках і черешках. У середині вегетації (75 днів) у формуванні сухої маси рослин переважно брали участь життєдіяльні та повністю сформовані листки, а в кінці періоду вегетації зазначений показник значно збільшувався за рахунок площі поверхні старих листків (рис. 2).

Генотипи з оптимальною динамікою донорно-акцепторних відносин характеризуються довговічним листковим апаратом, що сприяє раціональному використанню асимілятів на ріст коренеплодів і запасанню в них сахарози (рис. 3). Підвищення цукристості при збільшенні тривалості життєдіяльності листків можна пояснити властивостями структурної узгодженості в розвитку листків і запасуючої паренхіми коренеплодів.

Важливим напрямом у селекції сільськогосподарських культур є вивчення адаптивної стійкості рослин до негативного впливу навколишнього середовища, що пов'язано з дослідженням механізмів онтогенетичної

адаптації, яка виявляється на фенотиповому рівні в межах інформації, що зберігається та реалізується геномом [6].

При використанні затінення як методичного прийому виявлено як загальні фізіолого-біохімічні закономірності адаптивних змін листового апарату та елементів продуктивності ЧС-ліній, гібридів буряків цукрових та їхніх компонентів, так і значні генотипні відмінності. Встановлено чітку тенденцію до підвищення вмісту хлорофілів *a* і *b* та зниження їх співвідношення (*a/b*), що є ознакою набування фотосинтетичним апаратом тіньовитривалості. При цьому відповідно до напруженості стресового чинника (30 і 60% світлового потоку) спостерігалось зменшення ПМЛ, сумарного вмісту альбумінів і глобулінів та простежувались істотні зміни у пулі водорозчинних вуглеводів листових пластинок і черешків, уміст яких порівняно з контролем знижувався залежно від генотипу в межах 11,09-54,3% [7]. За умов затінення фотоасиміляти спрямовуються переважно на ріст листового апарату рослин, площа поверхні якого наприкінці вегетації у досліджених генотипів у 1,5-2 рази перевищувала аналогічний показник у контрольних рослин.

Залежно від величини світлового потоку в досліджених генотипів суттєво знижувались темпи накопичення маса сирової та сухої речовини коренеплодів (від 21,3 до 53,2%), що супроводжувалось збільшенням співвідношення гичка/коренеплід, зменшенням величини відношення маси коренеплоду до маси цілісної рослини і підвищенням частки маси сухої речовини черешків у масі гички. Оскільки у затінених рослин у другій половині вегетації подовжувався період формування листового апарату, це обмежувало надходження фотоасимілятів у коренеплід і призводило до гальмування активності його ростових процесів та відкладання сахарози у запас (на 0,9-4,6%), які у буряків цукрових відбуваються одночасно [7].

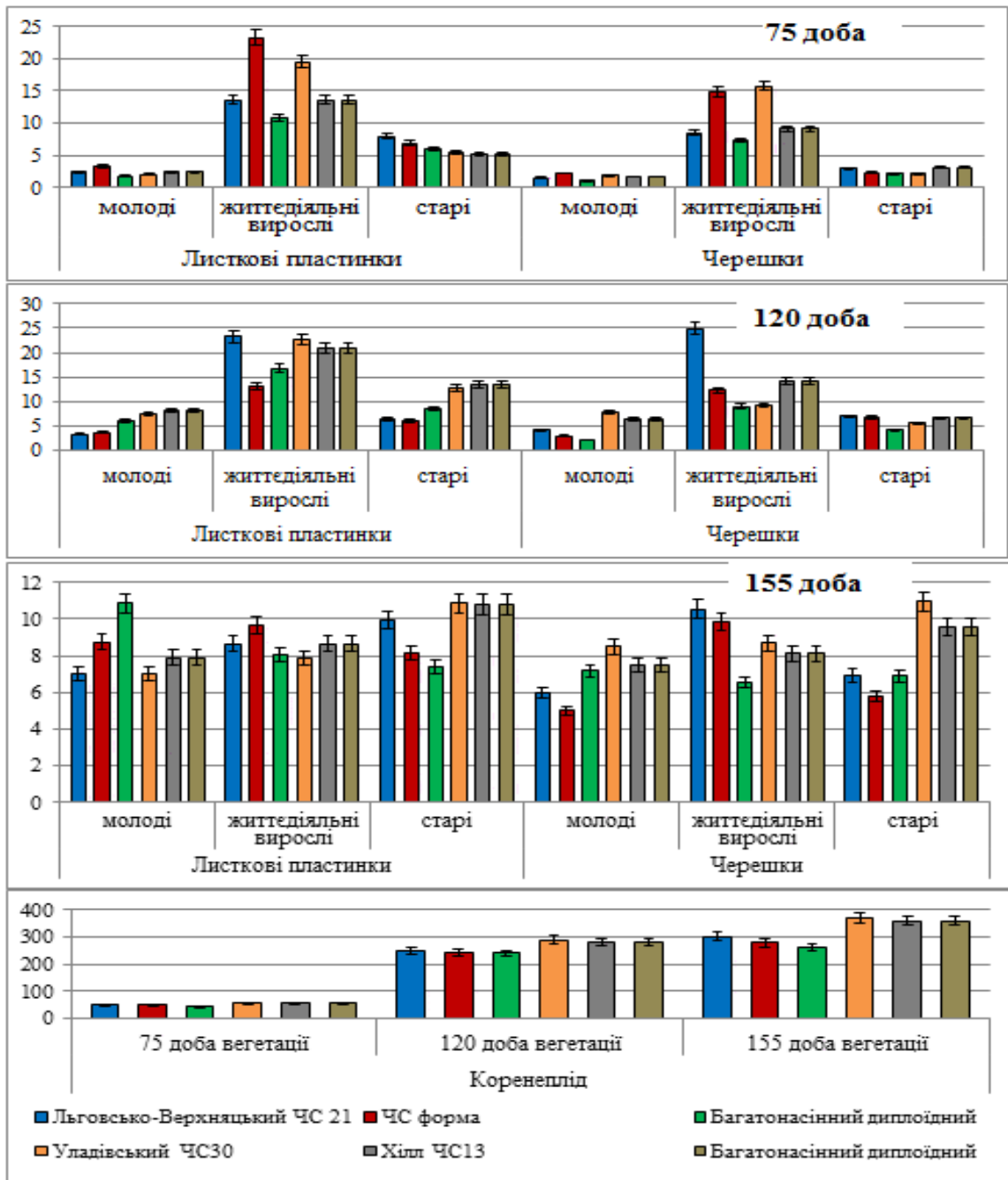
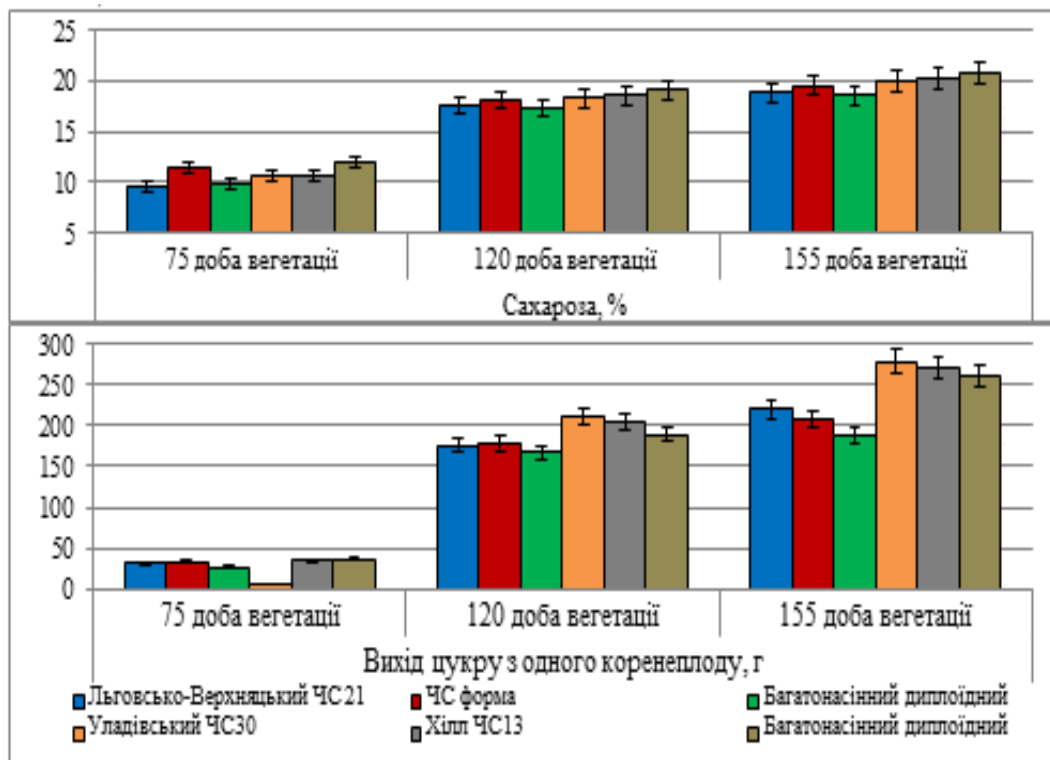


Рис. 2. Динаміка накопичення маси сухої речовини органами рослин буряків цукрових (г)



**Рис.3. Динаміка цукристості (%) та вихід цукру (г) з одного коренеплоду буряків цукрових**

Результати польових дослідів за впливом різної густоти стояння рослин на продукційний процес буряків цукрових показали, що досліджені ЧС-гібриди та їхні вихідні компоненти виявляли різну адаптивну стійкість до умов загушення. Найбільш стійкими виявились при густотах 100 і 120 тис./га компонент Хілл ЧС 13 гібриду Уладівський ЧС 30 і ЧС-компонент гібриду Львовсько-Верхняцький ЧС 21, у яких урожайність зростала на 4,6-4,4 і 4,2-4,1 т/га, а збір цукру – на 1,1-0,4 і 1,09-0,5 т/га відповідно (таблиця). У найстійкіших генотипів урожайність зростала в середньому на 4,3 т/га, а збір цукру – на 0,77 т/га.

Оскільки успадковується певний тип реакції або норма реакції на умови зовнішнього середовища [6], тобто здатність до оптимальної зміни організації у відповідь на зміну внутрішніх і зовнішніх чинників, то при створенні стійких до загушення селекційних матеріалів буряків цукрових всебічне оцінювання їх і відбір необхідно проводити за інтегральними фізіолого-біохімічними параметрами життєдіяльності в умовах затінення, добираючи потомство рослин, яке менше реагує на зниження освітленості.

Отже, в результаті проведених досліджень онтогенетичної адаптації ліній різного походження і гібридів та їхніх вихідних компонентів буряків цукрових до світлового режиму ФАР в умовах затінення вегетаційного та різної густоти насадження рослин польового дослідів встановлено, що напруженість стресового чинника є визначальною характеристикою змін фізіолого-біохімічних і анатомо-морфологічних властивостей листового апарату, які забезпечують гомеостаз рослин, і максимально можливі за цих умов ефективність фотосинтезу і продуктивність різних генотипів буряків цукрових.

#### **1. Продуктивність буряків цукрових залежно від густоти насадження рослин**

Гібрид, компонент	Густота рослин, тис./га	Урожайність , т/га	Маса корене- плоду, г	Цукристість, % маси сирової речовини	Збір цукру, т/га
ЛВ ЧС 21*	80	40,0	501,0	17,1	6,8
	100	43,4	434,4	17,4	7,4
	120	42,9	357,8	15,9	6,9
ЧС-форма	80	38,8	485,5	17,6	6,8
	100	43,0	437,0	17,9	7,7
	120	42,9	357,5	16,9	7,3
Багато- насінний диплоїдний	80	39,9	498,5	17,3	6,9
	100	42,9	429,0	17,8	7,6
	120	42,5	354,1	16,9	7,2
Уладівськи й ЧС 30	80	41,9	523,5	17,5	7,3
	100	44,8	448,0	17,9	8,0
	120	44,5	370,8	16,9	7,5
Хілл ЧС 13	80	39,3	491,0	17,1	6,7
	100	43,9	439,1	17,8	7,8
	120	43,7	364,2	16,9	7,4
Багато- насінний диплоїдний	80	36,5	456,0	18,2	6,6
	100	39,9	399,4	18,6	7,4
	120	39,2	326,5	17,9	7,0
НІР <sub>05</sub>		2,1	19	0,40	0,60

*Примітка:* ЛВ ЧС 21\* – гібрид Львовсько-Верхняцький ЧС 21.

### Висновки та перспективи

1. Генотипи буряків цукрових з оптимальною динамікою донорно-акцепторних відносин характеризувались довговічністю листового апарату, що скорочує непродуктивні витрати органічних речовин і сприяє раціональному використанню асимілятів на ріст коренеплодів і запасання в них сахарози.

2. При створенні стійких проти загушення гібридів буряків цукрових в умовах інтенсивних технологій вирощування оцінювати і відбирати селекційні матеріали необхідно за найінформативнішими фізіолого-біохімічними показниками життєдіяльності рослин за дії затінення, добираючи потомства з меншою реакцією на зниження освітленості.

### Список використаних джерел

1. Балков И.Я. Новым этапом в селекции и семеноводстве должны стать высококорентабельные гибриды свеклы / И.Я. Балков // Сахарная свекла. – 2011. – №6. – С.26-27.
2. Биология и селекция сахарной свеклы. М.: Колос, 1968. – 766 с.
3. Борисюк В.А., Кляченко В.И., Третьяк Т.В. Анатомио-морфологические и физиолого-биохимические тесты при изучении селекционных материалов сахарной свеклы (Методические указания). – М.: ВАСХНИЛ, 1989. – 67с.
4. Киризий Д.А. Фотосинтез и рост растений в аспекте донорно-акцепторных отношений / Д.А. Киризий. – К.: Логос. – 2004. – С. 3 – 8.
5. Киризий Д.А. Фотосинтез и донорно-акцепторные отношения между органами как составляющие продукционного процесса пшеницы / Д.А. Киризий / Физиология растений и генетика. – 2015. – Т. 47. - №5. – С. 393-419.
6. Кириченко В.В. Методологические проблемы адаптивной селекции / В.В. Кириченко // Труды межд. конф. «Адаптивная селекция растений. Теория и практика». – Харьков. – 2002. – С. 3-5.

7. Кляченко О.Л. Вплив затінення на хімічний склад та продуктивність різних генотипів цукрових буряків (*Beta vulgaris* L.) / О.Л. Кляченко // Вісник аграрної науки. – 2006. – №2. – С. 44 – 48.
8. Мокроносов А.Т. Онтогенетический аспект фотосинтеза / А.Т. Мокроносов. – М.: Наука. – 1981. – 196 с.
9. Орловский Н.И. Рост сахарной свеклы / Н.И. Орловский // Биология и селекция сахарной свеклы. – М.: Колос, 1968. – С. 207 – 226.
10. Починок Х.Н. Методы биохимического анализа растений /Х.Н. Починок // К.: Наук. думка. – 1976. – 333 с.
11. Прядкина Г.О. Пігменти фотосинтетичного апарату і продуктивність озимої пшениці / Г.О. Прядкина, В.В. Моргун // Физиология растений и генетика. - 2016. - Т.48. - №4. - С. 310-323.
12. Роїк М.В. Селекція цукрових буряків / М.В. Роїк, М.О. Корнєєва // Спеціальна селекція польових культур. – Біла Церква: БЦ НАУ. - 2010. – С. 276-314.
13. Стасик О.О. Фотосинтез и продуктивность сельскохозяйственных растений / О.О. Стасик, Д.А. Киризий, Г.А. Прядкина / Физиология растений и генетика. – 2016. – 48. - №3. – С.232-251.
14. Суслов В.И. Теория и практические аспекты селекции сахарной свеклы / В.И. Суслов, В.А. Логвинов, В.Н. Мищенко // Збірник наукових праць Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН. – 2012. – вип..13. – С.126-131.
15. Шадчина Т.М. Функціональні характеристики фотосинтетичного апарату сучасних сортів озимої пшениці / Т.М. Шадчина // Физиология и биохимия культурных растений. – 2010. – Т.42. - №4. – С. 339-347.
16. Giaguinta R.T. Source and sink leaf metabolism in relation to phloem translocation / R.T. Giaguinta // Plant Physiol. – 1978. – Vol. 61. – N 3. – P. 380 – 385.
17. Giaguinta R.T. Translocation of sucrose and oligosaccharides / R.T. Giaguinta. – The biochemistry of plants. Vol.3. Carbohydrates: Structure and Function // J. Preiss. ed. – New York: Academic Press. - 1980. – P.271-320.
18. Parry M.A. Raising yield potential of wheat. II Increasing photosynthetic capacity and efficiency / M.A. Parry, V. Reynolds, M.E. Salvucci et al. // J. Exp. Bot. – 2011. – Vol. 62. – N 2. – P. 453-467.

## **ФОРМИРОВАНИЕ И ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ ЛИСТОВОГО АППАРАТА И АДАПТИВНЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ РАСТЕНИЙ САХАРНОЙ СВЕКЛЫ (*BETA VULGARIS* L.) К СГУЩЕНИЮ**

**А. Л. Кляченко**

***Аннотация.** Изучены особенности формирования листового аппарата растений и накопления сахарозы в корнеплодах гибридов сахарной свеклы и их родительских компонентов. Установлено Генотипический различия по вкладу отдельных возрастных групп листьев и их соотношений в формирование сахаристости корнеплодов и выход сахара. Показано влияние затенения и загущения на физиолого-биохимические особенности ассимиляционного аппарата и продуктивность растений.*

***Ключевые слова:** сахарная свекла, листовой аппарат, сахаристость, производительность.*

## **FORMATION AND FUNCTIONING OF LEAF APPARATUS AND ADAPTIVE POSSIBILITIES OF BETTER PLANTS OF BETES (*BETA VULGARIS* L.) BEFORE CASTING**

**O. L. Klyachenko**

**Abstract.** *The peculiarities of formation of the planting plant and accumulation of sucrose in the root crops of sugar beet hybrids and their parent components were studied. The genotypical differences in the contribution of individual age groups of leaves and their relationships in the formation of sugar content of root crops and sugar yield were established. The effect of shading and thickening on the physiological and biochemical features of the assimilation apparatus and plant productivity are shown.*

**Key words:** *sugar beet, leafy machine, sugar content, productivity.*

## **ЧУТЛИВІСТЬ *STAPHYLOCOCCUS AUREUS* ТА ГРИБІВ РОДУ *CANDIDA* ДО АДАМАНТИЛВМІСНИХ ПОХІДНИХ АМІНОПРОПАНОЛУ-2**

**О. М. ВОЛОЩУК**, асистент кафедри мікробіології, вірусології та імунології  
**Національний медичний університет імені О. О. Богомольця**  
E-mail: poshta\_omv@ ukr.net

**Анотація.** Метою дослідження було визначити чутливість музейних та клінічних штамів стафілококів та грибів роду *Candida* до 27 нових адамантилвмісних похідних амінопропанолу-2. Антибактеріальну та антимікотичну дії речовин оцінювали за показниками мінімальної інгібуючої концентрації (МІК) та мінімальної бактерицидної або фунгіцидної концентрації (МБЦК або МФЦК), які визначали мікрометодом послідовних серійних розведень у рідкому поживному середовищі. У дослідженні було використано музейний штам та 10 клінічних ізолятів *Staphylococcus aureus*, також 5 музейних штамів і 6 клінічних ізолятів грибів роду *Candida*. У результаті проведених досліджень виявлено виражені антимікотичні властивості сполук №№1, 6, 10 і 23. МІК цих речовин стосовно музейних штамів і клінічних ізолятів грибів роду *Candida* перебували в межах від 7,8мкг/мл до 62,5мкг/мл. Речовини №6 та №10 виявляли помірну дію також і на стафілококи. Визначені показники МІК сполук, високоактивних стосовно музейних тест-штамів мікроорганізмів, у переважній більшості випадків дорівнювали значенням МІК цих речовин і щодо клінічних ізолятів стафілококів та грибів роду *Candida*. Аналіз антимікробної дії речовин залежно від їхньої хімічної структури зумовив припущення щодо впливу деяких радикалів на наявність антимікробних властивостей у досліджених речовин.

**Ключові слова:** адамантилвмісні похідні амінопропанолу-2, антимікробна дія, *Staphylococcus aureus*, гриби роду *Candida*.

**Актуальність (Introduction).** Останніми десятиріччями в галузі медицини гостро стало питання антибіотикорезистентності [1]. Серед низки заходів для подолання цієї проблеми актуальним є розроблення та впровадження в клінічну практику нових антимікробних засобів. Одним із перших етапів пошуку молекул з вираженими біологічними властивостями є дослідження їхньої антимікробної дії щодо музейних і клінічних ізолятів штамів мікроорганізмів, актуальних для медицини. Стафілококи та гриби роду *Candida* є чинниками інфекцій різної локалізації, резистентні штами яких набувають поширення у всьому світі, в тому числі в Україні [2].

Виявлення речовин з вираженими антимікробними властивостями та встановлення залежності біологічної дії сполук від їхньої структури зумовлює доцільність подальшого дослідження високоактивних речовин та створення на їхній основі ефективних протимікробних ліків.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій (Analysis of recent researches and publications).** Пошук «сполук-лідерів» з вираженими антимікробними властивостями ведеться серед різних класів хімічних речовин. Велика кількість публікацій стосовно всебічного вивчення адамантан похідних дає підстави зробити висновок про перспективність подальшого скринінгу високоактивних молекул серед речовин цієї групи [3, 4, 5]. Похідні адамантану використовують як при синтезі нових біологічно активних речовин, так і для модифікації наявних. Міцний вуглецевий каркас адамантану зумовлює високу ліпофільність цієї молекули, відповідно, ліпофільні сайти зв'язування адамантилвмісних сполук можуть впливати на гліколіпідний метаболізм і полегшувати транспорт речовин через біологічні мембрани [6]. Зокрема, похідні адамантану застосовують як ліполітичні добавки до відомих лікарських засобів або для заміни інших ліпофільних груп з метою підвищення фармакокінетики та/або фармакодинаміки цих сполук [7]. Так, для подолання резистентності бактерій до глікопептидів було створено низку глікопептидів шляхом їх ліпофільної модифікації похідними адамантану [4, 8]. Модифікації будівельними блоками адамантану зазнали також препарати пеніцилін («Adamantocilin») і дофамін («Dopamintine»).

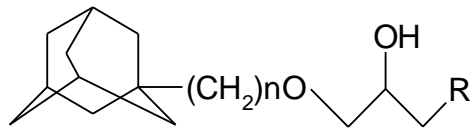
Серед похідних адамантилалкокси амінопропанолів та їхніх четвертинних солей знайдено сполуки, які, окрім антимікробних властивостей, мають виражену протигрибкову дію [9]. Антимікотична дія зареєстрована у N-1-адамантилмалеїмїду, адамантилпіримідинів [10]. Дослідженнями Н. О. Вринчану та співавторів серед багатьох похідних аміноадамантану виявлено значні протимікробні властивості у речовини 4-адамантил-1-(1-амінобутил). Ця сполука має антифунгальні й антибактеріальні властивості, зокрема щодо клінічних ізолятів мікроорганізмів. Показано доцільність розроблення на основі цієї сполуки препарату для місцевого застосування [11].

У низці публікацій [3, 4] надано вичерпний опис терапевтичного застосування ліків-кандидатів із вмістом адамантанового фрагмента для широкого спектра захворювань. На основі адамантану сьогодні відомо сім зареєстрованих лікарських засобів і багато сполук як нових потенційних фармакологічних препаратів, що перебувають на різних етапах клінічних та доклінічних випробувань [5].

**Мета (Purpose).** З огляду на те, що адамантани можуть бути джерелом отримання похідних з вираженими антимікробними властивостями, метою роботи було дослідити протибактеріальну та антимікотичну активність 27 нових сполук адамантилвмісних похідних амінопропанолу-2 стосовно музейних штамів та клінічних ізолятів стафілококів і грибів роду *Candida*.

#### **Матеріали і методи досліджень (Materials and Methods).**

**Синтезовані сполуки.** Адамантилвмісні похідні амінопропанолу-2, досліджені в роботі, синтезовано в Інституті органічної хімії НАН України відповідно до розроблених методик [12]. Антибактеріальну та антимікотичну дію визначали у 27 сполук (№№1-14, 19-21, 23-28, 36-39), загальної формули:



Хімічна структура речовин підтверджена ПМР-спектроскопією, тонкошаровою та рідинною хроматографією. Синтезовані сполуки являють собою безбарвні кристалічні речовини без запаху, різного ступеня розчинності у воді, 96%-му спирті, диметилсульфоксиді (ДМСО). Для приготування розчинів синтезованих сполук використовували 0,2мл спирту (0,1мл ДМСО) і стерильну дистильовану воду, доводячи матричний розчин дистильованою водою до концентрації 1000мкг/мл.

**Тест-об'єкти.** Для визначення антимікробної дії досліджуваних сполук використано тест-штами патогенних та умовно патогенних мікроорганізмів, отримані з музею живих культур лабораторії загальної мікробіології Інституту епідеміології та інфекційних хвороб НАМН України, а саме *Staphylococcus aureus* ATCC 25923, *Candida albicans* ATCC 885-653, *Candida utilis* ЛИА-01, *Candida kruzei* 4833, *Candida cruzei* 71062. Також використано клінічні ізоляти 10 штамів *Staphylococcus aureus* та 6 штамів дріжджоподібних грибів роду *Candida*, отримані від пацієнтів із гнійно-запальними інфекціями. Використані тест-мікроорганізми виявляли типові для певного виду морфологічні, тинкторіальні та ферментативні властивості.

**Мікробіологічні дослідження.** Визначення антибактеріальної та антимікотичної дії адамантилвмісних похідних амінопропанолу-2 було проведено на кафедрі мікробіології, вірусології та імунології Національного медичного університету імені О. О. Богомольця відповідно до загальноприйнятих методик [13] із застосуванням мікрометоду послідовних серійних розведень у рідкому поживному середовищі. З цією метою у 96-лункові полістеролові планшети мікродозатором вносили по 0,02мл 4-годинної культури мікроорганізмів: суспензія стафілококів у м'ясо-пептонному бульйоні містила  $10^6$  КУО/мл; суспензія грибів роду *Candida* в рідкому середовищі Сабуро містила  $10^5$  КУО/мл. Потім у першу лунку планшета вносили матричний розчин досліджуваної речовини (1000мкг/мл) в об'ємі 0,02мл і шляхом послідовних дворазових розведень у наступних лунках отримували концентрації від 500мкг/мл до 3,9мкг/мл. Планшети з бактеріями поміщали в термостат у вологу камеру та інкубували за температури 37°C протягом 24год, планшети з грибами – відповідно 48год за температури 28°C. Для кожної концентрації речовини використовували не менше ніж чотири лунки планшета. Всі дослідження супроводжували відповідними контролями: контролем середовища на стерильність; контролем росту культури в середовищі без речовин.

Мінімальну інгібуючу концентрацію (МІК) визначали за найменшою концентрацією досліджуваної речовини, у присутності якої візуально не спостерігали росту культури. Мінімальну бактерицидну концентрацію (МБЦК) та мінімальну фунгіцидну концентрацію (МФЦК) установлювали за результатами висіву на відповідні щільні поживні середовища вмісту останніх трьох лунок планшета у розведеннях, при яких візуально не спостерігали росту мікроорганізмів. Концентрація речовини, що зумовлювала відсутність росту стафілококів на м'ясо-пептонному агарі, відповідала значенню МБЦК.

Концентрація речовини, що зумовлювала відсутність росту дріжджоподібних грибів на щільному середовищі Сабуро, відповідала значенню МФцК.

### Результати дослідження та їх обговорення (Results and discussion).

За результатами наших попередніх скринінгових досліджень антимікробної дії нових сполук оксіамінів [14] відносно референс-штамів мікроорганізмів серед усіх досліджених речовин, найбільша кількість сполук з вираженими антибактеріальними та антимікотичними властивостями належала до групи адамантилвмісних похідних. Хімічна структура цих речовин та їхня антимікробна дія стосовно музейного штаму *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 та *Candida albicans* ATCC 885-653 наведені в таблиці 1. Ці сполуки відібрано для подальших досліджень їхніх антимікробних властивостей стосовно клінічних ізолятів стафілококів і дріжджоподібних грибів, а також розширеного кола музейних штамів *Candida albicans* штамів грибів роду *Candida*. Цілеспрямований синтез активних молекул для створення речовин з необхідними біологічними властивостями передбачає встановлення залежності «структура молекули – біологічна дія». Тому ми проводили аналіз структури досліджуваних сполук одночасно з визначенням спектра їхньої антимікробної дії.

Як видно з даних, поданих у таблиці 1, антимікробна активність досліджених речовин залежала як від хімічної структури сполук, так і від виду тест-мікроорганізму.

#### 1. Структура та антимікробна дія адамантилвмісних похідних амінопропанолу-2

№ сполуки	Структура сполуки			S. aureus ATCC 25923		C. albicans ATCC 885-653	
	R	R <sup>1</sup>	R <sup>2</sup>	МІК,	МБцК,	МІК,	МФцК,
				мкг/мл	мкг/мл	мкг/мл	мкг/мл
1	Ad(CH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub>	H	метилциклогексил	62,5	125	15,6	62,5
2	Ad(CH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub>	H	етилциклогексил	62,5	125	62,5	125
3	Ad(CH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub>	H	5-С1-3-мефеніл-піперазин	> 500	> 500	> 500	> 500
4	Ad(CH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub>	H	аліл	125	250	62,5	250
5	Ad(CH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub>	H	циклогексил	125	250	15,6	125
6	Ad(CH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub>	H	1,1,3,3-тетраметилбутил	62,5	125	7,8	15,6
7	Ad(CH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub>	H	2,2,6,6-тетраметил-піперидин	125	250	125	500
8	Ad(CH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub>	H	ізобутил	125	250	62,5	125
9	AdCH <sub>2</sub>	H	метилциклогексил	125	250	62,5	125
10	AdCH <sub>2</sub>	H	1,1,3,3-тетраметилбутил	62,5	125	15,6	31,25
11	AdCH <sub>2</sub>	H	2,2,6,6-тетраметил-піперидин	62,5	125	31,25	62,25
12	Ad	H	1,1,3,3-тетраметилбутил	> 500	> 500	62,25	125
13	Ad	H	2,2,6,6-тетраметил-піперидин	> 500	> 500	500	>500

14	Ad	H	етилциклогексил	> 500	> 500	>500	>500
19	AdCH <sub>2</sub>	H	морфолін	> 500	> 500	250	500
20	AdCH <sub>2</sub>	H	диметиламін	125	250	125	125
21	AdCH <sub>2</sub>	H	метилпіперазин	> 500	> 500	500	500
23	AdCH <sub>2</sub>	H	2,6-диметил-піперидин	62,5	250	31,25	62,5
24	Ad(CH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub>	*	морфолін	> 500	> 500	>500	>500
25	Ad(CH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub>	H	2-метилпіперидин	500	> 500	62,5	125
26	Ad(CH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub>	**	морфолін	> 500	> 500	500	>500
27	Ad(CH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub>	***	морфолін	> 500	> 500	>500	>500
28	AdCH <sub>2</sub>	H	N-(4-F-феніл)-піперазин	> 500	> 500	500	500
36	AdCH <sub>2</sub>	H	диізопропіл	125	125	125	125
37	Ad	H	диізобутил	> 500	> 500	>500	>500
38	Ad	H	диізопропіл	> 500	> 500	500	500
39	AdCH <sub>2</sub>	H	диізопропіл	> 500	> 500	>500	>500

Примітка: \* – 3,4,5-триметоксибензоїл, \*\* – 3,4-диметоксибензоїл, \*\*\* – 4-фтор-бензоїл.

Порівняння антимікробної дії адамантилвмісних похідних амінопропанолу-2 з різними замісниками біля вузлового атома вуглецю молекули адамантану та різних амінних радикалів дало змогу висунути певні припущення про залежність протимікробної активності сполуки від будови її молекули. Так, введення метиленової або етиленової групи біля ядра молекули адамантану може бути відповідальним за появу антибактеріальної або антимікотичної активності. Наприклад, сполуки, які містять в алкоксигрупі адамантилетильний фрагмент (речовини №№1, 2, 5, 6, та 25) виявилися активними стосовно грибів роду *Candida*, а три із них (речовини №№1, 2, та 6) також виявили помірну дію і щодо стафілококу. Всі сполуки з адамантилметильним замісником в алкоксигрупі (речовини №№10, 11, 23) виявили як антимікотичну, так і помірну протибактеріальну дію.

Висунуто припущення, що на ступінь антимікробної активності досліджених речовин також впливає і структура амінного радикала. Наприклад, радикал 2,2,6,6-тетраметилпіперидин може зумовлювати антимікробні властивості за наявності у речовин метиленової групи біля вузлового атома вуглецю молекули адамантану (сполука №11). Сполукам з етиленовою групою біля вузлового атома вуглецю молекули адамантану або без метилену чи етилену в алкоксигрупі радикал 2,2,6,6-тетраметилпіперидин антимікробних властивостей не забезпечує (речовини №7 та №13). Так, показник МІК сполуки №11 стосовно музейних штамів *S. aureus* ATCC 25923 та *Candida albicans* ATCC 885-653 становив 62,5мкг/мл і 31,25мкг/мл відповідно, водночас МІК сполуки №7 до цих же мікроорганізмів була 125мкг/мл, а сполуки №13 – 500мкг/мл або більше.

Можна припустити, що заміна метилу на етил в амінному фрагменті речовини зумовлює зміну її біологічної активності. Наприклад, наявність метилциклогексилу в амінному фрагменті адамантилетилену (сполука №1) надає речовині виражену антимікотичну дію. Показник МІК сполуки №1 стосовно *Candida albicans* ATCC 885-653 становить 15,6мкг/мл. Тоді, коли етилциклогексил в амінному фрагменті адамантилетилену (сполука №9) сприяє зменшенню антимікотичної дії, значення МІК сполуки №9 стосовно *Candida albicans* ATCC 885-653 становить уже 62,5мкг/мл. Тобто заміна

метилу на етил в амінному фрагменті цих сполук призводить до зменшення їхньої антифунгальної дії. Треба також зауважити, що наявність в амінному фрагменті етилциклогексилу за відсутності метиленової або етиленової груп біля вузлового атома вуглецю в молекулі адамантану взагалі може призводити до втрати антимікотичних властивостей. МІК адамантил-Н-етилциклогексилу (сполука №14) щодо *Candida albicans* ATCC 885-653 була більше ніж 500мкг/мл.

Також висунуто припущення, що введення угруповання 1,1,3,3-тетраметилбутилу в амінний фрагмент досліджуваних сполук може сприяти появі антимікробних властивостей у речовин, незалежно від модифікації ядра молекули адамантану етиленовими чи метиленовими групами. Про це свідчить висока антимікотична дія сполук №6 та №10, МІК цих речовин стосовно *Candida albicans* ATCC 885-653 були 7,8мкг/мл та 15,6мкг/мл відповідно. Також ці сполуки виявили помірну активність щодо стафілококу.

Відповідно до отриманих результатів (таблиця 1) можна припустити, що введення як амінних фрагментів морфоліну (сполуки №№19, 24, 26, 27) та діізопропіламіну (сполуки №36, 38, 39) не зумовлює появу антимікробних властивостей у адамантилвмісних сполук незалежно від структури їхніх алкоксигруп.

При загальному аналізі антимікробної активності досліджених речовин можна зробити висновок, що ці сполуки є найефективнішими щодо грибів роду *Candida*, помірну дію вони проявляють на *Staphylococcus aureus*. Дослідження на цьому етапі спонукали нас до подальшого вивчення антимікотичної дії адамантилвмісних похідних амінопропанолу-2 щодо розширеного кола музейних штамів дріжджоподібних грибів, а саме нональбіканс-штамів грибів роду *Candida*: *Candida kruzei* 71062, *Candida kruzei* 4833 та *Candida utilis* ЛИА-01. Активними стосовно досліджених референс-штамів грибів роду *Candida* були сполуки №№1, 2, 5, 6, 10, 11, 12, 23 та 25, значення МФЦК вищезазначених речовин у більшості випадків дорівнювали показникам МІК або не перевищували їх більше ніж у 2 рази і перебували в межах від 7,8мкг/мл до 125мкг/мл (табл. 2).

Із наведених у таблиці 2 даних видно, що досліджені речовини значно відрізнялися за ступенем антимікотичної дії стосовно окремих представників грибів роду *Candida*. Наприклад, МІК сполуки №11 для *Candida utilis* ЛИА-01 становила 3,9мкг/мл, а для *Candida kruzei* 71062 була лише 62,5мкг/мл. У сполуки №25, навпаки, МІК для *Candida kruzei* 71062 була низькою і становила 15,6мкг/мл, а МІК для *Candida albicans* ATCC 885-653 була вже 62,5мкг/мл.

Сполуки №6 і №10, які були високоактивними стосовно музейного штаму *Candida albicans*, також виявилися дієвими і щодо нональбіканс-штамів грибів цього роду. Показники МІК речовин №6 та №10 були однаково низькими для всіх досліджених нональбіканс музейних штамів грибів і становили 7,8мкг/мл та 15,6мкг/мл відповідно.

Для встановлення антимікотичної дії стосовно клінічних ізолятів дріжджоподібних грибів було відібрано ті речовини, які виявили найбільш виражену дію щодо музейних штамів грибів роду *Candida*: сполуки №№1, 2, 5, 6, 10, 11, 23, 25. Результати цих досліджень наведено в таблиці 3.

Як видно з даних, наведених у таблиці 3, усі сполуки, що були активними стосовно музейного штаму *Candida albicans* ATCC 885-653, виявили виражену антимікотичну дію і щодо клінічних ізолятів *Candida albicans*. Показники МФцК цих сполук у більшості випадків дорівнювали значенням МІК або не перевищували їх більше ніж у 2 рази і перебували в межах від 15,6мкг/мл до 62,5мкг/мл, що корелювало з даними, отриманими щодо музейного штаму (табл. 1). Також відповідно до отриманих результатів найбільш виражену антимікотичну дію щодо клінічних штамів грибів роду *Candida* виявили сполуки №6 та №10. Їх МІК щодо клінічних ізолятів грибів були дещо вищими від цих показників стосовно музейних штамів (табл. 2) та перебували в межах від 7,8мкг/мл до 31,25мкг/мл. Можна припустити, що антимікотичні властивості цих речовин зумовлено 1,1,3,3-тетраметилбутилом, який присутній у мінному радикалі обох сполук.

Для подальших досліджень антибактеріальної активності адамантилвмісних похідних амінопропанолу-2 було відібрано речовини, які виявилися активними щодо музейного штаму стафілококу (№№1, 2, 6, 10, 11). Результати визначення антибактеріальної дії цих сполук стосовно клінічних ізолятів *Staphylococcus aureus* наведено в таблиці 4.

## 2. Вплив адамантилвмісних похідних амінопропанолу-2 на музейні штами грибів роду *Candida*

№ сполуки	<i>Candida albicans</i> ATCC 885-653		<i>Candida kruzei</i> 71062		<i>Candida kruzei</i> 4833		<i>Candida utilis</i> ЛИА-01	
	МІК, мкг/мл	МФцК, мкг/мл	МІК, мкг/мл	МФцК, мкг/мл	МІК, мкг/мл	МФцК, мкг/мл	МІК, мкг/мл	МФцК, мкг/мл
1	15,6	62,5	15,6	15,6	62,5	250	31,25	62,5
2	62,5	125	62,5	62,5	62,5	500	15,6	31,25
3	> 500	> 500	> 500	> 500	> 500	> 500	> 500	> 500
4	62,5	250	62,5	62,5	62,5	62,5	125	125
5	15,6	125	15,6	15,6	15,6	31,25	15,6	125
6	7,8	15,6	7,8	7,8	7,8	15,6	7,8	15,6
7	125	500	125	250	125	500	62,5	62,5
8	62,5	125	62,5	62,5	125	250	125	125
9	62,5	125	62,5	125	62,5	125	31,25	62,5
10	15,6	31,25	15,6	125	15,6	31,25	15,6	15,6
11	31,25	62,25	62,5	125	62,5	125	3,9	3,9
12	62,25	125	62,5	62,5	15,6	31,25	62,5	62,5
13	500	>500	500	500	500	>500	500	>500
14	>500	>500	500	500	500	>500	250	500
19	250	500	125	250	250	500	250	500
20	125	125	125	125	125	125	125	125
21	500	500	500	500	250	500	500	500
23	31,25	62,5	62,5	125	62,5	125	31,25	31,25
24	>500	>500	>500	>500	>500	>500	>500	>500
25	62,5	125	15,6	62,5	62,5	125	31,25	31,25
26	500	>500	>500	>500	>500	>500	500	>500
27	>500	>500	>500	>500	>500	>500	>500	>500
28	500	500	250	500	500	>500	>500	>500
36	125	125	125	250	250	125	125	125
37	>500	>500	>500	>500	500	>500	500	>500

38	500	500	500	500	500	500	500	500
39	>500	>500	>500	>500	>500	>500	>500	>500

Найактивнішою стосовно клінічних ізолятів стафілококів виявилася сполука №6 (табл. 4). Її МІК щодо шести клінічних штамів стафілококів перебувала в межах від 7,8мкг/мл до 15,6мкг/мл, а для музейного штаму ці показники були набагато більшими і становили 62,5мкг і 125мкг/мл відповідно (табл. 1). За показником МІК дія сполук №№1, 2, 10 та 11 стосовно як клінічних ізолятів, так і музейного тест-штаму *S. aureus* АТСС 25923 була помірною і дорівнювала 62,5мкг/мл.

### 3. Вплив адамантилвмісних похідних амінопропанолу-2 на клінічні ізоляти грибів роду *Candida*

Клінічні ізоляти грибів	МІК та МБцК, мкг/мл	№ сполуки							
		1	2	5	6	10	11	23	25
<i>C. albicans</i> 1	МІК	31,5	31,5	125	15,6	31,25	125	31,25	62,5
	МБцК	62,5	62,5	125	31,25	31,25	250	125	125
<i>C. albicans</i> 2	МІК	31,5	62,5	62,5	15,6	15,6	62,5	62,5	62,5
	МБцК	62,5	125	125	31,25	15,6	125	125	250
<i>C. albicans</i> 3	МІК	31,5	31,5	125	15,6	31,25	125	31,25	62,5
	МБцК	62,5	62,5	125	31,25	31,25	250	125	125
<i>C. albicans</i> 1833	МІК	62,5	31,25	125	7,8	31,25	125	125	250
	МБцК	62,5	62,5	125	15,6	31,25	125	125	250
<i>C. albicans</i> 1629	МІК	31,5	31,5	62,5	15,6	15,6	15,6	31,25	62,5
	МБцК	62,5	62,5	125	62,5	15,6	31,25	15,6	125
<i>C. albicans</i> 636	МІК	31,5	62,5	31,5	7,8	31,25	62,5	62,5	125
	МБцК	62,5	125	62,5	15,6	31,25	125	125	250

### 4. Вплив адамантилвмісних похідних амінопропанолу-2 на клінічні ізоляти стафілококів

Клінічні ізоляти бактерій	МІК, МБцК, мкг/мл	№ сполуки				
		1	2	6	10	11
<i>S. aureus</i> 691	МІК	62,5	125	31,25	31,25	125
	МБцК	62,5	125	62,5	31,25	250
<i>S. aureus</i> 681	МІК	62,5	62,5	31,25	31,25	125
	МБцК	125	62,5	62,5	31,25	250
<i>S. aureus</i> 682	МІК	62,5	62,5	15,6	62,5	125
	МБцК	125	125	15,6	62,5	125
<i>S. aureus</i> 1118	МІК	62,5	125	31,25	31,25	125
	МБцК	62,5	125	31,25	31,25	250
<i>S. aureus</i> 1629	МІК	62,5	62,5	15,6	62,5	125
	МБцК	125	125	15,6	62,5	125
<i>S. aureus</i> 1628	МІК	125	125	31,25	31,25	31,25
	МБцК	125	125	31,25	31,25	62,5
<i>S. aureus</i> 1259	МІК	62,5	62,5	7,8	15,6	62,5
	МБцК	125	125	7,8	15,6	62,5

<i>S.aureus</i> 1260	МІК	62,5	62,5	15,6	62,5	125
	МБцК	125	125	15,6	62,5	125
<i>S.aureus</i> 1236	МІК	125	125	7,8	15,6	31,25
	МБцК	125	125	31,25	31,25	62,5
<i>S.aureus</i> 1273	МІК	125	125	15,6	31,25	125
	МБцК	125	125	15,6	31,25	125

Варто зауважити, що сполуки №№1, 2, 6, 10 і 11, які виявили активність стосовно музейного штаму та клінічних ізолятів стафілококів, за хімічною будовою мають деякі спільні риси. Як алкоксигрупи ці речовини містять адамантилетиловий (сполуки №№1, 2 та 6) або адамантилметиловий фрагменти (сполуки №№10 і 11). Замісником в амінному фрагменті у сполук №1 та №2 є N-метилциклогексил, а у сполук №6 і №10 – 1,1,3,3-тетраметилбутил.

**Висновки і перспективи (Discation).** Серед досліджених адамантилвмісних похідних амінопропанолу-2 найбільш виражену антимікотичну дію виявили сполуки №№1, 6, 10 і 23. Показники їх МІК стосовно музейних тест-штамів грибів роду *Candida*, в тому числі нональбіканс-штамів, перебували в межах від 7,8мкг/мл до 62,5мкг/мл і в переважній більшості випадків були підтверджені при дослідженні цих показників у клінічних ізолятів. Сполуки №6 та №10 були активними стосовно стафілококів і грибів роду *Candida* одночасно. Така властивість є сприятливою для можливого застосування цих сполук у клініці для профілактики або лікування кандидозів, які часто виникають при лікуванні інфекційних або соматичних захворювань.

Аналіз антимікробних властивостей досліджених речовин залежно від будови їхньої молекули та висунуті припущення щодо впливу певних радикалів на активність сполук можуть бути корисними для цілеспрямованого синтезу молекул із заданими властивостями.

#### Список використаних джерел

1. Michael C.A. The antimicrobial resistance crisis: causes, consequences, and management [Text] / C. A. Michael, D. Dominey-Howes, M. Labbate // Front Public Health. – 2014. – №2. – P. 145. doi: 10.3389/fpubh.2014.00145. e
2. Глумчер Ф.С. Полирезистентная инфекция: актуальность, определение, механизмы, наиболее распространенные патогены, лечение, профилактика [Текст] / Ф. С. Глумчер, С. А. Дубров, Ю. Л. Кучин // Наука и практика. – 2014. - №1 (2). – С.129 – 149.
3. Lamoureux G. Use of the adamantane structure in medicinal chemistry [Text] / G. Lamoureux, G. Artavia // Curr. Med. Chem. – 2010 –Vol. 17. – P. 2967–2978. doi: 10.2174/092986710792065027
4. Grillaud M. Multifunctional adamantane derivatives as new scaffolds for the multipresentation of bioactive peptides [Text] / M. Grillaud, A. Bianco // J. Pept. Sci. – 2015. – Vol. 21, №5. – P. 330–345.
5. Liu J. The many faces of the adamantyl group in drug design [Text] / J. Liu, D. Obando, V. Liao et al. // European Journal of Medicinal Chemistry. – 2011. – Vol. 46. – P. 1949-1963.
6. Wanka L. The lipophilic bullet hits the targets: medicinal chemistry of adamantane derivatives [Text] / L. Wanka, K. Iqbal, P.R. Schreiner // Chem. Rev. – 2013. – Vol. 113. – P. 3516–3604.

7. Багрий Е.И. Адамантаны: Получение, свойства, применение [Текст] / Багрий Е.И. – М.: Наука, 1989. – 264 с.
8. Balzarini J. Antiretroviral activity of semisynthetic derivatives of glycopeptide antibiotics [Text] / J. Balzarini, C. Pannecouque, De Clercq E. et al // J. Med. Chem. – 2003. – Vol. 46, N 13. – P. 2755-2764.
9. Короткий Ю.В. Синтез, антимикробная и противогрибковая активность четвертичных солей адамантансодержащих алкоксидиалкил аминопропанолов [Текст] / Ю. В. Короткий, Н. А. Врынчану, Ю. Н. Максимов, М. О. Лозицкий // Хим. Фарм. Журн. – 2011. - №1(т.45). – с.21-23.
10. Wang J. In vitro antitumor and antimicrobial activities of N-substituents of mabeimide by adamantane and diamantane [Text] / J. Wang, S. Wang, C. Lee, et al. // J. Chemother. – 1997. – Vol. 43, №3. – P. 182-189.
11. Врынчану Н.А. Антифунгальное действие 4-адамантил-1-(1-аминобутил) бензола в отношении клинических штаммов грибов [Текст] / Н. А. Врынчану, Е. В. Покас, Ю. Н. Максимов // Ж. инфекц. патологии. – 2003. – 10, №4. – С. 33-34.
12. Короткий Ю.В. Синтез, антибактеріальна та антифунгальна активність похідних 1|4 (1,1,3,3, тетраметилбутил) фенокси|3 діалкіламіно 2 пропанолу [Текст] / Ю. В. Короткий, Н. О. Врынчану, М. Л. Дронова, З. С. Суворова, О. А. Смертенко // Фарм. Ж. – 2015. – №1. – С. 56-62.
13. Волянський Ю. Л. Вивчення специфічної активності протимікробних лікарських засобів [Текст] / Ю. Л. Волянський, І. С. Гриценко, В. П. Ширококов, Н. В. Дубініна та ін. // Метод. рекомендації. – Київ, 2004. – 38 с.
14. Волощук Е. М. Антимикробные свойства новых синтезированных соединений оксиаминопроизводных алициклических и насыщенных гетероциклических конденсированных систем [Текст]: Сборник материалов международной научной конференции (Электронный ресурс) / Е. М Волощук, Ю. В. Короткий, В. П. Ширококов, Е. А. Смертенко // Современные исследования медико-биологических наук, г. Москва (Россия), 29-31 января 2014 г. – С.87-95.

### References

1. Michael, C. A., Michael, C. A., Dominey-Howes, D., Labbate, M. (2014). The antimicrobial resistance crisis: causes, consequences, and management. *Front Public Health*, 2, 145. doi: 10.3389/fpubh.2014.00145. e
2. Glumcher F. S., Dubrov S. A., Kuchin Yu. L. (2014). Plyrezistentnaja infekcija: aktualnost, opredelenue, mehanizmi, naibolee rasprostranjennie patogeni, ktchenie, profilaktika [Multiresistance infection: relevance, definition, mechanisms, most common pathogens, treatment, prevention]. *Science and practice*, 1 (2), 129 – 149.
3. Lamoureux, G., Artavia, G. (2010). Use of the adamantane structure in medicinal chemistry. *Curr. Med. Chem.*, 17, 2967–2978. doi:10.2174/092986710792065027
4. Grillaud, M., Bianco, A. Multifunctional adamantane derivatives as new scaffolds for the multipresentation of bioactive peptides (2015). *J. Pept. Sci.*, 21(5), 330–345. doi: 10.1002/psc.2719.e
5. Liu, J., Obando, D., Liao, V., Lifa, T., Codd, R. (2011). The many faces of the adamantyl group in drug design. *European Journal of Medicinal Chemistry*, 46, 1949-1963. doi: 10.1016/j.ejmech.2011.01.047.e
6. Wanka, L., Iqbal, K., Schreiner, P.R. (2013). The lipophilic bullet hits the targets: medicinal chemistry of adamantane derivatives. *Chem. Rev.*, 113, P. 3516–3604. doi: 10.1021/cr100264t.e
7. Bagrij E. I. (1989). Adamantani: poluchenie, svojstva, primenenie [Adamantanes: Getting, Properties, Application]. Moscow, Russia: Science, 264.
8. Balzarini, J., Pannecouque, C., De Clercq, E., Pavlov, A.Y., Printsevskaya, S.S., Miroshnikova, O.V., Reznikova, M.I., Preobrazhenskaya, M. N. (2003).

Antiretroviral activity of semisynthetic derivatives of glycopeptide antibiotics. J. Med. Chem., 46, N (13), 2755-2764. doi:10.1021/jm0300882.e

9. Korotkij Yu. V., Vrinchanu N. A., Maximov Yu. N., Lozickij M. O. (2011). Sintez, antimikrobnaja i protivogribovaja aktivnost chetvertichnih solej adamantancoderzashchih alkoksidualkil aminopropanolov [Synthesis, antimicrobial and antifungal activity of quaternary salts of adamantane-containing alkoxydialkyl aminopropanols] Chem. Pharm. Journal, 1(45), 21-23.

10. Wang, J. J., Wang, S.S., Lee, C.F., Chung, M.A., Chern, Y.T. (1997). In vitro antitumor and antimicrobial activities of N-substituents of mabeimide by adamantine and diamantine. J. Chemother., 43 (3), 182-189.

11. Vrinchanu N. A., Pokas E. V., Maximov Yu. N. (2003). Antifungalnoe dejstvie 4-adamantil-1-(1-aminobutil) benzola v otnoshenii klinicheskikh shtammov gribov [Antifungal action of 4-adamantyl-1- (1-aminobutyl) benzene in relation to clinical fungi strains]. J. Infection Pathology, 10 (4), 33-34.

12. Korotkij Yu. V., Vrinchanu N. A., Dronova M. L., Suvorova Z. S., Smertenko O.A. (2015). Sintez, antibakterialna ta antifungalna aktivnist pohidnih 1|4 (1,1,3,3, tetrametilbutil) fenoksi|3 dialkilamino 2 propanolu [Synthesis, antibacterial and antifungal activity of derivatives 1|4 (1,1,3,3, tetramethylbutyl) phenoxy|3-dialkylamino-2-propanol]. Pharm. J., 1, 56-62.

13. Voljanskij Yu. L., Gricenko I. S., Shirobokov V. P., Dubinina N. V., et al. (2004). Vivchennja specifichnoi aktivnosti protimikrobnich likarskih zasobiv [Study of specific activity of antimicrobial drugs] Metodical recomendations. Kiev, 38.

14. Voloshchuk O. M., Korotkij Yu. V., Shirobokov V. P., Smertenko O.A. (2014). Antimikrobnie svojstva novih sintezirovannih soedinenij oxiaminoproizvodnih alociclicheskih i nasishennih geterociklicheskih kondensirovannih sistem [Antimicrobial properties of new synthesized compounds of oxyamine derivatives of alicyclic and saturated heterocyclic condensed systems]. Collection of materials of the international scientific conference. Modern studies of medical and biological sciences. (Электронный ресурс). Moscow (Russia), 87-95.

## **ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ *STAPHYLOCOCCUS AUREUS* И ГРИБОВ РОДА *CANDIDA* К АДАМАНТИЛСОДЕРЖАЩИМ ПРОИЗВОДНЫМ АМИНОПРОПАНОЛА-2**

**О. М. Волощук**

**Аннотация.** Целью исследования было определить чувствительность музейных и клинических штаммов стафилококков и грибов рода *Candida* к 27 новым адамантилсодержащим производным аминопропанола-2. Оценку антимикотического и антибактериального действия проводили по показателям минимальной ингибирующей концентрации (МИК) и минимальной бактерицидной или фунгицидной концентрации (МФцК или МБцК), которые определяли микрометодом последовательных серийных разведений в жидкой питательной среде. Для исследования были использованы музейный штамм и 10 клинических изолятов *Staphylococcus aureus*, также 5 музейных штаммов и 6 клинических изолятов грибов рода *Candida*. В результате проведенных исследований выявлены выраженные противогрибковые свойства у соединений №№1, 6, 10 и 23. МИК этих веществ относительно музейных штаммов и клинических изолятов грибов рода *Candida* находились в пределах от 7,8 мкг/мл до

62,5мкг/мл. Вещества №6 и №10 проявили умеренное действие и на стафилококки. Полученные показатели МИК веществ, высокоактивных по отношению к музейным тест-штаммам микроорганизмов, в большинстве случаев были равны значениям МИК этих соединений и в отношении клинических изолятов стафилококков и грибов рода *Candida*. Анализ антимикробного действия веществ в зависимости от их химической структуры позволил сделать ряд предположений в отношении влияния некоторых радикалов на наличие антимикробных свойств у исследованных соединений.

**Ключевые слова:** адамантисодержащие производные аминопропанола-2, антимикробное действие, *Staphylococcus aureus*, грибы рода *Candida*.

## **STAPHYLOCOCCUS AUREUS AND FUNGI OF GENUS CANDIDA SENSITIVITY TO ADAMANTYL-BASED DERIVATIVES OF AMINOPROPANOL-2**

**O. Voloshchuk**

**Abstract.** *The aim of the study was to determine the sensitivity of the museum and clinical strains of staphylococci and fungi of the genus Candida to 27 new adamantylbased derivatives of aminopropanol-2. An antibacterial and antimycotic action of the substances was evaluated according to the minimum inhibitory concentration (MIC) and to the minimum bactericidal or fungicidal concentrations (MBcC or MFcC), which were determined by the micro-method of sequential serial dilutions in a liquid nutrient medium. A museum strain and 10 clinical isolates of Staphylococcus aureus, as well as 5 museum strains and 6 clinical isolates of fungi of the genus Candida are used in the study. As a result of the studies, the significant antimycotic properties in compounds №№1, 6, 10, and 23 were revealed. The MIC of these substances in relation to the museum strains and clinical isolates of Candida species were in the range from 7.8µg/ml to 62.5µg/ml. Substances №6 and №10 showed a moderate effect on staphylococci also. The MIC of compounds, highly active against museum test strains of microorganisms in most cases were equal to the value of the MIC of these substances for clinical isolates of staphylococci and fungi of the genus Candida. Analysis of the antimicrobial activity of substances depending on their chemical structure allowed to put forward a number of assumptions about the influence of some radicals on the presence of antimicrobial properties in the investigated substances.*

**Keywords:** adamantylbased derivatives of aminopropanol-2, antimicrobial action, *Staphylococcus aureus*, fungi of genus *Candida*.

## **ОСОБЛИВОСТІ ВПЛИВУ ГОСТРОГО ЛОКАЛЬНОГО ГАММА-ОПРОМІНЕННЯ ЩУРІВ НА СТАН РЕПРОДУКТИВНОЇ СИСТЕМИ ТА СПЕРМАТОГЕНЕЗ**

**Л. В. ГРУБСЬКА**, кандидат біологічних наук, докторант  
**І. М. ГУДКОВ**, доктор біологічних наук, професор, завідувач кафедри радіобіології та радіоекології  
**А. В. КЛЕПКО**, кандидат біологічних наук, старший науковий співробітник, докторант

*Національний університет біоресурсів та природокористування України, м. Київ*

**О.В. ТРОФІМЕНКО**, аспірант

*ДУ «Національний науковий центр радіаційної медицини НАМН України», м. Київ*

*E-mail: GrubskaLyuda@bigmir.net*

**Анотація.** Чоловіча репродуктивна система та гермінативні клітини досить чутливі до дії різних ксенобіотиків і особливо іонізуючої радіації, яка, як відомо, пошкоджує плазматичні мембрани, елементи цитоскелета і проявляється також на рівні геному у вигляді хромосомних та генних мутацій. Метою роботи було дослідження впливу локального гамма-опромінення ділянки тазу білих щурів у дозах 2,0 та 5,0Гр на подальший їхній розвиток у післярадіаційний період протягом 1 року, перебіг сперматогенезу та на спермопродукцію, а також на утворення життєздатних і морфологічно нормальних сперматозоїдів. Установлено, що радіація не впливала на вагу тіла тварин, але пригнічувала розвиток тестикул і вентральної простати при дозах 2,0 та 5,0Гр, а також епідидимісів при дозі 5,0Гр у перші місяці після опромінення. Показано, що вказаний ефект іонізуючої радіації на спермопродукуючі органи був тимчасовим і супроводжувався подальшим відновленням тестикулярної паренхіми та сперматогенезу, про що свідчили нормалізація спермопродукції та збільшення кількості життєздатних і морфологічно нормальних сперматозоїдів. Крім того, спостерігалось збільшення ваги тестикул і вентральної простати на пізніх термінах післярадіаційного періоду. Водночас виявлено гормезисний ефект іонізуючої радіації на епідидиміси, що виявлялось у зростанні їхньої ваги порівняно з контролем протягом перших 6 місяців після опромінення в дозі 2,0Гр.

**Ключові слова:** локальне опромінення, тестикули, простата, епідидиміси, сперматогенез, сперматозоїди.

**Актуальність.** Останнім часом спостерігається збільшення радіаційних навантажень на організм людини і тварин, що спричинено, з одного боку, забрудненням навколишнього середовища радіонуклідами, а з іншого боку, широким використанням радіаційних технологій у медицині,

техніці та промисловості, а також застосуванням радіоактивних ізотопів у діагностичних і дослідницьких цілях. Загалом усі зазначені чинники негативно впливають на реалізацію репродуктивної функції, оскільки метаболічно активні тканини та проліферуючі клітини є найбільш чутливими до дії іонізуючої радіації [1, 2]. Через це при короткому або тривалому контакті з іонізуючою радіацією в них можуть виникати різної складності радіаційні пошкодження, які в більшості випадків надалі виявляються на рівні геному [3, 4].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Аналіз даних наукової літератури щодо спадкових ефектів радіаційних впливів на самців свідчить про те, що разом із величиною та потужністю дози опромінення принципове значення має стадія сперматогенезу в момент радіаційного впливу. Так, В. А. Шевченко та М. Д. Померанцева показали, що між динамікою загибелі ембріонів потомства першого покоління опромінених самців і виходом хромосомних аберацій при опроміненні їхніх статевих клітин на різних стадіях сперматогенезу існує тісний зв'язок, оскільки ембріони гинуть переважно через порушення генетичного апарату клітин, в основі якого лежать домінуючі летальні мутації [5].

Численні дослідження пострадіаційних змін у сім'яниках виявили у статевих клітинах різні види морфологічних і цитогенетичних уражень. Зокрема, експерименти із хронічним опроміненням собак у дозах 0,006; 0,0017 і 0,0034Гр на добу впродовж 6 років показали, що така дія малих доз призводить до помітного зниження спермопродукції та пригнічення утворення морфологічно нормальних сперматозоїдів, що спричинено як порушенням процесів регенерації та диференціації гермінативного епітелію, так і гормональної регуляції через зміни функціональної напруги в гіпоталамо-гіпофізарно-гонадній нейрогуморальній осі [6, 7].

У роботах [8-11] досліджували дію іонізуючої радіації на сперматогенез у мишей та щурів. Так, виявилось, що сперматозоїди мишей після опромінення в дозах 1-65 Гр зберігають рухливість, причому навіть опромінення у дозах до 150Гр не перешкоджало входженню сперміїв в ооцит II яйцеклітину та подальшому утворенню двох пронуклеусів і полярних тілець. Натомість опромінення негативно позначалося на розвитку зиготи, спричинюючи затримку дроблення, а також зростання ембріональної загибелі. При опроміненні в дозі 8Гр було виявлено лише 9,5% живонароджених мишей порівняно з 90,5% у контролі. Водночас при опроміненні сперматозоїдів у дозі 10Гр народження потомків взагалі не спостерігалось. Аналогічні дані отримано і в дослідженнях кролів [12, 13].

У роботі [14] показано, що пряме опромінення чоловічих гонад у малих дозах впливає на гермінативний епітелій, причому опромінення в дозі вище за 0,1Гр спричиняло появу олігозооспермії, яка була зворотною в часі. Дози вище за 0,35Гр призводили до тимчасової азооспермії, причому час, необхідний для відновлення нормальної спермопродукції, збільшувався із зростанням дози опромінення.

**Метою дослідження** було вивчення дії локального гамма-опромінення тазової ділянки тіла лабораторних щурів у дозах 2,0 та 5,0Гр на подальший їхній розвиток у післярадіаційний період протягом 1 року, перебіг

сперматогенезу та на спермопродукцію, а також на утворення життєздатних і морфологічно нормальних сперматозоїдів.

**Матеріали та методи дослідження.** Експерименти проведено на статевозрілих білих лабораторних щурах віком 2,5 місяця. Тварин утримували на штучному світловому дні (12-годинний день/12-годинна ніч) та звичайному харчовому раціоні, що складався із сухого корму та питної води в необхідній кількості. Експерименти здійснено відповідно до конвенції Ради Європи щодо захисту хребетних тварин, яких використовують у наукових цілях.

Локальне опромінення тазової ділянки тіла тварин здійснювали на установці «РОКУС» (джерело гамма-квантів –  $^{60}\text{Co}$ ; потужність поглинутої дози 106,6сГр/хв) у дозах 2,0 та 5,0Гр. Усе тіло тварин, окрім тазової частини, було захищене свинцевим жилетом. Тварин декапітували через 1, 3, 6, 9 та 12 місяців після проведення опромінення. Поглинута доза гамма-радіації вимірювалась за допомогою сульфату заліза з використанням тваринного фантому.

Після опромінення в певні пострадіаційні терміни відбирали по 6 тварин разом з чотирма контрольними щурами, зважували, а потім декапітували за допомогою гільйотини під легким ефірним наркозом і отримували тестикули, епідидиміси та вентральну простату. Тестикулярний індекс (ТІ) визначали шляхом поділу середньої ваги тестикули на вагу тіла тварин.

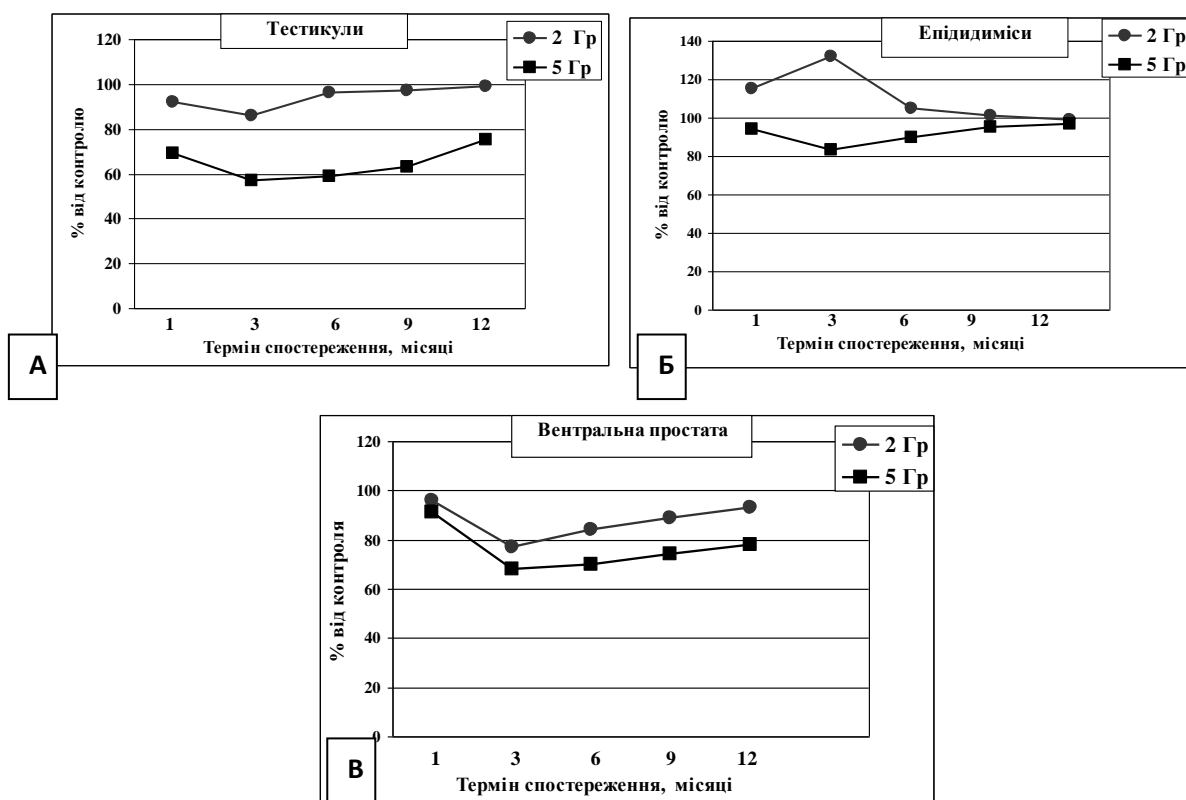
Життєздатність сперматозоїдів визначали за допомогою вітального забарвлення водним розчином еозину (0,25%), нігрозину (10%) та хлориду натрію (0,9%). При оцінюванні морфології сперматозоїда мазки сперми забарвлювали за методом Папаніколау [15]. Кількість сперматозоїдів у епідидимісах визначали за методикою [16].

Дані для різних груп порівнювали із застосуванням дисперсійного аналізу «ANOVA» та непарного тесту Стьюдента з поправкою Бонфероні [17]. Відмінності вважали статистично значущими при  $p \leq 0,05$ . Аналізували отримані дані за допомогою сучасних комп'ютерних технологій з використанням пакета програм STATISTIKA 6.0 (StatSoft 2001) та Microsoft Excel 2000.

**Результати дослідження та їх обговорення.** Експериментами встановлено відсутність будь-яких помітних відмінностей у вазі тіла між групою контрольних тварин і локально гамма-опромінених щурів у ділянці таза в дозах 2,0 та 5,0Гр у різні терміни післярадіаційного періоду протягом одного року. Тестикули за вагою виявилися більш радіочутливими до дії локального гамма-опромінення, ніж самі щури (рис. 1А). При дозі іонізуючої радіації 2,0Гр протягом перших трьох місяців після опромінення спостерігалось зменшення маси тестикул, яка, однак, на шостий місяць починала збільшуватись і поступово зростала до контрольного рівня в кінці терміну спостереження.

При дозі 5,0Гр зменшення маси тестикул спостерігалось протягом перших шести місяців, після чого цей процес зупинявся і змінювався на зростання. Проте відновлення тестикулярної паренхіми протягом року загалом не перевищувало 75%.

Водночас епідидиміси виявилися більш радіо резистентними, ніж тестикули. Через це їхня вага після опромінення не зменшувалась, а навпаки, зростала, що спостерігалось протягом перших шести місяців при дозі опромінення 2,0Гр, а при дозі 5,0Гр – протягом перших трьох місяців (рис. 1Б). При дозі 2,0Гр вага епідидимісів поступово досягала контрольного рівня протягом 9-12 місяців дослідження. При дозі 5,0Гр вага епідидимісів зменшувалась до 92% на 6-й місяць експерименту, а потім досягала рівня 97% контролю в кінці 12-го місяця спостереження. До того ж, спостерігався гормезисний ефект іонізуючої радіації на епідидиміси, що виявлялось у зростанні їхньої ваги порівняно з контролем протягом перших 6 місяців пострадіаційного періоду при дозі 2,0Гр.



**Рис. 1. Динаміка зміни ваги тестикул (А), епідидимісів (Б) і вентральної простати (В) щурів після локального гамма-опромінення ділянки тазу тварин у дозах 2,0 та 5,0Гр**

Динаміку зміни ваги вентральної простати після гамма-опромінення показано на рис. 1В. Для цього процесу характерне поступове зменшення органної маси в перші три місяці після опромінення, а потім її поступове відновлення, внаслідок чого вага простати при дозі 2,0Гр досягала 93%, а при дозі 5,0Гр – 78% контролю в кінці 12-го місяця післярадіаційного періоду.

Аналіз тестикулярного індексу дає змогу охарактеризувати ступінь розвитку чоловічих гонад та зміни функціональної активності тестикулярної паренхіми упродовж онтогенезу. Як виявилось, тестикулярний індекс у опромінених тварин був меншим, ніж у контрольній групі протягом всього післярадіаційного періоду при дозі 5,0Гр, а при дозі 2,0Гр – протягом перших 9 місяців. Це пояснюється тим, що зменшення тестикулярного індексу радіаційно-

зумовлено інволюцією тестикулярної паренхіми та відповідним пригніченням спермопродукції (табл. 1).

**1. Характеристика сперматозоїдо-накопичувальної спроможності епідидимісів, життєздатності та морфологічних ознак сперматозоїдів при локальному гамма-опроміненні ділянки тазу щурів**

Параметр	Доза, Гр	Тривалість післярадіаційного періоду, місяці			
		1	3	6	12
Загальна кількість сперматозоїдів в епідидимісі, $\times 10^6$ клітин	контроль	256 $\pm$ 42	305 $\pm$ 33	375 $\pm$ 44	378 $\pm$ 38
	2.0	263 $\pm$ 37	387 $\pm$ 45*	384 $\pm$ 32	366 $\pm$ 39
	5.0	184 $\pm$ 17*	84 $\pm$ 9*	105 $\pm$ 11*	143 $\pm$ 21*
Кількість життєздатних сперматозоїдів в епідидимісі, $\times 10^6$ клітин	контроль	236 $\pm$ 31	269 $\pm$ 38	337 $\pm$ 40	349 $\pm$ 39
	2.0	177 $\pm$ 13*	198 $\pm$ 28	274 $\pm$ 29	318 $\pm$ 36
	5.0	37 $\pm$ 3	13 $\pm$ 1*	18 $\pm$ 4*	27 $\pm$ 3*
Кількість морфологічно аномальних сперматозоїдів, $\times 10^6$ клітин	контроль	12 $\pm$ 1	11 $\pm$ 3	27 $\pm$ 3	23 $\pm$ 2
	2.0	54 $\pm$ 6*	83 $\pm$ 7*	37 $\pm$ 10	23 $\pm$ 3
	5.0	147 $\pm$ 14*	52 $\pm$ 6*	74 $\pm$ 4*	112 $\pm$ 9*

*Примітка:* \* – статистично достовірні розбіжності з контролем  $p \leq 0,05$

Водночас загальна кількість сперматозоїдів в епідидимісах при дозі 2,0Гр у перший місяць після опромінення залишалась на рівні контролю, а вже на 3-й місяць перевищувала контроль приблизно на 22% (див. табл. 1). З часом відбувалась нормалізація продукції сперматозоїдів, що зумовило поступове вирівнювання показників сперматозоїдо-накопичувальної спроможності епідидимісів у контрольних та опромінених тварин при дозі 2,0Гр. Навпаки, при дозі 5,0Гр загальна кількість сперматозоїдів в епідидимісах щурів була значно нижчою від контрольних величин в усі терміни спостереження.

Також показано, що кількість життєздатних сперматозоїдів в епідидимісах опромінених тварин була меншою, ніж у контролі, при дії обох доз радіації, хоча у другому випадку пошкоджуючий ефект іонізуючої радіації був більш помітним.

Аналіз морфологічних ознак епідидимальних сперматозоїдів також установив збільшення аномальності анатомічної будови сперматозоїдів при застосуванні обох доз іонізуючої радіації, хоча при дозі 5,0Гр ця тенденція була більш помітна.

**Висновки і перспективи.** Проведеними дослідженнями встановлено, що локальне опромінення тазової ділянки тіла лабораторних щурів гамма-променями  $^{60}\text{Co}$  не впливало на середню вагу тіла тварин протягом усього післярадіаційного періоду тривалістю 1 рік. Водночас спостерігався пригнічуючий

ефект радіації на розвиток тестикул і вентральної простати при дозах радіації 2,0 та 5,0Гр, а епідидимісів – при дозі 5,0Гр. Зменшення досліджуваних параметрів після локальної дії іонізуючої радіації на тварин у перші терміни післярадіаційного періоду згодом супроводжувалося зупинкою цього процесу та подальшим поступовим відновленням ваги статевих органів після 6 місяців спостереження.

Установлено гормезисний ефект локального опромінення тазової ділянки щурів у дозі 2,0Гр на збільшення ваги епідидимісів та прискорення продукції сперматозоїдів, що, можливо, відбувалось за рахунок мобілізації пулу стовбурових сперматогоніїв та їх прискореної проліферації. Незважаючи на це, загальна продукування морфологічно нормальних сперматозоїдів зменшувалась, що спричинювало зростання структурної аномальності гамет.

Перспективою подальших досліджень є вивчення особливостей процесів регенерації та диференціації стовбурових сперматогоніїв тестикул щурів за умови локального гамма-опромінення їхньої ділянки тазу в широкому діапазоні доз від 1,0 до 18,0Гр.

#### **Список використаних джерел**

1. Коваленко, О. М. Тиреоїдна та репродуктивна системи в дітей, опроміненіх внаслідок аварії на Чорнобильській АЕС, та нащадків постраждалих батьків [Текст] / О. М. Коваленко, О. В. Копилова, Д. Є. Афанасьєв // Медичні наслідки Чорнобильської катастрофи: 1986-2011 / за ред. А. М. Сердюка, В. Г. Бебешка, Д. А. Базики. – Тернопіль: ТДМУ, 2011. – Розділ 3.9 – С. 797 – 824.
2. Дерев'яно, Л. П. Вплив іонізуючого випромінювання на морфофункціональний стан гіпофізарно-гонадної системи самок щурів [Текст] / Л. П. Дерев'яно, В. В. Талько, Н. П. Атаманюк, О. Г. Черненко, А. М. Яніна, Н. В. Діденко, Н. К. Родіонова // Проблеми радіаційної медицини та радіобіології. – 2011. – Вип. 16. – С. 277 – 284.
3. Garcia, C. R. Occupational exposures and male infertility / C. R. Garcia, M. D. Sammel, Ch. Coutifaris, D. S. Guzick, K. T. Barnhart [Text] // American Journal of Epidemiology. – 2005. – Vol. 162, N 8. – P. 729 – 733. doi:10.1093/aje/kwi269
4. Gandini, L. Effect of chemo- or radiotherapy on sperm parameters of testicular cancer patients [Text] / L. Gandini, P. Sgrò, F. Lombardo, D. Paoli, F. Culasso, L. Toselli, P. Tsamatropoulos, A. Lenzi // Human Reproduction. – 2006. – Vol. 21, N 11. – P. 2882 – 2889. doi: 10.1093/humrep/del167
5. Pomerantseva, M. D. Genetic disorders in house mouse germ cells after the Chernobyl catastrophe [Text] / M. D. Pomerantseva, L. K. Ramaiya, A. V. Chekhovich // Mutation Research. – 1997. – Vol. 381. – P. 97 – 103. doi: 10.1016/S0027-5107(97)00155-3
6. Кондратенко, В. Г. Действие малых доз радиации на сперматогенез [Текст] / В. Г. Кондратенко, Л. Ф. Ганзенко // Радиобиология. – 1975. – Т. XV, Вып. 6. – С. 861 – 865.
7. Федорова, Н. Л. Оценка функциональной активности семенников собак при хроническом  $\gamma$ -облучении в течение шести лет [Текст] / Н. Л. Федорова // Радиобиология. – 1976. – Т. XVI, Вып. 5. – С. 727 – 731.
8. Ahmadi, A. Fertilization and development of mouse oocytes injected with membrane-damaged spermatozoa [Text] / A. Ahmadi, S.-Ch. Ng // Human Reproduction. – 1997. – Vol. 12, N 12. – P. 2797 – 2801. doi:10.1.1.539.7141

9. Ahmadi, A. Developmental capacity of damage spermatozoa [Text] / A. Ahmadi, S.-Ch. Ng // *Human Reproduction*. – 1999. – Vol. 14, N 9. – P. 2279 – 2285. doi: 10.1093/humrep/14.9.2279
10. Ahmadi, A. Fertilizing ability of DNA-damage spermatozoa [Text] / A. Ahmadi, S.-Ch. Ng // *Journal Experimental Zoology*. – 1999. – Vol. 284. – P. 696 – 704. doi: 10.1002/(SICI)1097-010X(19991101)284:6
11. Makinta, M. J. Radiation exposure exerts its adverse effects on sperm maturation through estrogen-induced hypothalamohypophyseal axis inhibition in rats [Text] / M. J. Makinta, J. M. Brinders, K.M. Smith // *African Zoology*. – 2005. – Vol. 40, N 2. – P. 243 – 251. doi: 10.1080/15627020.2005.11407323
12. Georgieva, S. Effect of external gamma irradiation on rabbit spermatogenesis [Text] / S. Georgieva // *Trakia Journal Science*. – 2006. – Vol. 4, N 1. – P. 22 –26. doi: 10.1016/j.aquatox.2015.10.005
13. Нуждин, Н. И. Сравнение эффективности однократного и фракционированного облучения сперматозоидов на пренатальную гибель кроликов [Текст] / Н. И. Нуждин, Г. В. Нижник // *Доклады АН СССР*. – 1971. – Т. 198, №5. – С. 1211 – 1213.
14. Rowley, M. J. Effect of graded doses of ionizing radiation on the human testis [Text] / M. J. Rowley, D. R. Leach, G. A. Warner, C. G. Heller // *Radiation Research*. – 1974. – Vol. 59. – P. 665 – 678. doi: 10.2307/3574084
15. World Health Organization. WHO laboratory manual for the examination and processing of human semen. 5<sup>th</sup> ed. [Text] – Geneva: World Health Organization Press, 2010. – 286 p.
16. Blazak, W. F. Application of testicular sperm head counts in the assessment of male reproductive toxicity [Text] /W. F. Blazak, K. A. Treinen, P. E. Juniewicz // In: *Methods in Toxicology* / Eds. R. E. Chapin, J. J. Heindel. – San Diego: Academic Press, 1993. – Vol. 3. – Pt. A. Male Reproductive Toxicology. – P. 86 – 94. doi: 10.1016/B978-0-12-461207-5.50009-2
17. Bland, M. An introduction to medical statistics. – 3<sup>rd</sup> edition [Text] / M. Bland. – Oxford: Oxford Univ. Press, 2007. – 405 p.

### References

1. Kovalenko, O. M., Kopylova, O. V., Afanasiev, D. Ye. (2011) Tyreoidna ta reproduktyvna systemy v ditei, oprominenykh vnaslidok avarii na Chornobylskii AES, ta nashchadkiv postrazhdalykh batkiv [Thyroid and reproduction system in children irradiated after accident on Chornobyl AES and offspring of suffered parents] za red. A. M. Serdiuk, V. H. Bebeshko, D. A. Bazyky. *Medychni naslidky Chornobylskoi katastrofy: 1986-2011*. Ternopil: TDMU, 3.9, 797–824. (in Ukrainian).
2. Derevianko, L. P., Talko, V. V., Atamaniuk, N. P., Chernenko, O. H., Yanina, A. M., Didenko, N. V., Rodionova, N. K. (2011) Vplyv ionizuiuchoho vyprominennia na morfofunktsionalnyi stan hipofizarno-honadnoi systemy samok shchuriv [Impact of ionizing radiation on morphofunctional state of pituitary gonad system in rat female]. *Problemy radiatsiinoi medytsyny ta radiobiologii*, 16, 277–284. (in Ukrainian).
3. Garcia, C. R. Sammel, M. D., Coutifaris, Ch., Guzick, D. S., Barnhart, K. T. (2005) Occupational exposures and male infertility. *American Journal of Epidemiology*, 162 (8), 729–733. doi:10.1093/aje/kwi269
4. Gandini, L. Sgrò, P., Lombardo, F., Paoli, D., Culasso, F., Toselli, L., Tsamatropoulos, P., Lenzi, A. (2006) Effect of chemo- or radiotherapy on sperm parameters of testicular cancer patients. *Human Reproduction*, 21 (11), 2882–2889. doi: 10.1093/humrep/del167

5. Pomerantseva, M. D. Ramaiya, L. K., Chekhovich, A. V. (1997) Genetic disorders in house mouse germ cells after the Chernobyl catastrophe. *Mutation Research*, 381, 97–103. doi: 10.1016/S0027-5107(97)00155-3
6. Kondratenko, V. G., Ganzenko, L. F. (1975) Deystvie mal'nykh doz radiatsii na spermatogenez [The action of radiation low doses on spermatogenesis]. *Radiobiologiya*, 15 (6), 861–865. (in Russian).
7. Fedorova, N. L. (1976) Ocenka funktsional'noy aktivnosti semennikov sobak pri hronicheskom  $\gamma$ -obluchenii v techenii shesti let [Estimation of dog testis functional activity at chronic  $\gamma$ -irradiation during six years]. *Radiobiologiya*, 16 (5), 727–731. (in Russian).
8. Ahmadi, A., Ng, S.-Ch. (1997) Fertilization and development of mouse oocytes injected with membrane-damaged spermatozoa. *Human Reproduction*, 12 (12), 2797–2801. doi:10.1.1.539.7141
9. Ahmadi, A., Ng, S.-Ch. (1999) Developmental capacity of damage spermatozoa. *Human Reproduction*, 14 (9), 2279–2285. doi: 10.1093/humrep/14.9.2279
10. Ahmadi, A., Ng, S.-Ch. (1999) Fertilizing ability of DNA-damage spermatozoa. *Journal Experimental Zoology*, 284, 696–704. doi: 10.1002/(SICI)1097-010X(19991101)284:6
11. Makinta, M. J., Brinders, J. M., Smith, K.M. (2005) Radiation exposure exerts its adverse effects on sperm maturation through estrogen-induced hypothalamohypophyseal axis inhibition in rats. *African Zoology*, 40 (2), 243–251. doi: 10.1080/15627020.2005.11407323
12. Georgieva, S. (2006) Effect of external gamma irradiation on rabbit spermatogenesis. *Trakia Journal Science*, 4 (1), 22–26. doi: 10.1016/j.aquatox.2015.10.005
13. Nuzhdin, N. I., Nizhnik, G. V. (1971) Sravnenie ehffektivnosti odnokratnogo i frakcionirovannogo oblucheniya spermatozoidov na prenatal'nyu gibel' krolikov [Compare of effectiveness of spermatozoa acute and fractioned irradiation on the rabbit prenatal death]. *Doklady AN SSSR*, 198 (5), 1211–1213. (in Russian).
14. Rowley, M. J., Leach, D. R., Warner, G. A., Heller, C. G. (1974) Effect of graded doses of ionizing radiation on the human testis. *Radiation Research*, 59, 665–678. doi: 10.2307/3574084
15. World Health Organization. (2010) WHO laboratory manual for the examination and processing of human semen. 5<sup>th</sup> ed. Geneva: World Health Organization Press, 286.
16. Blazak, W. F., Treinen, K. A., Juniewicz, P. E. (1993) Application of testicular sperm head counts in the assessment of male reproductive toxicity. Eds. Chapin R. E., Heindel J. J. *Methods in Toxicology*. San Diego: Academic Press, 3 (A) Male Reproductive Toxicology, 86–94. doi: 10.1016/B978-0-12-461207-5.50009-2
17. Bland, M. (2007) *An introduction to medical statistics*. 3<sup>rd</sup> ed. Oxford: Oxford Univ. Press, 405.

## **ОСОБЕННОСТИ ВЛИЯНИЯ ОСТРОГО ЛОКАЛЬНОГО ГАММА- ОБЛУЧЕНИЯ КРЫС НА СОСТОЯНИЕ ИХ РЕПРОДУКТИВНОЙ СИСТЕМЫ И СПЕРМАТОГЕНЕЗ**

**Л. В. Грубская, И. Н. Гудков, А. В. Клепко, Е. В. Трофименко**

***Аннотация.** Мужская репродуктивная система и герминативные клетки являются достаточно чувствительными объектами к действию разных ксенобиотиков и особенно ионизирующей радиации, которая, как*

известно, повреждает плазматические мембраны, элементы цитоскелета и имеет свое проявление также на уровне генома в виде хромосомных и генных мутаций. Целью работы было изучение влияния локального гамма-облучения области таза белых крыс в дозах 2,0 и 5,0Гр на дальнейшее развитие животных в пострadiaционный период продолжительностью в 1 год, а также образование жизнеспособных и морфологически нормальных сперматозоидов. Установлено, что радиация не влияла на вес тела крыс, однако угнетала развитие тестикул и вентральной простаты при дозах облучения 2,0 и 5,0Гр, а также эпидидимисов при дозе в 5,0Гр в первые месяцы после действия радиации. Показано, что такой эффект ионизирующей радиации на спермопродуцирующие органы имел временный характер и сопровождался дальнейшим восстановлением тестикулярной паренхимы и сперматогенеза, о чем свидетельствовали нормализация спермопродукции и возрастание количества жизнеспособных и морфологически нормальных сперматозоидов. Кроме того, отмечено возрастание массы тестикул и вентральной простаты в поздние сроки пострadiaционного периода. Одновременно обнаружен гормезисный эффект ионизирующей радиации на эпидидимисы, что проявлялось в увеличении их веса в сравнении с контролем в течение первых месяцев пострadiaционного периода после гамма-облучения в дозе 2,0Гр.

**Ключевые слова:** локальное облучение, тестикулы, простата, эпидидимисы, сперматогенез, сперматозоиды.

## THE EFFECT PECULIARITIES OF SINGLE DOSE LOCAL GAMMA-IRRADIATION OF RATS ON THEIR REPRODUCTIVE SYSTEM AND SPERMATOGENESIS

L. Grubskaja, I. Gudkov, A. Klepko, O. Trofimenko

**Abstract.** Male reproductive system and germinal cells are very sensitive to different xenobiotics, especially to ionizing radiation, which is known to damage biological membranes, elements of cytoskeleton and DNA, whereby showing up in chromosomal and genic mutations on genome level. The impact of local gamma-irradiation by the dose 2,0Gy and 5,0Gy, respectively, of the lower quarter of animal body on further rat development, sexual organs and accessory glands growth, normal and abnormal sperm production was to be studied. Laboratory white rats in the age of 10 months were irradiated by gamma rays of  $^{60}\text{Co}$  by two separate doses 2,0 and 5,0Gy, respectively. Epididymal sperm quantity, motility and viability was analyzed. Statistical analysis was carried out by «ANOVA» and unpaired Student's test with Bonferoni amendment.

The gamma-irradiation was shown to have no influence on animal growth. Meanwhile the two radiation doses induced the suppression of testicular and ventral prostate development in the first 4-6 months after irradiation, whereas the epididymices were negatively affected only by 5,0Gy. The dose of 2,0Gy exerted the hormesis effect on the epididymices weight. The radiation suppressive action on sexual organs and accessory glands was characterized by its temporary manifestation. Thereafter testicular parenchyma and spermatogenesis started to resume accompanying by an elevation in the amount of viable and

*morphologically normal spermatozoa. In view of this, in the late post-radiation period the weight of testicles and ventral prostate tended to attain control values.*

*The experiments performed have not established any differences in the body weight means between control and gamma-irradiated rats over 1 year period. The mean weight of testicles after irradiation by 2,0 and 5,0Gy primarily decreased and then gradually restored up to control level. The hormesis effect of radiation on epididymal weight dealt with the acceleration of sperm production through mobilization of stem spermatogonia inert pool and its rapid proliferation. Despite spermatozoid overproduction at 2,0Gy the quantity of viable and morphologically normal spermatozoa in this case abated and was lower than in control.*

**Keywords: local irradiation, testicles, prostate, epididymis, spermatogenesis, spermatozoa.**

## **ВПЛИВ КАГАТНОГО ЗБЕРІГАННЯ ТОПІНАМБУРА НА ВМІСТ ПОЛІСАХАРИДІВ ТА УРАЖЕННЯ БУЛЬБ ХВОРОБАМИ В УМОВАХ ПОЛІССЯ УКРАЇНИ**

**В. М. ПОЛОЖЕНЕЦЬ**, доктор сільськогосподарських наук, професор  
*Національний університет біоресурсів і природокористування  
України*

**Л. В. НЕМЕРИЦЬКА**, кандидат біологічних наук, доцент

**В. Р. БЕГАНОВ**, аспірант

**І. А. ЖУРАВСЬКА**, кандидат сільськогосподарських наук  
*Житомирський національний агроекологічний університет*

*E-mail: innazhuravzka1@gmail.com*

**Анотація.** Обґрунтовано доцільність зберігання топінambuра в земляних кагатах та рекомендовано застосування цієї технології. Перед закладанням на зберігання бульби ретельно перемішують із вологим піском у співвідношенні 1:1 і накривають ґрунтовим шаром завтовшки 15-20 см. Внаслідок надземного зберігання бульбоплодів за температури вище ніж 10°C спостерігається їх підсихання, що пов'язано із втратою води, полісахаридів і ураженням мікозами, бактеріозами.

**Ключові слова:** топінambuр, зберігання, кагати, поживні речовини, ураження хворобами.

**Актуальність.** За ґрунтово-кліматичними та погодними умовами Україна є сприятливою для вирощування топінambuра. Топінambuр є сировиною для виробництва біопалива, спирту, ліків, продуктів харчування, інуліну, лікувально-дієтичних цукрів, пектину, целюлози, органічних розчинників, кормових дріжджів, а відходи від перероблення широко використовуються для годівлі тварин і птиці [2].

Топінambuр, або земляна груша, є багаторічною рослиною, яка має близько 200 видів [6].

Відомо, що топінambuр має високу холодо- і морозостійкість, зокрема навесні сходи витримують приморозки  $-4-5^{\circ}\text{C}$ , а восени рослини вегетують до  $-7-8^{\circ}\text{C}$ .

Топінambuр містить велику кількість сухих речовин (до 20%), серед яких полімерний полісахарид, інулін, клітковина, білки, пектин, вітаміни та мінеральні елементи [3].

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** При вирощуванні топінambuра однією з головних проблем є технологія зберігання бульб упродовж зимового періоду. На думку багатьох дослідників, одним із самих простих і дешевих способів зберігання топінambuра є зберігання бульб у ґрунті з подальшим викопуванням їх за необхідності [1].

Доведено, що зібрані бульби топінambuра швидко висихають і легко уражуються шкідливими мікроорганізмами грибного та бактеріального

походження. Таке явище пояснюється тим, що на відміну від картоплі на поверхні бульб топінамбура немає пробкового шару, а тому під час тривалого зберігання врожаю активізується природна втрата вологи в бульбоплодах і наступне ураження їх хворобами [4, 9].

Згідно з повідомленнями деяких авторів за традиційних способів зберігання топінамбура навіть нетривалий час бульби втрачають значну частину поживних речовин, а в подальшому на їхній поверхні з'являються збудники хвороб мікозного походження, зокрема *Bussocheamys fulva*, *Aspergillus clavatus*, *Penicillium clariforme* та ін. [7].

**Мета досліджень** – проаналізувати й узагальнити дослідження щодо способів зберігання бульб топінамбура з подальшим удосконаленням оптимальних технологій його зберігання взимку в умовах Полісся України.

**Методи досліджень.** Досліди щодо зберігання топінамбура проводили з певною кількістю досліджуваного матеріалу згідно із загальноприйнятими методиками, зокрема визначали інтенсивність дихання, встановлення латентної ураженості бульб хворобами та ін.

Виробничі досліди здійснювали безпосередньо в земельних кагатах відповідних розмірів з додержанням технології зберігання бульбоплодів з використанням необхідних засобів механізації [1, 8].

Експерименти супроводжувалися відповідними обліками чинників, зокрема вимірюванням температури і вологості повітря, встановленням вмісту середовища CO<sub>2</sub> та ін.

Облік ступеня ураження листків топінамбура альтернаріозом, борошнистою росою, септоріозом здійснювали за 9-бальною шкалою [5]:

- 0 – рослина без симптомів ураження;
- 1 – незначне ураження, окремі плями менше ніж на 2,5% поверхні листків;
- 2 – окремі плями не більше ніж на 5% площі листків;
- 3 – уражено 10% площі листків;
- 4 – середнє ураження, симптоми на 15% поверхні листків;
- 5 – середнє ураження, майже кожний листок уражений, до 25% поверхні листків засохло;
- 6 – дуже значне ураження, 50% листків загинуло, початок ураження стебел;
- 7 – до 75% листків загинуло, прогресує ураження стебел;
- 8 – на ділянці всі рослини загинули.

**Результати досліджень.** У першій серії експериментів щодо вивчення наслідків зберігання бульб топінамбура залежно від сортового складу та параметрів температури всередині кагату нами встановлено, що втрати природної ваги бульб за температури 25°C у середньостиглого сорту Інтерес становили 55,2%, у ранньостиглого Скороспілка – 60,1% та у пізньостиглого Великоплідний – відповідно 50,0% (табл. 1). Значно нижчі показники щодо втрат природної ваги бульб залежно від сортового складу спостерігалися при нижчих параметрах температури. Зокрема, при температурі 10°C природні втрати ваги бульб залежно від групи стиглості сортів Інтерес, Скороспілка і Великоплідний становили відповідно 25,4%; 30,1% і 27,2%. Треба зазначити, що значно більші показники щодо природних втрат бульбоплодів спостерігалися внаслідок зберігання їх

протягом 20 діб. Так, зокрема, за температури 25°C втрати врожаю у сортів Інтерес становили 70,4%, Скороспілка – 75,2% та Великоплідний – 63,7%. Подібна закономірність щодо втрат ваги бульб топінамбура спостерігалася в межах температури зберігання від 10 до 20°C (табл. 1).

### 1. Втрата ваги бульб топінамбура залежно від температури зберігання (2016–2017рр.)

Сорт	Група стиглості	Втрата ваги бульб залежно від температури зберігання, °C				
		контроль*	10	15	20	25
Термін зберігання 10 днів						
Інтерес	сер.ран.	0	25,4	36	41,3	55,2
Скороспілка	ран.	0	30,1	39,3	45,4	60,1
Великоплідний	пізн.	0	27,2	36,4	38,2	50
Термін зберігання 20 днів						
Інтерес	сер.ран.	0	47,3	54	68,2	70,4
Скороспілка	ран.	0	49,8	58,5	70,4	75,2
Великоплідний	пізн.	0	44,1	52,6	64,1	67,3

\*Контроль – бульби зберігались у ґрунті.

Отже, бульбам топінамбура не властива достатня лежкість при зберіганні. У разі їх надземного зберігання після збирання врожаю спостерігалось швидке підсихання, внаслідок різкого втрачання води, поживних речовин та ураження шкідливими мікроорганізмами мікозного та бактеріального походження. Такі наслідки пов'язані з відсутністю на поверхні шкірки бульб пробкового шару (перидерми), як, зокрема, на бульбах картоплі. Бульби топінамбура, які зимують у ґрунті безпосередньо на полі майже зовсім не втрачають ваги і незначно уражуються патогенами.

У другій серії дослідів нами проведено експерименти щодо вивчення впливу способу зберігання топінамбура на результативність зберігання і втрати природної ваги та поживних речовин бульб.

Бульби зберігали у спеціальних земляних кагатах завдовжки 2,5-3м, завширшиною 1,5-2,0м та заввишки 1,0м. Перед закладкою на зберігання їх ретельно перемішували з вологим піском у співвідношенні 1:1, а потім накривали ґрунтовим шаром завтовшки 15-20 см з подальшим підтримуванням температури +2-+4°C. Кагати на поверхні ґрунту розміщували в напрямку з півночі на південь. Бульби перед закладкою на зберігання просушували та вибраковували з ознаками механічних пошкоджень і симптомів хвороб. Для регулювання температури зверху кагату залишали віддушини у вигляді гребеня із соломкою. З метою стікання зайвої вологи, по довжині кагату робили канавки завглибшки 15-20 см. Дата закладки бульб топінамбура – третя декада листопада. Результати зберігання бульб топінамбура в кагатах подано в таблиці 2.

## 2. Вплив умов зберігання на втрати води та вмісту полісахаридів у бульбах та ураженість їх хворобами (2016–2017рр.)

Термін зберігання бульб, діб	Уміст у бульбах, %		Природні втрати за одну добу		Кількість хворих бульб, %		
	води	цукру	маса бульб	цукру	Всього	У тому числі	
						Сіра гниль	Змішані гнилі
Скороспілка							
Контроль*	72,5	15,4					
30	72,0	15,4	0,5	0	0	0	0
60	71,4	15	1,1	0,4	4,2	3,8	0,4
90	70,5	14,2	2	1,2	10,4	9	1,4
120	68,1	13,1	4,4	2,3	16,8	11,4	5,4
Інтерес							
Контроль*	70,4	16,6					
30	70,0	16,5	0	0	0	0	0
60	69,2	16	1,2	0,6	0	0	0
90	68,1	15,5	2,3	1	10,6	8	2,6
120	65,2	15	4,8	1,6	18,4	12,1	6,3

\*Контроль – день закладання бульб на зберігання.

Експериментами з вивчення впливу умов зберігання топінамбура на вміст води і цукру в бульбах встановлено, що зазначені показники мало змінювалися протягом усього періоду зберігання. Так, у ранньостиглого сорту Скороспілка вміст води у бульбоплодах перед закладкою на зберігання становив 72,5%, тоді як у динаміці з інтервалом 30 діб ці показники, відповідно, були 72,0%; 71,4%; 70,5%; 68,1%, тобто різниця між початком і кінцем термінів зберігання становила 4,4%.

При визначенні вмісту цукру залежно від умов зберігання бульб нами з'ясовано, що цей показник також залежав від строку зимового зберігання бульбоплодів топінамбура. Зокрема на 60-й день після закладки бульб на зберігання втрата цукру становила 0,4%, на 90-й день – 1,2% та на 120-й день – 2,3%.

Результати фітопатологічної експертизи щодо розвитку хвороб грибного та бактеріального походження на бульбах топінамбура свідчать, що переважно в патогенезі збудників хвороб мікозного походження брали участь такі види: *Botrytis cyrenea*, *Bussocheamys fulva*, *Aspergillus clavatus*, *Penicillium clariforme*. Перші симптоми прояву хвороб на бульбах топінамбура нами виявлено на 60-й день фітопатологічної експертизи. Загальна кількість бульб з ознаками хвороб на сорті Скороспілка становила 4,2%, на 90-й і 120-й день, відповідно, 10,4% і 16,8%. Подібні результати досліджень впливу умов зберігання бульб на втрати води, вміст цукру та ураженість хворобами топінамбура отримані і для сорту Інтерес (табл. 2).

Отже, найкращим способом зимового зберігання бульб топінамбура виявилися земляні кагати з вологим піском у співвідношенні 1:1, завдовжки 2,5-

Зм, завширшки та заввишки 1,0-1,5м з подальшим укриттям їх ґрунтом на 15-20см та витримуванням за температури+2-+4°C.

### **Висновки та перспективи**

1. Доведено, що бульбам топінамбура не властива достатня лежкість при зберіганні, оскільки після збирання врожаю спостерігається швидка втрата вологи, внаслідок чого різко втрачаються поживні речовини, зокрема полісахариди і білки та ураження їх хворобами мікозного та бактеріального походження, що пов'язано з відсутністю на поверхні бульб паренхіми.

2. Установлено, що серед відомих технологій зберігання топінамбура найкращим способом є зберігання бульбоплодів у земляних кагатах завдовжки 2,5-3м, завшириною і заввишки 1,0-1,5м з подальшим укриттям ґрунтом завтовшки 15-20 см. Температуру всередині насипу доцільно витримувати в межах+2-+4°C.

### **Список використаних джерел**

1. Біологічні і агротехнічні основи сучасної технології вирощування топінамбура: монографія / І. П. Рихлівський. – К., 2000. – 223 с.

2. Голубев В. Н. Топинамбур. Состав, свойства, способы переработки, область применения / В. Н. Голубев, Н. В. Волкова, Х. М. Кушалаков. – Москва, 1995. – 150 с.

3. Зеленков В.Н. Топинамбур (земляная груша) – перспективная культура многоцелевого значения / В. Н. Зеленков, Н. К. Кочнев, Т. В. Щелкова. – Новосибирск, 1993. – 34 с.

4. Кочнев Н. К. Топинамбур – биоэнергетическая культура XXI века / Н. К. Кочнев, М. В. Калиничева. – Новосибирск: Арис, 2002. – С. 74–80.

5. Методичні рекомендації щодо проведення досліджень з картоплею / Куценко В. С., Осипчук А. А. – Немішаєве: Інтас, 2002. – 183 с

6. Положенець В. М. Про топінамбур / В. М. Положенець, В. Р. Беганов, Л. В. Немерицька, І. А. Журавська. – Житомир: Рута, 2016. – С. 39–42.

7. Устименко Г. В. Земляная груша / Г. В. Устименко. – М., 1960. – С. 80–91.

8. Patzold C. Topinambur als Zandwirtschaftliche kulture flanse / C. Patzold. – Verlag, 1957. – 181 p.

9. Vuyov K. Uber die Technologie Rochfruchtosehaltiger Produkte aus Topinambur / K. Vuyov. – Zuckerindustrie, 1990. – №5. – P. 17–21.

### **References**

1. Biolohichni i ahrotekhnichni osnovy suchasnoi tekhnolohii vyroshchuvannia topinamboura: monohrafiia / I. P. Rykhlivskiyi. – K., 2000. – p. 223.

2. Holubev V. N. Topynambur. Sostav, svoistva, sposoby pererabotky , oblast pryumeneniya / V. N. Holubev, N. V. Volkova, Kh. M. Kushalakov. – Moscow, 1995. – p. 150.

3. Zelenkov V.N. Topynambur (zemlianaia hrusha) – perspektyvnaia kultura mnohotselevoho znacheniya / V. N. Zelenkov, N. K. Kochnev, T. V. Shchelkova. – Novosibirsk, 1993. – p. 34.

4. Kochnev N. K. Topinambour – bioenergeticheskaya kultura XXI veka / N. K. Kochnev, M. V. Kalynycheva. – Novosybyrsk: Arys, 2002. – p. 74–80.

5. Metodychni rekomendatsii shchodo provedennia doslidzhen z kartopleiu / Kutsenko V. S., Osypchuk A. A. – Nemishaieve: Intas, 2002. – p. 183.

6. Polozhenets V. M. Pro topinambour / V. M. Polozhenets, V. R. Behanov, L. V. Nemerytska, I. A. Zhuravska. – Zhytomyr: Ruta, 2016. – p. 39–42.

7. Ustyomenko H. V. Zemlianaia hrusha / H. V. Ustyomenko. – M., 1960. – p. 80–91.
8. Patzold C. Topinambour als Zandwirtschaftliche kulture flanse / C. Patzold. – Verlag, 1957. – p. 181.
9. Vuyov K. Uber die Technologie Rochfruchtosehaltiger Produkte aus Topinambour / K. Vuyov. – Zuckerindustrie, 1990. – № 5. – p. 17–21.

## **ВЛИЯНИЕ КАГАТНОГО ХРАНЕНИЯ ТОПИНАМБУРА НА СОДЕРЖАНИЕ ПОЛИСАХАРИДОВ И ПОРАЖЕНИЕ КЛУБНЕЙ БОЛЕЗНЯМИ В УСЛОВИЯХ ПОЛЕСЬЯ УКРАИНЫ**

**В. М. Положенец, Л. В. Немерицкая, В. Р. Беганов, И. А. Журавская**

***Аннотация.** Обосновано и рекомендовано технологии хранения топинамбура в земляных кагатах. Перед закладкой на хранение клубни тщательно перемешивают с влажным песком в соотношении 1:1 и накрывают почвенным слоем толщиной 15–20 см. В результате надземного хранения клубнеплодов при температуре выше 10 оС наблюдается их подсыхание, что связано с потерей воды, полисахаридов и поражением микозами, бактериозами.*

***Ключевые слова:** топинамбур, хранение, кагаты, питательные вещества, поражение болезнями.*

## **INFLUENCE OF CAPACTIVE STORAGE OF TOPINAMBUR ON POLYSACCHARID CONTENT AND DAMAGE OF CLUBS IN DISEASES IN THE FIELD OF POLESIE OF UKRAINE**

**V. Polezhenets, L. Nemeritskaya, V. Beganov, I. Zhuravskaya**

***Annotation.** The technology of storing Jerusalem artichoke in earth clays is substantiated and recommended. Before storing for storage, the tubers are thoroughly mixed with moist sand at a ratio of 1: 1 and covered with a 15-20 cm thick soil layer. As a result of aboveground storage of tubers at a temperature above 10 ° C, their drying is observed, which is related to water loss, polysaccharides and mycosis, bacteriosis.*

***Key words:** Jerusalem artichoke, storage, kagats, nutrients, disease.*

## БІОТЕХНОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД СУМСЬКОЇ ОБЛАСТІ

**Т. В. ІВАНОВА**, кандидат сільськогосподарських наук, доцент

**М. В. КОКОШКО**, студентка ОС «Магістр»

**Т. В. ТАРАСЮК**, студентка ОС «Магістр»

*Національний університет біоресурсів і природокористування  
України*

*E-mail: Tivanova1@ukr.net*

**Анотація.** *Нами оцінено різні варіанти процесів аеробного біологічного очищення стічної води від нафтопереробного заводу і вимоги до якості очищених стічних вод. Проведені дослідження свідчать, що технологія CASS TM перевершує інші технології аеробного біологічного очищення з погляду загальної вартості життєвого циклу активних речовин і вирішує проблему зворотного водопостачання. Поєднання двох типів технологій дає оптимальний результат для стічних вод, у яких органічні домішки містяться в порівняно вищій концентрації. Рекомендовано для очищення стоків застосування біопрепаратів як найбільш ефективного на сьогодні способу.*

**Ключові слова:** *стічні води, біологічні методи очищення, мікроорганізми, аероби, анаероби, біоплівка, активний мул.*

**Актуальність.** Порівняно з іншими способами очищення, такими як хімічне окислення; термічне окислення, біологічне очищення застосовується в різних інтегрованих станціях очистки стічних вод та має очевидну економічну перевагу як з фінансового погляду, так і з погляду експлуатаційних витрат.

**Метою дослідження** є вивчення відмінностей аеробних процесів біологічного очищення стоків, що містять відходи нафтопереробної промисловості. Особливу увагу зосереджено на основних аеробних біологічних процесах очищення. Дослідження характеристик господарсько-побутових стічних вод очисних споруд великих міст Сумської області показало, що прозорість вод дорівнює 5см, слаболужна реакція – в межах рН 7,2-7,6. Інтенсивність господарсько-побутових стічних вод становить 3 бали. Загальна чисельність сапрофітних мікроорганізмів (мікробне число) стічних вод – 4,48-107КОЕ/мл.

Біологічне очищення є важливою і невід'ємною частиною будь-якої станції очистки стічних вод, через яку проходять стоки різних галузей народного господарства, що містять розчинні органічні домішки або суміш з двох типів джерел стічних вод.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Біологічні методи застосовують для очищення господарсько-побутових і промислових стічних вод від різноманітних розчинених органічних і деяких неорганічних (сірководень, аміак тощо) з'єднань. Процес очищення заснований на здатності мікроорганізмів використовувати такі речовини для харчування в процесі

життєдіяльності. Відомі аеробні та анаеробні методи біологічного очищення стічних вод.

Аеробний метод заснований на використанні аеробних мікроорганізмів, для життєдіяльності яких необхідний постійний приплив кисню і температура в межах 20-40°C. При аеробному очищенні мікроорганізми культивуються в активному мулі або у вигляді біоплівки. Активний мул складається з живих організмів і твердого субстрату. Живі організми представлені бактеріями, найпростішими хробаками і водоростями. Біоплівка росте на наповнювачі біофільтра і має вигляд слизових обростань завтовшки 1-3мм і більше. Біоплівка складається з мікроорганізмів, найпростіших, грибів, дріжджів тощо.

Аеробне очищення відбувається як у природних, так і в штучних спорудах. Очищення в природних умовах відбувається на полях зрошення, полях фільтрації та біологічних ставках.

Очищення у штучних спорудах проводиться в аеротенках, метантенках, окситенках і в біофільтрах. Більше широко застосовуються аеротенки.

Аеротенки – це залізобетонні резервуари, які являють собою відкриті басейни, обладнані пристроями для примусової аерації. Глибина аеротенків – 2-5м [6]. Аеробний процес відбувається за рахунок дії бактерій родів *Paracoccus*, *Caulobacter*, *Hyphomicrobium*, *Nitrobacter*, *Acinetobacter*, *Sphaerotilus*, *Aeromonas*, *Pseudomonas*, *Cytophaga*, *Flavobacterium*, *Flexibacter*, *Halisomenobacter*, *Artrobacter*, *Rhodococcus*, *Bacillus*, *Clostridium*, *Lactobacillus*, *Staphylococcus*.

Анаеробний метод очищення протікає без доступу повітря. Його переважно застосовують для знешкодження твердих осадів, що утворюються під час механічного, фізико-хімічного та біологічного очищення стічних вод. Зброджування осадів стічних вод відбувається способом метанового бродіння [5]. Метантенк, метантанк – штучний резервуар великої ємності (до декількох тисяч кубічних метрів) для біологічного перероблення (так званого метанового зброджування за допомогою бактерій-мінералізаторів та інших мікроорганізмів) органічного осаду стічних вод без доступу повітря. Резервуар є герметичним ферментером із функцією перемішування, який обов'язково обладнаний газовіддільниками з протиполум'яними пастками. [6]. Ключову роль в анаеробній деградації органічних речовин до метану відіграють метанові бактерії родів *Methanosarcina*, *Methanosaeta* (*Methanothrix*), *Methanomicrobium*.

*Інноваційні екобіотехнології в очищенні стічних вод.* Дуже простим і давнім способом біологічного очищення стічних вод є використання звичайного септика. Навіть назва його походить від давньогрецького слова, яке в перекладі означає «гниття», тобто процес природного біологічного розкладання. У септиках передбачено застосування біопрепаратів. Біопрепарат Біоклін (Bio-IndustriesGroup, Ірландія) – це найбільш ефективний на сьогодні у світовій практиці, готовий до застосування розчин складної суміші факультативних мікроорганізмів для вигрібних ям, біотуалетів, септиків і каналізаційних мереж приватних будинків та інших об'єктів, які не мають централізованої каналізації. Препарат усуває неприємні запахи і знищує патогенні мікроби. Більше ніж удвічі зменшує обсяг, перетворюючи тверді фракції на вуглекислий газ і воду. Природне очищення вигрібної ями або септика без фізичного втручання можливе й у разі застосування біопрепарату.

**Матеріали і методи дослідження.** Лабораторні дослідження проводили протягом 2016-2017рр. на базі кафедри екобіотехнології та біорізноманіття Національного університету біоресурсів і природокористування України, ТОВ ПАО «Завод хімічних реактивів», нафтопереробного підприємства «Нафтобаза №10» ТОВ Оранто, Шосткинського казенного заводу «Зірка»? та очисних станцій районних центрів м. Шостки і Конотопа.

*Контроль якості стічних вод.* Як правило, дослідження відбувається в лабораторіях хіміко-аналітичного контролю, мета яких – контроль якості складу стічних вод підприємств міст відповідно до «Правил приймання стічних вод абонентів у систему каналізації». Проби стічної води відбирають водії-пробовідбірники. У середньому за місяць лабораторія може аналізувати 1100 проб.

*Хімічний аналіз стічних вод.* Підприємство, що скидає стічні води, зобов'язане контролювати їхню якість. На жаль, зовсім уникнути забруднення води неможливо, але вона має відповідати критеріям, установленим у договорі між споживачем і місцевим водоканалом або іншою організацією, відповідальною за очищення стічних вод. Хімічний аналіз виявляє присутність у стічній воді недопустимих речовин або підвищених концентрацій допустимих речовин. Аналіз стічних вод може проводитися за такими показниками: рН, хлориди, залізо, сухий залишок, мідь, нафтопродукти, хром, свинець, цинк, сульфати, зважені речовини тощо.

*Аналіз якості стічних вод.* Перевірка якості води також регламентована нормативно-правовими актами: органом, уповноваженим аналізувати стічні води є лабораторія, атестована в установленому порядку. Така лабораторія може бути як незалежним суб'єктом, так і частиною підприємства. Лабораторія має відповідати таким обов'язковим вимогам: має бути атестована в державній метрологічній системі, причому атестація проводиться з певною періодичністю; стічні води можна досліджувати тільки за повіреними в установленому порядку вимірювальними приладами.

**Результати дослідження та їх обговорення.** *Моніторинг очисних споруд та вимоги до якості очищених стічних вод.* Господарсько-побутові стічні води очисних споруд м. Шостки і Конотопа мають прозорість до 5см, слаболужну реакцію з рН 7,2-7,6. Містять значні кількості неорганічних і органічних речовин у зваженому, колоїдному і розчиненому стані. Для господарсько-побутових стічних вод характерне значне бактеріальне забруднення. Це пояснюється тим, що населення (одна особа) щодоби виділяє 4,48-1012 мікробних тіл. Залежно від норми водопостачання для конкретної місцевості (наприклад, 100 л/добу) загальна чисельність сапрофітних мікроорганізмів (мікробне число) таких стічних вод становитиме 4,48-107 КОЕ/мл. Титр бактерій групи кишкової палички (колі-титр) таких стічних вод становитиме Ю-5-10 ~ 8 КОЕ/л.

*Походження, властивості і склад господарсько-побутових стічних вод.* Важливим, небезпечним і майже повсюдним (за наявності каналізації) джерелом забруднення водойм є неочищені або недостатньо очищені господарсько-побутові стічні води. Результати аналізу середньодобової проби стічної рідини виявили навелені нижче концентрації забруднювачів (табл. 1).

#### **1. Концентрації забруднювачів**

Найменування показника	Значення концентрації		
	Після встановлення ґрат	Після первинних відстійників у вхідному каналі аеротенка	Вихід після контактних резервуарів
	298	324	24,0
Завислі речовини, мг/дм <sup>3</sup>	248	225	12
БПК <sub>5</sub> , мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	2,5	4,5	0,35
Фосфати (за Р), мг Р-РО <sub>4</sub> /дм <sup>3</sup>	34,6	37,3	5,6
Азот амонійний, мг N-NH <sub>4</sub> /дм <sup>3</sup>	0,35	0,3	8,9
Азот нітратів, мг N NO <sub>3</sub> /дм <sup>3</sup>	-	-	0,1

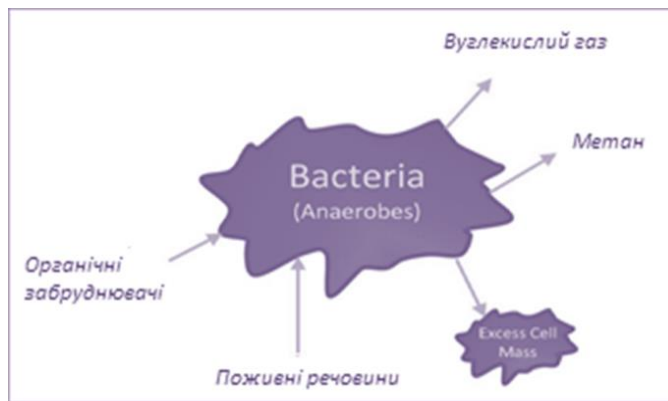
Таким чином, можна констатувати відсутність ефективності первинного відстоювання і високий винос завислих речовин зі стічної водою. Концентрація мулу в аеротенках у середньому становила 8,5г/дм<sup>3</sup>, в аеротенку в зоні регенерації – 12 г/дм<sup>3</sup>. Така висока концентрація мулу пояснюється потужним рециклом зважених речовин активного мулу з мулоущільнювачів в аеротенки, потраплянням надлишкового активного мулу з 1-ї технологічної лінії (збагаченого залізом через те, що лінія працює на стічних водах Новолипецького металургійного комбінату), виведенням аеротенка №2 під реконструкцію, обмеженою продуктивністю вузла механічного зневоднення осаду.

Варто зауважити, що стічні води в досліджуваних очисних станціях мають прозорість близько 5см, слаболужну реакцію, містять мінеральні й органічні речовини у зваженому, колоїдному і розчиненому стані. Інтенсивність запахів господарсько-побутових стічних вод – вище ніж 2 бали. Загальна чисельність сапрофітних мікроорганізмів (мікробне число) таких стічних вод становить 4,48-107КОЕ/мл. Титр бактерій групи кишкової палички (колі-титр) таких стічних вод становить Ю-5-10 ~ 8КОЕ/л. У стічних водах містяться яйця гельмінтів; деякі дослідники налічували їх там понад 1,5 тисячі.

За нашими даними, завдяки системі каналізації в сільських населених пунктах рівень кишкових інфекцій та інвазій у сільського населення знизився у 12-13 разів. Система каналізації в міських населених пунктах є важливим фактором містобудування, оскільки дає можливість по-новому розв'язувати питання планування і забудови міст.

*Аеробні й анаеробні методи очищення.* За допомогою мікроорганізмів також асимілюються органічні домішки. Кінцевими продуктами органічної асиміляції анаеробної очистки є метан, вуглекислий газ і біомаса. Рисунки 1 і 2 спрощено зображують принципи двох процесів очищення.

У таблиці 2 наведено основні відмінності цих двох процесів. З даних таблиці 2, можна зробити висновок, що неанаеробне, або аеробне, очищення краще, а поєднання двох типів технологій дає оптимальний результат очищення стічних вод, у яких органічні домішки містяться в порівняно вищій концентрації.



**Рис. 1. Принцип аеробного очищення стоків**

*Технології аеробного біологічного очищення.* Є безліч аеробних біологічних технологій очищення, відомих у теорії і на практиці. Однак метою нашої роботи є розгляд чотирьох біологічних способів. Після опису кожного процесу і його переваг порівняльні характеристики цих технологій зведено в таблицю. Це порівняння засноване на фактичному застосуванні очищення стічних вод для підприємств м. Шостки Сумської області, а саме: ПАО «Завод хімічних реактивів», нафтопереробного підприємства «Нафтобаза №10» ТОВ Оранто, «Звезда» Шосткинський казенний завод. Основною умовою було скидання очищених стічних вод у місцеві водойми – озера Глинівка та Хімреактив.



**Рис. 2. Принцип анаеробного очищення стоків**

Термін «активний» щодо мулу означає, що біомаса являє собою мікрофлору, що містить всі ферментні системи, необхідні для деградації забруднень; має поверхню з сильною адсорбційною здатністю; здатна утворювати стабільні флокули, які легко осаджуються у процесі відстоювання. Основні показники активного мулу: активний мул аеротенків має вигляд жовтуватого-бурих пластівців, що містять різні види організмів; в активному мулі містяться бактерії, гриби, найпростіші, черви, коловертки тощо. Концентрація мулу залежно від типу стоків та особливостей процесу очищення перебуває в межах 1,5-5г/л.

Муловий індекс дорівнює об'єму, що його займає 1г активного мулу після півгодинного відстоювання (у перерахунку на сухі речовини). Навантаження на активний мул за органічними речовинами  $P$ , мг БПК/г.добу:  $P = \frac{BPK}{at}$ , де  $a$  – кількість активного мулу, г/л; БСК – біологічне споживання кисню, г/л;  $t$  – тривалість аерації, діб; вік мулу  $T$ , діб:  $T = \frac{aV}{QP}$ , де  $V$  – об'єм аеротенка, м<sup>3</sup>;  $Q$  –

об'єм стоків, що надходить в аеротенк, м<sup>3</sup>/добу; Р – приріст мулу, г/л. Залежно від виду стоків мул проявляє уреазну, ліполітичну, амілазну або загальну дегідрогеназну ферментативні активності.

Питома концентрація біомаси (вимірюється зваженими твердими частинками у змішаній рідині (MLSS) або летючими зваженими твердими частинками у змішаній рідині (MLVSS)) зберігається разом з достатньою кількістю розчиненого кисню (DO) концентрації (2 мг/л), щоб здійснити біодеградацію розчинних органічних домішок, виміряних у біохімічній потребі в кисні (БПК) або хімічній потребі в кисні (ХПК).

## 2. Основні відмінності аеробного й анаеробного очищення стічних вод

Параметри	Аеробний процес	Анаеробний процес
Принцип процесу	Мікробні реакції відбуваються в присутності молекулярного / вільного кисню. Продуктами реакції є двоокис вуглецю, вода і надлишок біомаси	Мікробні реакції відбуваються за відсутності молекулярного кисню / вільного кисню. Продуктами реакції є діоксид вуглецю, метан і надлишок біомаси
Примітка	Стічні води з низьким умістом органічних домішок (ГПК<1000 часток на мільйон), а також стічні води, які важко розкладаються, наприклад, муніципальні стічні води	Стічні води із середнім і високим умістом органічних домішок (ГПК>1000 частка на мільйон) і біорозчинні стічні води, наприклад, продукти харчування та стоки, багаті на крохмаль /
Кінетична	Відносно швидка	Відносно повільна
Вихід відходів	Відносно високий	Відносно низький (як правило, 1/5-1/10 аеробних процесів оброблення)
Води після очищення	Як правило, повна очистка або фільтрація / дезінфекція	Неодмінно з подальшим аеробним очищенням
Вартість	Відносно висока	Відносно низька з поверненням грошей
Приклад технологій	MBR, Крапельні фільтри біофільтри, BAF, MBBR IFAS	Безперервний реактор з мішалкою (UASB), реактори з високою швидкістю EGSBTM,

**Висновки і перспективи.** Порівняння варіантів аеробного біологічного оброблення. Було проведено детальне технічне оцінювання різних варіантів процесів аеробного біологічного очищення для стічної води від нафтопереробного заводу і вимог до якості очищених стічних вод. З огляду на це в таблиці 2 підсумовуються плюси та мінуси кожного варіанта.

На основі цих порівнянь можна зробити висновок про те, що технологія CASS TM перевершує інші технології аеробного біологічного очищення з точки зору загальної вартості життєвого циклу і повертається власнику. За результатами дослідження відмінностей між аеробними процесами біологічного очищення стічних вод, що містять відходи нафтопереробної промисловості, можна зробити наведені нижче висновки. Інтенсивність господарсько-побутових стічних вод становить 3 бали. Загальна чисельність сапрофітних мікроорганізмів (мікробне число) стічних вод становить 4,48-107КОЕ/мл. За нашими даними,

завдяки створенню каналізаційних систем у сільських населених пунктів рівень кишкових інфекцій та інвазій у сільського населення знизиться у 10 разів. Також дослідження показали, що неанаеробне, або аеробне очищення ефективніше, а поєднання двох типів технологій дає оптимальний результат для очищення стічних вод, у яких органічні домішки містяться в порівняно вищій концентрації.

#### **Список використаних джерел**

1. Іванова Т.В. Екологічні біотехнології: теорія і практика / М.Д. Мельничук, О.Л. Кляченко // Навчальний посібник. – Вінниця, ТОВ «Нілан-ЛТД», 2015. – 254 с.
2. Іванова Т.В. Біологічна очистка стічних вод домогосподарств Сумської області за умов використання септиків/ Т.В. Іванова, Ю.Ю. Ільєнко // IV всеукр. наук.-практ. конф. студентів, аспірантів та молодих вчених, [«Біотехнологія: звершення та надії»] 12–13 трав. 2016 р.: тези доп. – Київ, 2016. – С. 72.
3. Іванова Т.В. Біологічна очистка стічних вод домогосподарств вінницької області за умов використання септиків/ Т.В. Іванова, М.В. Кокошко // IV всеукр. наук.-практ. конф. студентів, аспірантів та молодих вчених, [«Біотехнологія: звершення та надії»] 12–13 трав. 2016 р.: тези доп. – Київ, 2016. – С. 72.
4. Henze, M. Harremoës, P. Jasen, J. Arvin, E. (1997) Basic Biological Processes. In Wastewater Treatment Biological and Chemical Processes. 2nd ed. (Springer-Verlag, Berlin), pp.55-112.
5. Strand, P. S. Fluorescamine assay. (Department of Biotechnology at NTNU, 2007) Tomlinson, T. Boon, A. Trotman, C. (1966) Inhibition of Nitrification in the Activated Sludge Process of Sewage Disposal. J. appl. Bact. 29 266-291.
6. Wanner, J. (1997) Microbial population dynamics in biological wastewater treatment plants. In Microbial community analysis: the key to the design of biological wastewater treatments systems. Cloete, T. Muyima, N. (Eds). (IAWQ, London), pp. 35-39.

#### **References**

1. Ivanova T.V. Ecological Biotechnology: Theory and Practice. Vinnytsya, LLC «Nilan-LTD», 2015, 254 p. (In Ukrainian).
2. Ivanova T., Il'enko Y. Biological wastewater treatment of households in the Sumy region in the use of septic tanks. *IV Allukr. Sci. Pract. Conf. Students, postgraduates and young scientists: Biotechnology: Excellence and Hope*. Kyiv, 12-13 May 2016. P. 72. (In Ukrainian).
3. Ivanova T., Kokoshko M. Biological wastewater treatment of households in the Sumy region in the use of septic tanks. *IV Allukr. Sci. Pract. Conf. Students, postgraduates and young scientists: Biotechnology: Excellence and Hope*. Kyiv, 12-13 May 2016. P. 71. (In Ukrainian).
4. Henze, M. Harremoës, P. Jasen, J. Arvin, E. (1997) Basic Biological Processes. In Wastewater Treatment Biological and Chemical Processes. 2nd ed. (Springer-Verlag, Berlin), pp.55-112.
5. Strand, P. S. Fluorescamine assay. (Department of Biotechnology at NTNU, 2007) Tomlinson, T. Boon, A. Trotman, C. (1966) Inhibition of Nitrification in the Activated Sludge Process of Sewage Disposal. J. appl. Bact. 29 266-291.
6. Wanner, J. (1997) Microbial population dynamics in biological wastewater treatment plants. In Microbial community analysis: the key to the design of biological wastewater treatments systems. Cloete, T. Muyima, N. (Eds). (IAWQ, London), pp. 35-39.

### **БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД В СУМСКОЙ ОБЛАСТИ**

**Т. В. Иванова, М. В. Кокошко, Т. В. Тарасюк**

**Аннотация.** *Нами дана оценка различных вариантов процессов аэробной биологической очистки для сточной воды от нефтеперерабатывающего завода и требований к качеству очищенных сточных вод. Проведенные исследования показывают, что технология CASS TM превосходит другие технологии аэробной биологической очистки с точки зрения общей стоимости жизненного цикла активных веществ и решает проблему оборотного водоснабжения. Сочетание двух типов технологий дает оптимальный результат для сточных вод, в которых органические примеси находятся в сравнительно высокой концентрации. В качестве рекомендации по очистке стоков мы предлагаем применение биопрепаратов как наиболее эффективного на сегодня метода.*

**Ключевые слова:** *сточные воды, биологические методы очистки, микроорганизмы, аэробы, анаэробы, биопленка, активный ил.*

## **BIOTECHNOLOGICAL FEATURES OF SEWAGE TREATMENT IN THE SUMY REGION**

**T. Ivanova, M. Kokoshko, T. Tarasyuk**

**Abstract.** *We have evaluated different variants of the processes of aerobic biological treatment for waste water from the refinery, and we recommended the requirements for the quality of treated wastewater. Research shows that CASS TM technology exceeds other technologies of aerobic biological purification in terms of the total cost of the active substances life cycle and solves the problem of reverse water supply. A combination of two types of technologies that give optimum results for sewage, especially where organic impurities are in a relatively higher concentration. As a recommendation for sewage treatment, we propose the use of biopreparations as the most effective method for today.*

**Keywords:** *sewage, biological methods of purification, microorganisms, aerobes, anaerobes, biofilm, active sludge.*

## **ФОРМУВАННЯ ПОВЕРХНЕВО ЗАПРОГРАМОВАНИХ ХІМІЧНИХ САЙТІВ І ШЛЯХИ ОЦІНЮВАННЯ СЕЛЕКТИВНОСТІ ДО ОКРЕМИХ МІКОТОКСИНІВ**

**М. Ф. СТАРОДУБ**, доктор біологічних наук, професор

**М. В. САВЧУК**, молодший науковий співробітник

**М. І. ФЕДЕЛЕС-ГЛАДИНЕЦЬ**, кандидат сільськогосподарських наук, доцент  
*Національний університет біоресурсів і природокористування  
України*

*E-mail: nfstarodub@gmail.com, taranMaruna@gmail.com*

**Анотація.** Проблема мікотоксинів як потенційних забруднювачів продуктів харчування набула масштабного характеру через порушення вимог при інтенсивних технологіях оброблення сільськогосподарських культур та втрату рослинами стійкості до фітопатогенів. Зростання вмісту мікотоксинів у продуктах харчування також безпосередньо пов'язане з неконтрольованим використанням азотних добрив і пестицидів. У статті наведено експериментальні дослідження щодо пошуку найбільш ефективних шляхів формування селективних хімічних сайтів, спрямованих на кількісне визначення окремих мікотоксинів з використанням сенсорної технології. Установлено, що реєструвати утворення відповідного специфічного комплексу можна потенціометричним та оптичним шляхом на основі принципу ППР. Виявлено, що в разі реєстрації утворюваного специфічного комплексу за принципом ППР трансдюсерну поверхню має бути попередньо оброблено ПАА. Відпрацьований спосіб формування селективних матрично-запрограмованих поверхонь можна рекомендувати для створення трансдюсерних поверхонь сенсорів, спрямованих на скринінг мікотоксинів серед об'єктів довкілля. Визначено, що запрограмовані поверхневі структури можуть бути відновлені для повторного використання після промивання їх ацетонітрилом чи метанолом. При повторному використанні понад 10 разів специфічний сигнал змінюється лише в межах 10%.

**Ключові слова:** біосенсор, мікотоксини, сілан, трансдюсер, поверхневоплазмонний резонанс.

**Актуальність.** З кожним роком проблема мікотоксикозу загострюється, токсикогени (гриби, які утворюють токсини) швидко пристосовуються до нових технологій і сучасних пестицидів, при цьому збільшують утворення мікотоксинів у сотні разів [1]. На сьогодні немає ефективних хімічних способів боротьби з ураженнями мікотоксинами продуктів різних культур, саме тому для вчасної діагностики мікотоксикозів у сільському господарстві необхідною є розроблення нових методів експресної біосенсорної діагностики наявності мікотоксинів у сільськогосподарській продукції [2, с.81-101; 3, с.885-890; 4, с. 81-101; 5, с. 5-12].

Розподіл між фізичною поверхнею та хімічними або біологічними структурами, які є чутливими елементами щодо аналізованих речовин, особливо важливий для всіх біосенсорних систем. Чутливі селективні елементи мають бути приєднані до твердотільної підкладки при збереженні їхньої природної конформації та активності. Це приєднання має бути стабільним протягом усього періоду аналізування, і, крім того, достатня кількість активних сайтів має бути орієнтована в розчин для взаємодії з речовиною, яка піддається аналізу. Надзвичайно важливим є й те, щоб сама поверхня підкладки залишалася нездатною до неспецифічного зв'язування аналізованої речовини, що унеможливило б появу хибно позитивного сигналу. Для досягнення бажаного ефекту використовують підходів низку способів, зокрема вводять хімічну проміжну або лінкерну плівку між поверхнею фізичного перетворювача та селективними елементами.

Є багато варіантів для ковалентного або нековалентного приєднання селективного матеріалу до планарно-самозбираних плівок або полімерним покриттям на поверхні трансдюсера [1, с.106-115].

Останнім часом особлива увага приділяється можливості заміни біологічних селективних центрів на штучні структури типу матрично-запрограмованих поверхонь, хімічно створених та включених у полімер сайтів, а також структур типу аптамерів і деяких типів каліксеренів, оскільки ці матеріали дають змогу покращити чутливість і витривалість біосенсорного зразка.

Саме тому **метою роботи** є експериментальні дослідження щодо пошуку найбільш ефективних шляхів формування селективних хімічних сайтів, спрямованих на кількісне визначення окремих мікотоксинів з використанням сенсорної технології.

**Матеріали та методи дослідження.** У дослідженнях використано низку мікотоксинів, а саме: Т2, патулін, афлатоксин В1 та зеареленон. Реєстрували специфічний сигнал на основі оптичних засобів з використанням принципу поверхневого плазмонного резонансу (ППР).

Кремнієві пластини і такі ж пластини, але з нанесеним тонким шаром золота, а обробляли гарячою парою протягом 1год. Потім їх поміщали в розчин 5мМ речовини, що визначалась, на 12год. Після видалення надлишку розчину пластини сушили за температури 120°C протягом 3год, а потім поміщали у вакуумні умови разом з 5мл замороженого триметил-хлорсилану і витримували за кімнатної температури протягом 12год. Структури промивали водою і етанолом. Контрольні зразки було виготовлено без використання досліджуваних структур. В окремих випадках пластини з шаром золота попередньо до формування на них «темплати» обробляли поліаліламіном гідрохлоридом (ПАА) [1, с. 106-115].

Для біосенсорних досліджень було використано реєстрацію специфічного сигналу лише двома способами, а саме електрохімічним (потенціометричним) шляхом і оптичним способом з використанням принципу ППР [2, с. 81-101].

Експериментальна установка, яку застосовували для дослідження провідності шару на поверхні електрода, складалася з потенціостата, електрохімічної комірки та самописного пристрою. Тефлоновий зонд з інжектором і насиченим Ag/AgCl електродом був використаний для реалізації

поток вприскування та функціонування електрохімічної комірки. Ця конструкція дає змогу рідині аналіту швидко розміститися навколо поверхні електрода та бути швидко зміненою. Робоча поверхня зонда була в межах 0,75см<sup>2</sup>. Виміри проводилися з тріс-НСІ буфері, що слугував фоновим електролітом. Концентрації аналітів були в межах 10-100нг/мл. Робочий електрод був при +0.9V (відповідно до Ag/AgCl електрода).

**Результати експериментальних досліджень.** *Аналіз селективності зв'язування окремих мікотоксинів з матрично-запрограмованими поверхнями у вигляді кремнієвих пластин.*

Установлено, що ефект детекції Т2 мікотоксину наближався до 95% попередньо заданої концентрації, визначеної за калібрувальною кривою, побудованою на основі імунобіосенсорного аналізу з використанням принципу ППР.

Для інших видів мікотоксинів цей рівень коливався в межах 10%, але не перевищував 15% (табл. 1), що свідчило про досить високу специфічність створених штучних сайтів на основі матрично-запрограмованих структур, оскільки навіть імунобіосенсорний аналіз цих мікотоксинів з використанням поліклональних антитіл характеризувався рівнем перехресних реакцій, що наближався до зазначеного вище (табл. 2).

**1. Рівень перехресних реакцій окремих мікотоксинів при використанні як селективних зв'язуючих сайтів матрично-запрограмованих поверхонь до Т2 мікотоксину**

№	Сполуки	Перехресні реакції, %
1	Патулін	10-15
2	Т2	90-95
3	Афлатоксин В1	10-15

Отримані дані вказують на перспективність використання створених штучних сайтів на основі матрично-запрограмованих структур у сенсорних аналітичних пристроях, призначених передусім для експресних скринінгових обстежень.

**2. Рівень перехресних реакцій окремих мікотоксинів при використанні як селективних зв'язуючих сайтів поліклональних антитіл, специфічних до Т2 мікотоксину**

№	Сполуки	Перехресні реакції, %
1	Патулін	100
2	Т2	5
3	Афлатоксин В1	10
4	Зеареленон	7
5	Фталат	0

Таким же шляхом проаналізовано рівень селективності створених штучних і сайтів на основі матрично-запрограмованих структур при визначенні афлатоксину В1. Оцінювання здійснювалось на основі кількісних характеристик виявлення зазначеного вище мікотоксину та низки таких токсинів, як

зеареленон, мікотоксин Т2 і патулін. Установлено, що ефект детекції афлатоксину В1 наближався до 90% попередньо заданої концентрації, визначеної за калібрувальною кривою, побудованою на основі імунобіосенсорного аналізу. Для інших видів мікотоксинів цей рівень коливався в межах 15%, але не перевищував 20%, що свідчило про значну специфічність створених і штучних сайтів на основі матрично-запрограмованих структур. Треба зазначити, що в разі створення матрично-запрограмованих структур до афлатоксину В1 їхня специфічність до нього була дещо меншою, ніж створених до Т2 мікотоксину. Причому аналогічна ситуація спостерігається і в разі імунобіосенсорного аналізу цих мікотоксинів з використанням поліклональних антитіл, який характеризувався рівнями перехресних реакцій, що наближалися до зазначених вище. Отримані дані вказують на перспективність використання створених штучних сайтів на основі матрично-запрограмованих структур у сенсорних аналітичних пристроях, призначених передусім для експресних скринінгових обстежень.

Аналіз селективності зв'язування окремих мікотоксинів з матрично-запрограмованими пластинами з умістом тонкого шару золота

Використання тонкого шару золота на кремнієвій поверхні є необхідною умовою для проведення досліджень на основі ефекту ППР. Шар золота має гідрофобні властивості і це узгоджується з аналізом мікотоксинів, які теж є загалом гідрофобними. Мікотоксини містилися в розчині ацетальдегіду, який може містити гідрофобні сполуки. Разом з тим сіланові сполуки, які є чинниками обмеження геометричної та структурної поверхні, є проміжними в цьому відношенні. Зменшення рівня гідрофільності поверхні призводить до обмеження їх сорбції на ній. Так установлено, що рівень сорбції сіланових сполук значно підвищується на поверхні за її попередньої модифікації поліелектролітами, а саме ПАА (табл. 3). Отримані дані свідчать, що сорбція мікотоксину Т2 зменшується на поверхні, попередньо обробленій ПАА, порівняно з необробленою. Разом з тим кількість сілану, сорбованого на ПАА оброблену поверхню, збільшується, що вказує на його можливу участь у формуванні матричних структур для мікотоксину Т2.

У наступних дослідженнях ми оцінили чутливість аналізу мікотоксину Т2 за умови використання матрично-запрограмованих для нього структур на поверхні ППР-трансдюсера.

### 3. Зміни кута відбивання ППР при внесенні сіланових сполук і мікотоксину Т<sub>2</sub> до та після оброблення шару золота за допомогою ПАА

№	Відносні зміни кута відбивання (θ) ППР при сорбції:	
1	Мікотоксин Т2	0,65
2	Мікотоксин Т2+сілан	0,70
3	ПАА+мікотоксин Т2	0,49
4	ПАА+мікотоксин Т2+сілан	0,80

На наступній стадії досліджень було оцінено чутливість аналізу мікотоксину Т2 з використанням відповідних до нього поверхнево матричних структур, а також рівень перехресних реакцій цих структур до афлатоксину В1. Ці експерименти проводили з поверхнями золотого шару, попередньо

обробленими за допомогою ПАА. Отримані результати подано в таблиці 4. Виявилось, що зазначеним способом вдасться зареєструвати мікотоксин Т2 лише за мінімальної концентрації понад 100нг/мл, а перехресна відповідь на афлатоксин В1 досягає лише на рівні 15-25% від специфічної, причому цей мікотоксин можна виявити лише за концентрації, яка перевищує 1мкг/мл.

#### 4. Відносні зміни рефлекторного кута ППР при визначенні Т2 та афлатоксину В1 на матрично-запрограмованих поверхнях до Т2 мікотоксину та попередньо оброблених ПАА

№	Концентрація Т2 мікотоксину, нг/мл	Відносні зміни рефлекторного кута	Концентрація афлатоксину В1, нг/мл	Відносні зміни рефлекторного кута
1	10	-	10	-
2	50	-	50	-
3	100	5	100	-
4	200	9	200	-
5	500	15	500	-
6	1000	15	1000	5

Варто зазначити, що закономірність, аналогічна наведеній вище, багато в чому збігається і з тією, коли афлатоксин В1 слугував базовою структурою. Деякі відхилення спостерігались лише в рівнях відхилення рефлекторного кута.

У попередніх дослідженнях було показано, що запрограмовані поверхневі структури можуть бути відновлені для повторного використання після промивання їх ацетонітрилом, метанолом. Визначено, що повторне використання можливе понад 10 разів зі зменшенням специфічного сигналу в межах 10%.

**Висновки та перспективи.** Відпрацьовано шляхи формування матрично-запрограмованих структур для визначення таких мікотоксинів, як Т2 та афлатоксин В1. Установлено, що утворення відповідного специфічного комплексу можна реєструвати потенціометричним та оптичним шляхом на основі принципу ППР. Виявлено, що в разі реєстрації утворюваного специфічного комплексу за принципом ППР трансдюсерну поверхню має бути попередньо оброблено ПАА. Відпрацьований спосіб формування селективних матрично-запрограмованих поверхонь можна рекомендувати для створення трансдюсерних поверхньосенсорів, спрямованих на скринінг мікотоксинів серед об'єктів довілля. Визначено, що запрограмовані поверхневі структури можуть бути відновлені для повторного використання після промивання ацетонітрилом чи метанолом. При повторному використанні понад 10 разів специфічний сигнал змінюється лише в межах 10%.

#### Список використаних джерел

1. Стародуб Н.Ф. Анализ микотоксинов: подготовка проб / Н. Ф. Стародуб, Л. Н. Пилипенко, А. В. Егорова, И. В. Пилипенко, О. С. Гойстер, Г. О. Хмельницкий // Биотехнология. – 2008. – Т. 1, №1. – С. 106-115.

2. Starodub N.F. Biosensors for the Determination of Mycooxins: development, efficiency at the analysis of model samples and in case of the practical applications / N.F. Starodub, I.V. Pylypenko, L.N.Pylypenko, M. M.Mel'nichenko, A.V. Nabok // *Lecture Notes of the ICB*. – 2010. – 86. – P. 81-101.

3. Nabok A.V. Registration of T-2 mycotoxin with total internal reflection ellipsometry and QCM impedance methods / A.V. Nabok, A. Tsargorodskaya, A. Holloway, N.F.Starodub, O. Gojster // *Biosensors and Bioelectronics*. – 2007. – №22. – P. 885-890.

4. Starodub N. F. Fiber optic SOS-type biosensor for the control of the genotoxicity of some environmental objects / Starodub N. F., Taran M. V., Shpirka N. F., Shavanova K. E. // *World journal of engineering research and technology*. – 2016. – Vol. 2. – P. 123-130.

5. Smirnov V. Mycotoxins: fundamental and applied aspects / V.Smirnov, F. Zajchenko, I. Rubegnjak // *Modern problems of toxicology*. – 2000. – №1. –P. 5-12.

### References

1. Starodub N. F., Pilipenko L. N., Egorova A. V., Pylypenko I. V., Goyster O. S., Khmel'nitsky G. O. (2008). Analiz micotoxinov: podgotovka prob [Mycotoxin analysis: preparation of samples]. *Biotechnology*. Vol. 1, No. 1. - P. 106-115.

2. Starodub N.F., Pylypenko I.V., Pylypenko L.N., Mel'nichenko M. M., Nabok A.V. (2010). Biosensors for the Determination of Mycooxins: development, efficiency at the analysis of model samples and in case of the practical applications. *Lecture Notes of the ICB*, 86. P. 81-101.

3. Nabok A.V., Tsargorodskaya A., Holloway A., Starodub N.F., Gojster O. (2007). Registration of T-2 mycotoxin with total internal reflection ellipsometry and QCM impedance methods. *Biosensors and Bioelectronics*, №22. P. 885-890.

4. Starodub N. F., Taran M. V., Shpirka N. F., Shavanova K. E. (2016). Fiber optic SOS-type biosensor for the control of the genotoxicity of some environmental objects. *World journal of engineering research and technology*, Vol. 2. P. 123-130.

5. Smirnov V., Zajchenko F., Rubegnjak I. (2000). Mycotoxins: fundamental and applied aspects. *Modern problems of toxicology*, №1. P. 5-12.

## ФОРМИРОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТНО ЗАПРОГРАММИРОВАННЫХ, ХИМИЧЕСКИ СОЗДАНЫХ САЙТОВ И ПУТИ ОЦЕНКИ ИХ СЕЛЕКТИВНОСТИ К РАЗНЫМ МИКОТОКСИНАМ

**М. Ф. Стародуб, М. В. Савчук, М. И. Феделеш-Гладинец**

**Аннотация.** Проблема микотоксинов как потенциальных загрязнителей продуктов питания приобрела масштабный характер из-за нарушения требований при интенсивных технологиях возделывания сельскохозяйственных культур и потери растениями устойчивости к фитопатогенам. Рост содержания микотоксинов в продуктах питания также напрямую связан с неконтролируемым использованием азотных удобрений и пестицидов. В статье представлены экспериментальные исследования по поиску наиболее эффективных путей формирования селективных химических сайтов, направленных на количественное определение отдельных микотоксинов с использованием сенсорной технологии. Установлено, что регистрация образования соответствующего специфического комплекса может быть осуществлена потенциометрическим и оптическим путем на основе принципа ППР.

Выявлено, что при регистрации создаваемого специфического комплекса за принципом ППР трансдюсерная поверхность должна быть предварительно обработана ПАА. Отработанный способ формирования селективных матрично-запрограммированных поверхностей можно рекомендовать для создания трансдюсерных поверхностных сенсоров, направленных на скрининг микотоксинов среди объектов окружающей среды. Определено, что запрограммированные поверхностные структуры могут быть восстановлены для повторного использования путем их промывки ацетонитрилом или метанолом. При повторном использовании более 10 раз специфический сигнал изменяется только в пределах 10%.

**Ключевые слова:** биосенсор, микотоксины, силан, трансдюсер, поверхностноплазмонный резонанс.

## FORMATION OF SURFACELY PROGRAMMED, CHEMICAL CREATED SITES AND WAYS OF ESTIMATION OF THEIR SELECTIVITY TO DIFFERENT MYCOTOXINES

M. Starodub, M. Savchuk, M. Fedelezh-Gladinets

**Abstract.** *The problem of mycotoxins as potential food contaminants has become widespread in violation of the requirements of intensive processing technologies for agricultural crops and the loss of plant resistance to phytopathogens. Growth in the content of mycotoxins in food is also directly related to the uncontrolled use of nitrogen fertilizers and pesticides. The article presents experimental studies on the search for the most effective ways of forming selective chemical sites aimed at quantifying individual mycotoxins using sensory technology. It has been established that the registration of the formation of the corresponding specific complex can be carried out potentiometrically and optically on the basis of the PPR principle. It was revealed that when registering the specific complex created for and using the PPR principle, the transducer surface must be pretreated with PAA. A tried-and-true method of forming selective matrix-programmed surfaces can be recommended for the sake of terrestrial transducer surface sensors aimed at screening mycotoxins among environmental objects. It is determined that the surface structures programmed can be restored for reuse by washing them with acetonitrile or methanol. When reused more than 10 times the specific signal changes only within 10%.*

**Keywords:** biosensor, mycotoxins, silane, transducer, surface-plasmon resonance.

## ВИЗНАЧЕННЯ ВПЛИВУ ФОСФОРУ НА ШВИДКІСТЬ ТА ЕМІСІЮ CO<sub>2</sub> З ҐРУНТУ З ВИКОРИСТАННЯМ РАДІОАКТИВНОГО ІЗОТОПУ <sup>14</sup>C

**Н. М. БІЛЄРА**, кандидат сільськогосподарських наук., доцент кафедри радіобіології та радіоекології

Національний університет біоресурсів і природокористування України  
E-mail: nbilyera@nubip.edu.ua

**Анотація.** Глобальне потепління як одна з найважливіших екологічних проблем ХХІ століття впливає на виробництво сільськогосподарських культур і, таким чином, розглядається як загроза продовольчій безпеці в усьому світі. Вивчення впливу будь-яких чинників на відтік CO<sub>2</sub> є важливим завданням сьогодення. Незважаючи на численні дослідження з цієї теми, одиничний ефект від застосування фосфору на виділення CO<sub>2</sub> з ґрунтів залишається нез'ясованим. Дослідження було направлене на оцінювання впливу зростаючих рівнів фосфору із внесенням вуглецю і без нього на швидкість виділення і загальну емісію CO<sub>2</sub>, а також на визначення джерел походження CO<sub>2</sub> із застосуванням радіоактивного ізотопу <sup>14</sup>C. Фосфор значною мірою впливає на швидкість виділення CO<sub>2</sub> у варіанті P50 на стадії спокою мікроорганізмів, коли не внесено вуглець. Однак активація ґрунтових мікроорганізмів за допомогою C50 не мала видимого ефекту від фосфору протягом одного дня після його внесення. Загальна емісія CO<sub>2</sub> через 120 год після додавання P50 була в 1,5 і 2 рази вища, відповідно, за відсутності вуглецю і внесення C50 порівняно з аналогічними середніми значеннями для P0 і P10. Проте необхідно провести експеримент із рослинами для визначення чистої емісії CO<sub>2</sub> і при цьому враховувати позитивний ефект від застосування фосфору. Зростаючі рівні фосфору приводили до зниження частки <sup>14</sup>CO<sub>2</sub> у варіанті без вуглецю і мали зворотний ефект за внесення C50 через добу після внесення. Ці результати можуть бути також корисними для визначення внеску фосфору як окремого компонента в глобальну емісію CO<sub>2</sub>.

**Ключові слова:** фосфорне живлення, радіоізоотоп <sup>14</sup>C, емісія CO<sub>2</sub>, мікробіологічна діяльність.

**Актуальність.** Останніми десятиліттями перед людством постав новий виклик – глобальне потепління, яке вчені пов'язують із підвищенням концентрації вуглекислого газу в повітрі. Наслідки глобального потепління в майбутньому загрожують зниженням обсягів продовольства для постійно зростаючої кількості населення планети. Водночас аграрне виробництво є причиною емісії 30% усіх парникових газів, збільшення концентрації яких підвищує температуру атмосфери Землі. Тому важливим постає питання вивчення внеску окремого елемента екосистеми на зміну виділення CO<sub>2</sub> з ґрунту.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** В останні кілька десятиліть науковою спільнотою світу широко досліджуються фактори та процеси, що впливають на збільшення емісії CO<sub>2</sub> [8,11], CH<sub>4</sub> [7] та N<sub>2</sub>O [4,10] з ґрунту як основних газів, що спричиняють глобальне потепління. Відносна частка впливу цих газів на підвищення температури атмосфери становить 63,5% для CO<sub>2</sub>, 18,1% для CH<sub>4</sub> та 6,2% для N<sub>2</sub>O [12]. Тому переважна більшість досліджень спрямована на вивчення факторів впливу збільшення виділення CO<sub>2</sub> з ґрунту [11] та способів накопичення вуглецю в ґрунтах [9].

Разом із вуглецем і азотом фосфор також є важливим елементом для росту та розвитку рослин і мікроорганізмів. Для збільшення продуктивності агроєкосистем його вносять у значних кількостях у вигляді мінеральних та органічних добрив. На відміну від азоту та вуглецю його сполуки не є представниками парникових газів. І, таким чином, вивчення фосфору зосереджене на з'ясуванні його іммобілізації та мінералізації мікроорганізмами [6], не враховуючи при цьому опосередкованого впливу на цикл вуглецю. Зважаючи на брак досліджень щодо впливу внесення зростаючих рівнів фосфору на емісію CO<sub>2</sub> з ґрунту та важливість цього питання, мною було проведено інкубаційний експеримент.

**Метою дослідження** було встановити вплив внесення зростаючих рівнів фосфору з додаванням глюкози та без неї: а) швидкість виділення CO<sub>2</sub> з ґрунту; б) загальну кількість емісії вуглецю та в) джерела вуглецю, що піддаються мінералізації мікроорганізмами.

**Матеріали і методи дослідження.** Досліджуваний ґрунт Cambisol (за міжнародною класифікацією) відібрано з лісової екосистеми під багаторічними насадженнями бука. Ґрунт мав такі характеристики в шарі 0-20 см [2]: уміст загального вуглецю, азоту та фосфору становив 43,0, 1,70 та 0,144 мг/кг, відповідно, загальна кислотність ґрунту – 3,72, механічний склад – піщаний суглинок (пісок – 77,7%, силікати – 17,3%, глина – 5,33%), вуглець мікробної біомаси становив 0,287 мг/г ґрунту.

Перед початком основного дослідження було проведено попередню інкубацію до досягнення сталої швидкості виділення CO<sub>2</sub>.

Двофакторний інкубаційний експеримент з вивчення різних рівнів внесення фосфору при додаванні вуглецю та без додавання було закладено в інкубаційних посудинах у чотириразовому повторенні. Маса ґрунту в кожному повторенні становила 15 г.

Фосфор у формі солі KН<sub>2</sub>РO<sub>4</sub> було внесено у ґрунт за такою схемою: а) Р0 – лише деіонізована вода 0,3 мл; б) Р10 – 10% від початкового загального вмісту в ґрунті – 0,3 мл розчину 4,4 мг KН<sub>2</sub>РO<sub>4</sub>, розчиненого в 1 мл води; в) Р50 – 50% від початкового загального вмісту в ґрунті – 0,3 мл розчину 21,95 мг KН<sub>2</sub>РO<sub>4</sub>, розчиненого в 1 мл води.

Три рівні фосфору було внесено на фоні двох рівнів вуглецю: а) С0 – без внесення глюкози, але з додаванням радіоактивності <sup>14</sup>С (табл. 1), що дає змогу «мітити» органічну речовину ґрунту; б) С50 – внесення 50 мг С/г ґрунту – розчинення 6,25 мг/л глюкози з додаванням мітки <sup>14</sup>С (табл. 1).

Інкубація тривала 6 діб у темному приміщенні за 60% повної вологоємності та температури 25 С. Під час інкубації вивільнена вуглекислота збиралася в епендорфи, що містили 1 мл 1М NaOH, які були поміщені всередину пластикових пробірок в інкубаційні ємкості посудини,

щільно закриті для уникнення потрапляння повітря. Епендорфи з NaOH було замінено двічі – через 24 та 120 год після початку інкубації.

Поглинений лугом CO<sub>2</sub> визначали титруванням 0,3мл NaOH 0,025M розчином HCl у присутності 0,5мл 1M BaCl<sub>2</sub> та фенолфталеїну [1]. Титрування проводилось на автоматичному приладі-бюретці TITRONIC® basic (Schott instruments Ltd.).

Для розрахунку кількості CO<sub>2</sub> використовували таку формулу:

$$mCO_2 = \frac{1000 \times 12.01 \times Vt \times [NaOH] \times (1 - \frac{Ts}{Tb})}{2}$$

де: mCO<sub>2</sub>=маса загальної кількості вуглекислого газу в пробірці (епендорфі), мкг С;

Vt=об'єм пробірки, мл;

[NaOH]=концентрація розчину NaOH в М, що був наповнений у пробірку та для контролю (1М)

Ts, Tb=об'єм HCL у мл, що була витрачена на титрування зразка (Ts) та контролю (Tb).

Активність радіоізоотопу <sup>14</sup>C визначали в кожній пробі відібраних з інкубаційних посудин пробірок з розчином 1М NaOH. Вимірювання проводили в суміші проби та сцинтиляційного коктейлю (співвідношення коктейль-проба 5:1) на сцинтиляційному лічильнику HIDEX 300 SL (Hidex Oy, Фінляндія).

Перед статистичним аналізом було проведено тест Налімова для вибракування даних у довірчому інтервалі 95% за рівня значущості α<0.05, а також тест на нормальність розподілення. Дисперсійний аналіз (ANOVA) з наступним визначенням критерію Фішера (LSD test) та однофазні тести значущості кожного фактора і їхнього поєднання було проведено з використанням програми Statistica 7.

**Результати дослідження та їх обговорення.** Швидкість виділення вуглекислоти з ґрунту змінювалась у часі та залежала від внесення вуглецю і фосфору (p<0.001 для всіх окремих факторів) (табл. 2). Причому внесення фосфору було достовірно значущим у варіантах P50 через 24 та 120год без внесення вуглецю та через 120год із внесенням С50 (рис. 1, а-б). Відсутність достовірної різниці між рівнями фосфору через 24 год після внесення С50 може свідчити, що мікроорганізми в цьому ґрунті, як і в усіх інших ґрунтах природних екосистем, більше лімітовані вуглецем, ніж фосфором, незважаючи на його дуже низькі значення. Крім того, в місцях надходження лабільного С (наприклад, у ризосфері) інтенсивність мікробіологічних процесів може бути максимально на два порядки вищою, ніж у звичайному ґрунті [8].

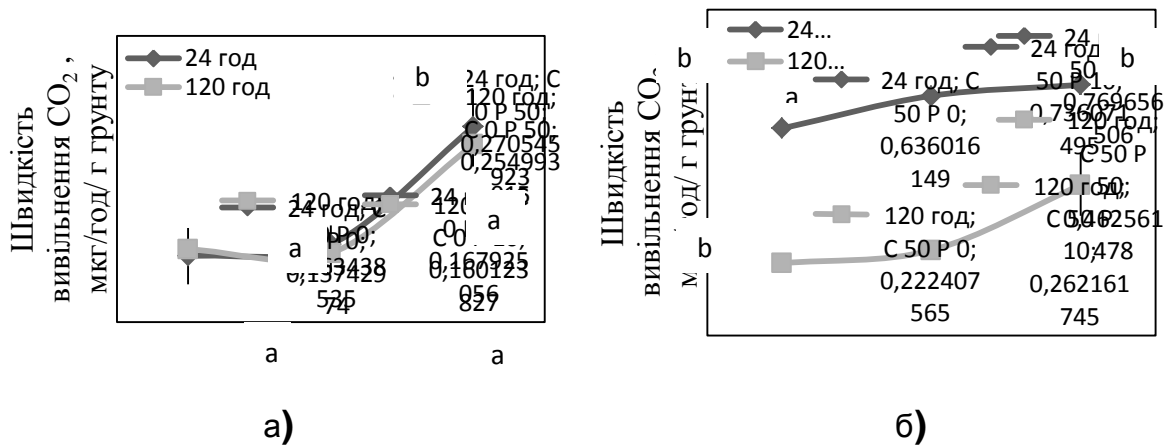


Рис. 1. Швидкість вивільнення CO<sub>2</sub> з ґрунту залежно від рівня фосфорного удобрення без внесення С (а) та із внесенням 50мкг С на 1г ґрунту (б) [5]. Планки похибок показують величину стандартної похибки для середнього значення 4 вимірювань. Символи а, б та с вказують на належність варіанта до різних гомогенних рядів тесту Фішера (LSD). Істотну різницю встановлено між варіантами з різними символами.

Тому підвищення швидкості виділення CO<sub>2</sub> з ґрунту майже в 4 рази в першу добу після внесення С50 є закономірним явищем. Водночас підтримання високої швидкості емісії CO<sub>2</sub> через 120год після внесення С50 у варіанті Р50, що в середньому на 92% вище за Р0 та Р10, може бути свідченням довготривалої активізації мікроорганізмів у разі внесення підвищених рівнів Р.

Швидкість виділення CO<sub>2</sub> має прямий вплив на загальну кількість емісії вуглекислоти з ґрунту. Тому у величинах останнього показника повторюються аналогічні тренди (рис. 2, а-б). Без активізації мікроорганізмів доступним С внесення Р10 сприяло зміні кількості виділеної CO<sub>2</sub> в межах 2%, що є свідченням відсутності практичного впливу.

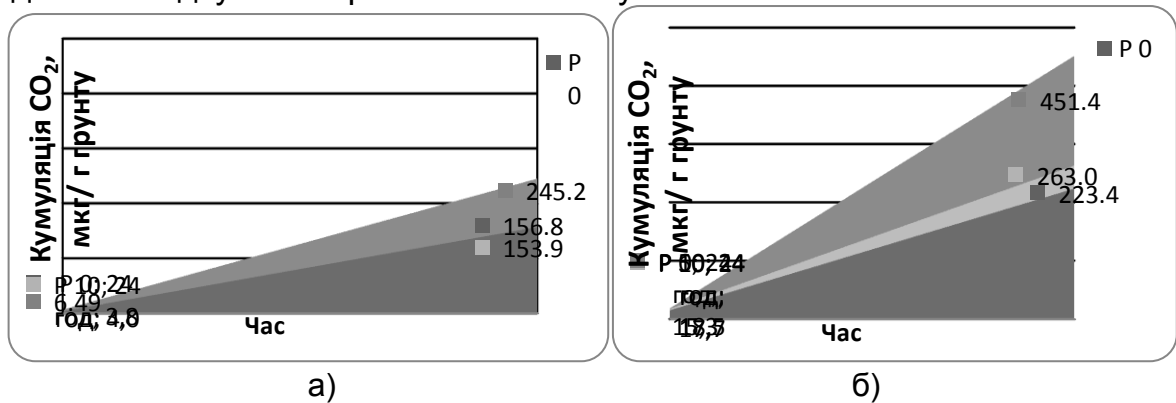


Рис. 2. Загальна кількість CO<sub>2</sub>, виділеного з ґрунту залежно від рівня фосфорного удобрення без внесення глюкози – С0 (а) та із внесенням 50мкг С на 1г ґрунту – С50 (б) протягом 24год та 120год інкубаційного експерименту

За умов активізації мікроорганізмів глюкозою внесення Р10 сприяло підвищенню кількості CO<sub>2</sub> на 18% (рис. 2б). Внесення підвищених рівнів фосфору (Р50) сприяло підвищенню емісії вуглецю протягом 120год на 56% без глюкози та 102% з її внесенням. Таким чином, у зонах з підвищеним умістом доступного вуглецю, яких зазвичай буває від 1 до 5% [8] у верхньому шарі ґрунту, емісія CO<sub>2</sub> підвищується практично в 2 рази. З

огляду на важливість цих зон для проходження мікробіологічних процесів таке підвищення не може бути сприйнято негативно.

Важливішим завданням є встановлення джерел вуглецю, які витрачаються і переходять у CO<sub>2</sub> атмосфери. Використання радіоізоотопу <sup>14</sup>C дало можливість у варіантах без глюкози «помітити» органічну речовину ґрунту, а у варіанті С50 – внесена в експерименті глюкоза. Внесення Р10 не призводило до підвищення виділення <sup>14</sup>CO<sub>2</sub> з ґрунту, а за рівня фосфору Р50 спостерігалась тенденція до збільшення. Оскільки єдиним джерелом вуглецю в цих варіантах була органічна речовина, то визначені кількості (1,26-1,80мкг/день) можна вважати величинами мінералізації.

Частка <sup>14</sup>C в CO<sub>2</sub> у відсотках знижувалась при підвищенні рівня фосфору у варіанті без внесення глюкози в обидва відбори та через 120год після внесення С50 (табл. 1).

Протягом першої доби після внесення глюкози спостерігалось збільшення частки «міченого» вуглецю у виділеному CO<sub>2</sub> зі зростанням рівня внесення фосфору. Цей феномен ймовірніше всього описує різні моделі використання карбону ґрунту в активному стані мікроорганізмів та в стані спокою. У стані спокою мікроорганізми використовують фосфор переважно для збільшення енергії, тобто підвищення концентрації АТФ в одиниці маси, а при активізації глюкозою починають інтенсивніше нарощувати мікробну біомасу. Проте збільшення фосфору до рівня Р50 за достатньої кількості вуглецю не призводить до подальшого підвищення мікробної біомаси [3]. У цілому, за результатами статистичного аналізу, встановлено значний вплив окремих факторів – часу, вуглецю у вигляді глюкози та фосфору – на швидкість та загальну емісію CO<sub>2</sub> ґрунту.

### 1. Активність <sup>14</sup>C у ґрунті та виділеному з ґрунту CO<sub>2</sub>

Варіант	Початкова активність <sup>14</sup> C в ґрунті, Бк/г ґрунту	Активність <sup>14</sup> C у CO <sub>2</sub> , Бк/г ґрунту	Частка <sup>14</sup> C в CO <sub>2</sub> , %	Емісія <sup>14</sup> CO <sub>2</sub> , мкг/г ґрунту	Активність <sup>14</sup> C у CO <sub>2</sub> , Бк/г ґрунту	Частка <sup>14</sup> C в CO <sub>2</sub> , %	Емісія <sup>14</sup> CO <sub>2</sub> , мкг/г ґрунту	Емісія <sup>14</sup> CO <sub>2</sub> , мкг/г ґрунту
		Через 24год			Через 120год			Всього за 120год
Без додавання глюкози (C0)								
P0	213,5	38,38	17,98	0,68	10,34	4,84	7,4	8,08
P10	213,5	19,8	9,27	0,37	8,43	3,95	5,9	6,29
P50	213,5	14,45	6,77	0,44	7,66	3,59	8,6	9,01
З додаванням глюкози (C50)								
P0	205,9	19,12	9,29	1,42	37,74	18,33	38,2	39,58
P10	205,9	32,70	15,88	2,81	27,55	13,38	32,8	35,64
P50	205,9	41,45	20,13	3,72	23,16	11,25	48,7	52,43

### 2. Результати дисперсійного аналізу

Фактори	SS	Ст. свободи	MS	F	p
---------	----	-------------	----	---	---

Intercept (Відрізок)	5.19314	1	5.19314	1053.43	0
Час (Т)	0.41967	1	0.41967	85.13	0
Вуглець (С)	1.047143	1	1.047143	212.413	0
Рівень фосфору (Р)	0.162133	2	0.081067	16.444	0.000014
Т * С	0.395989	1	0.395989	80.326	0
Т * Р	0.010191	2	0.005096	1.034	0.367641
С * Р	0.014792	2	0.007396	1.5	0.238813
Т * С * Р	0.013529	2	0.006764	1.372	0.268536
Похибка	0.152822	31	0.00493		

Поєднання фосфору з фактором часу та вуглецю окремо чи разом не мало статистично достовірного впливу. Проте було виявлено комплексний ефект часу та вуглецю, який ще раз засвідчує більшу роль останнього у функціонуванні екосистеми порівняно з фосфором.

**Висновок і перспективи.** Проведеним експериментом встановлено, що швидкість виділення CO<sub>2</sub> більше визначається додаванням глюкози, аніж фосфору. Через 5 діб після внесення P50 на фоні глюкози зберігається висока активність мікроорганізмів, що підтверджується підвищеною на 92% швидкістю емісії CO<sub>2</sub> порівняно з P0 та P10.

Об'єми емісії CO<sub>2</sub> з ґрунту через 120 год після внесення P50 без глюкози та з додаванням глюкози збільшуються в 1,5 та 2 рази, відповідно, порівняно із середніми значеннями при застосуванні P0 та P10. Перспективним напрямом є проведення дослідження з використанням рослин, у якому буде можливість обчислити баланс вуглецю і встановити величину ефекту від внесення фосфору на біомасу рослин, яка може поглинати надлишкові кількості CO<sub>2</sub>, спричинені його внесенням.

У стані спокою мікроорганізми реагують на внесення зростаючих рівнів фосфору зниженням частки <sup>14</sup>C в CO<sub>2</sub>, а за їхньої активізації – навпаки – частка <sup>14</sup>C в CO<sub>2</sub> підвищується. Така реакція свідчить про переважне використання внесеного фосфору для підтримання енергії в стані спокою та використання фосфору переважно для побудови нової мікробної біомаси в активному стані.

#### Список використаних джерел

1. Alef, K, Nannipieri, P. (1995). Estimation of microbial activities [Text]/ K. Alef, P. Nannipieri// In Methods in Applied Soil Microbiology and Biochemistry. – 1995. – Academic Press. – P. 193-270.
2. Bergkemper, F., Schöler, A., Engel, M., Lang, F., Krüger, J., Schloter M., Schulz, S. Phosphorus depletion in forest soils shapes bacterial communities towards phosphorus recycling systems [Text]/ F. Bergkemper, A. Schöler, M. Engel, F. Lang, J. Krüger, M. Schloter, S. Schulz// Environmental Microbiology. – 2016. – Vol. 18, Issue 6. – P. 1988–2000.
3. Bilyera, N. Effects of P and C inputs on microbial activities in P limiting bulk and rhizosphere soil [Text]/ N. Bilyera// Geophysical Research Abstracts. – 2017. - Vol. 19. – EGU2017-353.

4. Blagodatsky, S., Smith, P. Soil physics meets soil biology: Towards better mechanistic prediction of greenhouse gas emissions from soil [Text]/ S. Blagodatsky, P. Smith// *Soil Biology & Biochemistry*. – 2012. – Vol. 47 – P. 78-92.
5. Bleicher, J. Effect of N, organic and mineral acid additions on microbial CO<sub>2</sub> emissions in soils of different phosphorus levels [Text]/ J. Bleicher// Master Thesis. – 2017. – Georg-August- University of Göttingen. – 34 p.
6. Bünemann, E.K. Assessment of gross and net mineralization rates of soil organic phosphorus: A review. [Text]/ E.K. Bünemann// *Soil Biology & Biochemistry*. – 2015. – Vol. 89. – P. 82-98.
7. Dorodnikov, M., Knorr, K.-H., Kuzyakov, Y., Wilmking, M. Plant-mediated CH<sub>4</sub> transport and contribution of photosynthates to methanogenesis at a boreal mire: a <sup>14</sup>C pulse-labeling study [Text]/ M. Dorodnikov, K.-H. Knorr, Y. Kuzyakov, M. Wilmking// *Biogeosciences*. – 2011. – Vol. 8. – P. 2365–2375.
8. Kuzyakov, Y., Blagodatskaya, E. Microbial hotspots and hot moments in soil: Concept & review. [Text]/ Y. Kuzyakov, E. Blagodatskaya// *Soil Biology & Biochemistry*. – 2013. – Vol. 83. – P. 184-199.
9. Pausch, J., Kuzyakov Y. Carbon input by roots into the soil: Quantification of rhizodeposition from root to ecosystem scale [Text]/ J. Pausch, Y. Kuzyakov// *Global Change Biology*. – 2017. – Vol. 00. – P. 1–12.
10. Senapati, N., Chabbi, A., Giostri, AF., Yeluripati, J. & Smith, P. Modelling nitrous oxide emissions from mown-grass and grain-cropping systems: Testing and sensitivity analysis of DailyDayCent using high frequency measurements' [Text]/ N. Senapati, A. Chabbi, A.F. Giostri, J. Yeluripati, P. Smith// *Science of the Total Environment*. – 2016. – Vol. 572. – P. 955-977.
11. Smith, P. Soil carbon sequestration and biochar as negative emission technologies [Text]/ P. Smith// *Global Change Biology*. – 2016. – Vol. 22. – Issue 3. – P. 1315-1324.
12. WMO greenhouse gas bulletin [Text]/ *The State of Greenhouse Gases in the Atmosphere Based on Global Observations through 2009*.

### References

1. Alef, K, Nannipieri, P. (1995). Estimation of microbial activities. In *Methods in Applied Soil Microbiology and Biochemistry*, Academic Press, 193-270.
2. Bergkemper, F., Schöler, A., Engel, M., Lang, F., Krüger, J., Schloter M., Schulz, S. (2016). Phosphorus depletion in forest soils shapes bacterial communities towards phosphorus recycling systems. *Environmental Microbiology*, 18(6), 1988–2000.
3. Bilyera, N. (2017) Effects of P and C inputs on microbial activities in P limiting bulk and rhizosphere soil *Geophysical Research Abstracts* Vol. 19, EGU2017-353.
4. Blagodatsky, S., Smith, P. (2012). Soil physics meets soil biology: Towards better mechanistic prediction of greenhouse gas emissions from soil. *Soil Biology & Biochemistry*, 47, 78-92.
5. Bleicher, J. Effect of N, organic and mineral acid additions on microbial CO<sub>2</sub> emissions in soils of different phosphorus levels. Master Thesis, Georg-August-University of Göttingen, 2017. 34.
6. Bünemann, E.K. (2015). Assessment of gross and net mineralization rates of soil organic phosphorus: A review. *Soil Biology & Biochemistry*, 89, 82-98.
7. Dorodnikov, M., Knorr, K.-H., Kuzyakov, Y., Wilmking, M. (2011). Plant-mediated CH<sub>4</sub> transport and contribution of photosynthates to methanogenesis at a boreal mire: a <sup>14</sup>C pulse-labeling study. *Biogeosciences*, 8, 2365–2375.
8. Kuzyakov, Y., Blagodatskaya, E., (2013) Microbial hotspots and hot moments in soil: Concept & review. *Soil Biology & Biochemistry*, 83, 184-199.

9. Pausch, J., Kuzyakov Y. (2017). Carbon input by roots into the soil: Quantification of rhizodeposition from root to ecosystem scale. *Global Change Biology*, 1–12.

10. Senapati, N., Chabbi, A., Giostri, AF., Yeluripati, J. & Smith, P. (2016). 'Modelling nitrous oxide emissions from mown-grass and grain-cropping systems: Testing and sensitivity analysis of DailyDayCent using high frequency measurements'. *Science of the Total Environment*, 572, 955-977.

11. Smith, P. (2016). 'Soil carbon sequestration and biochar as negative emission technologies'. *Global Change Biology*, 22(3), 1315-1324.

12. WMO greenhouse gas bulletin, 2010. The State of Greenhouse Gases in the Atmosphere Based on Global Observations through 2009.

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ФОСФОРА НА СКОРОСТЬ И ЭМИССИЮ CO<sub>2</sub> ИЗ ПОЧВЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАДИОАКТИВНОГО ИЗОТОПА <sup>14</sup>C**

**Н. Н. Билера**

**Аннотация.** Глобальное потепление как одна из важнейших экологических проблем в XXI веке влияет на производство сельскохозяйственных культур и, таким образом, рассматривается как угроза продовольственной безопасности во всем мире. Изучение влияния любых факторов на отток CO<sub>2</sub> является важной современной задачей. Несмотря на многочисленные исследования по этой теме, одиночный эффект применения фосфора на производство CO<sub>2</sub> в почвах остается неясным. Данное исследование было направлено на оценку влияния повышения уровней фосфора с источником углерода и без него на скорость выделения и общую эмиссию CO<sub>2</sub>, а также на определение источников CO<sub>2</sub> при применении радиоактивного изотопа <sup>14</sup>C. Фосфор значительно влияет на скорость выделения CO<sub>2</sub> в варианте P50 на стадии покоя микроорганизмов, когда не было внесено углерод. Однако активация почвенных микроорганизмов с помощью C50 не приводила к видимому эффекту от фосфора в течение одного дня после его внесения. Общая эмиссия CO<sub>2</sub> через 120ч после добавления P50 была в 1,5 и 2 раза больше, соответственно, при отсутствии углерода и внесении C50 по сравнению со средними значениями для P0 и P10. Тем не менее необходимо провести эксперимент с растениями для определения чистой эмиссии CO<sub>2</sub> и при этом учитывать положительный эффект от применения фосфора. Возрастающие уровни фосфора приводили к снижению <sup>14</sup>CO<sub>2</sub> без углерода и имели обратный эффект в варианте C50 в течение первого дня эксперимента. Эти результаты могут быть также полезными для определения вклада фосфора как отдельного компонента в глобальную эмиссию CO<sub>2</sub>.

**Ключевые слова:** фосфорное питание, радиоизотоп <sup>14</sup>C, эмиссия CO<sub>2</sub>, микробиологическая активность.

**EFFECT OF PHOSPHORUS APPLICATION ON THE RATES AND EFFLUX OF CO<sub>2</sub> FROM SOIL: <sup>14</sup>C LABELING STUDY**

## N. Bilyera

**Abstract.** *Global Warming as one of the most important environmental challenge in the XXI century affects crop production, and, thus, is considered as a threat for food security worldwide. Studying the influence of any factors for CO<sub>2</sub> efflux is the call of the day. Despite of numerous studies on this topic, the single effect of phosphorus application on CO<sub>2</sub> production in soils was poorly understood. Current study aimed to evaluate the influence of increasing P levels with and without C source on CO<sub>2</sub> emission rates and total CO<sub>2</sub> efflux, and define the source of CO<sub>2</sub> by <sup>14</sup>C application. P application affects CO<sub>2</sub> emission rates significantly at P50 in dormant stage when no C was applied. However, activation of soil microorganisms by C50 led to no P effect within one day after application. Total CO<sub>2</sub> efflux 120-h after P50 addition was 1,5 and 2 times greater for no C and C50 treatments respectively, if compared to the mean values for P0 and P10. Nevertheless, experiment with plants should be done to determine the net CO<sub>2</sub> emission and take into account the positive effect from P application. The incremental P levels resulted in lower <sup>14</sup>CO<sub>2</sub> rates for no C treatments, and had the reverse effect at C50 during the first day of experiment. These findings may be further useful for determination the contribution of each component to the global CO<sub>2</sub> emission.*

**Keywords:** *phosphorus application, <sup>14</sup>C labeling, CO<sub>2</sub> emission, microbiological activity.*

## **ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА СТАНУ ВОДНО-БОЛОТНИХ УГІДЬ ЗАПЛАВИ Р. ІРПІНЬ: АПРОБАЦІЯ АМЕРИКАНСЬКОГО ДОСВІДУ**

**М. М. ЛАДИКА**, кандидат сільськогосподарських наук, доцент  
*Національний університет біоресурсів і природокористування  
України*

*E-mail: marina\_ladyka@i.ua*

**Анотація.** У роботі проаналізовано екологічний стан водно-болотних угідь (ВБУ) заплави р. Ірпінь. Оцінювання проведено на основі комплексу критеріїв, що охоплюють використання багатопоказникових індексів рослинності, ландшафтів, гідрології, якості води та ґрунту. Установлено, що сучасний стан цих ВБУ є добрим зі слабким відхиленням від базових характеристик. ВБУ переважно функціонують у межах природних режимів. Навколишній ландшафт мінімально фрагментований і містить переважно природні компоненти. Склад і структура рослинних угруповань незначно виходять за межі природного діапазону варіації. Є невелика кількість бур'янів і агресивних видів рослин. Наявні більшість ключових для ВБУ видів рослин. Ґрунтові властивості та гідрологічні умови змінені незначно. Крім того, є такі стрес-фактори ВБУ, як ґрунтові дороги, забудова, сліди рекреації та старих полів з оранкою або дискуванням, водовідвідні канали, глибокі ями, захоронення сміття чи відходів, випас худоби.

Результати оцінювання об'єктивно відображають реальний стан екосистеми. Апробована нами методика оцінювання екологічної цілісності водно-болотних угідь (*Ecological Integrity Assessment (EIA)*) може бути в подальшому використана для об'єктивної характеристики екологічної цілісності, функціонального стану та функціональних можливостей водно-болотних екосистем Правобережного Полісся України.

**Ключові слова:** водно-болотні угіддя, басейн, річка Ірпінь, заплава, екологічний стан, рослинність, ландшафт, вода, ґрунт, рівень підґрунтових вод, стрес-фактори.

**Актуальність.** Активне використання ресурсів водно-болотних угідь (ВБУ) призвело до їх деградації, зменшення загальної продуктивності, а в окремих випадках, і до повного зникнення. На сьогодні площа ВБУ в Україні становить близько 5,3% від загальної площі земельних ресурсів і майже 74% площі усього водного фонду [1, 6]. ВБУ виконують цілий спектр важливих функцій [1], і їх втрата спричинить ланцюжок незворотних змін у навколишньому середовищі (збіднення біорізноманіття, забруднення територій, обміління водних об'єктів тощо).

Тому питання ґрунтового вивчення екологічного стану, методів його об'єктивного оцінювання, розроблення механізмів ефективного управління і збереження ВБУ на сьогодні є актуальним.

**Аналіз попередніх досліджень та публікацій.** Активне дослідження водно-болотних екосистем в Україні фіксується з кінця 90-х рр. ХХст. після ратифікації документа про приєднання до Рамсарської конвенції. Питання класифікації ВБУ України висвітлено у працях О. В. Клімова, Д. О. Клімова, І. М. Гайдріх та ін. [2, 6], поширення – у працях Г. Б. Марушевського, І. С. Жарук, Г. В. Фесенко, А. А. Дідуха та ін. [1, 3], міжнародного співробітництва – Ю. П. Федотова, С. А. Кругликова, Ю. В. Кузьменко та ін. [4], правового забезпечення – Н. В. Фролової [7]. Також низка наукових публікацій присвячена функціонуванню окремих компонентів цих екосистем (рослинного і тваринного світу, гідрохімічних особливостей тощо). Однак питання інтегрального комплексного екологічного оцінювання ВБУ є недостатньо висвітленими.

**Мета дослідження** полягала в апробації методики оцінювання екологічної цілісності водно-болотних угідь [8] в умовах правобережного Полісся України. Завдання досліджень – оцінити сучасний екологічний стан ВБУ заплави річки Ірпінь з використанням показників ландшафтного блоку, блоку рослинності, гідрологічних умов, фізико-хімічних властивостей води і стану ґрунтового покриву та їх коригування в разі наявності відповідних стрес-факторів.

**Матеріали і методи дослідження.** Аналізували екологічний стан ВБУ шляхом *польового експедиційного дослідження* кількісних і якісних показників рослинного покриву, ландшафтних умов, гідрологічних особливостей, водного та ґрунтового середовищ і *аналізу картографічних матеріалів* на предмет фрагментації ландшафту та кількісної оцінки його складових елементів (за допомогою програмного середовища Google Earth Pro). Подальша інтерпретація отриманих результатів проводилася з урахуванням наявних стрес-факторів за методикою оцінювання екологічної цілісності водно-болотних угідь (Ecological Integrity Assessment (EIA) [8].

Ця методика ґрунтується на оцінюванні загального екологічного стану ВБУ з акцентом на їхню біологічну цілісність. Вона основана на трирівневій ієрархічній структурі. На найвищому рівні виділяють п'ять основних категорій. Надалі у кожній категорії визначають одну або декілька ключових екологічних особливостей ВБУ, які є невід'ємними частинами і які можливо контролювати. Для кожної з ключових екологічних особливостей вибирають один чи декілька окремих показників для подальшого вимірювання у польових умовах [8].

Зокрема, використовуючи багатопоказникові індекси, аналізують комплекс критеріїв: рослинність, ландшафт, гідрологію, якість води та ґрунту. Отримані узагальнені результати класифікують за чотирирівневою шкалою (відмінно, добре, задовільно, погано) та на їхній основі характеризують екологічну цілісність, функціональний стан і функціональні можливості досліджених екосистем.

**Результати дослідження та їх обговорення.** Дослідження екологічного стану ВБУ заплави р. Ірпінь проводили в околицях с. Федорівка Фастівського р-ну Київської обл.

Згідно з Географічною енциклопедією України [5] річка Ірпінь протікає в межах Житомирської та Київської областей (Правобережне Полісся). Є правою притокою Дніпра. Довжина 162км, площа басейну 3340км<sup>2</sup>. Долина у

верхів'ї вузька, V-подібна, на решті території – широка, трапецієподібна. Заплава – лучно-чагарникова.

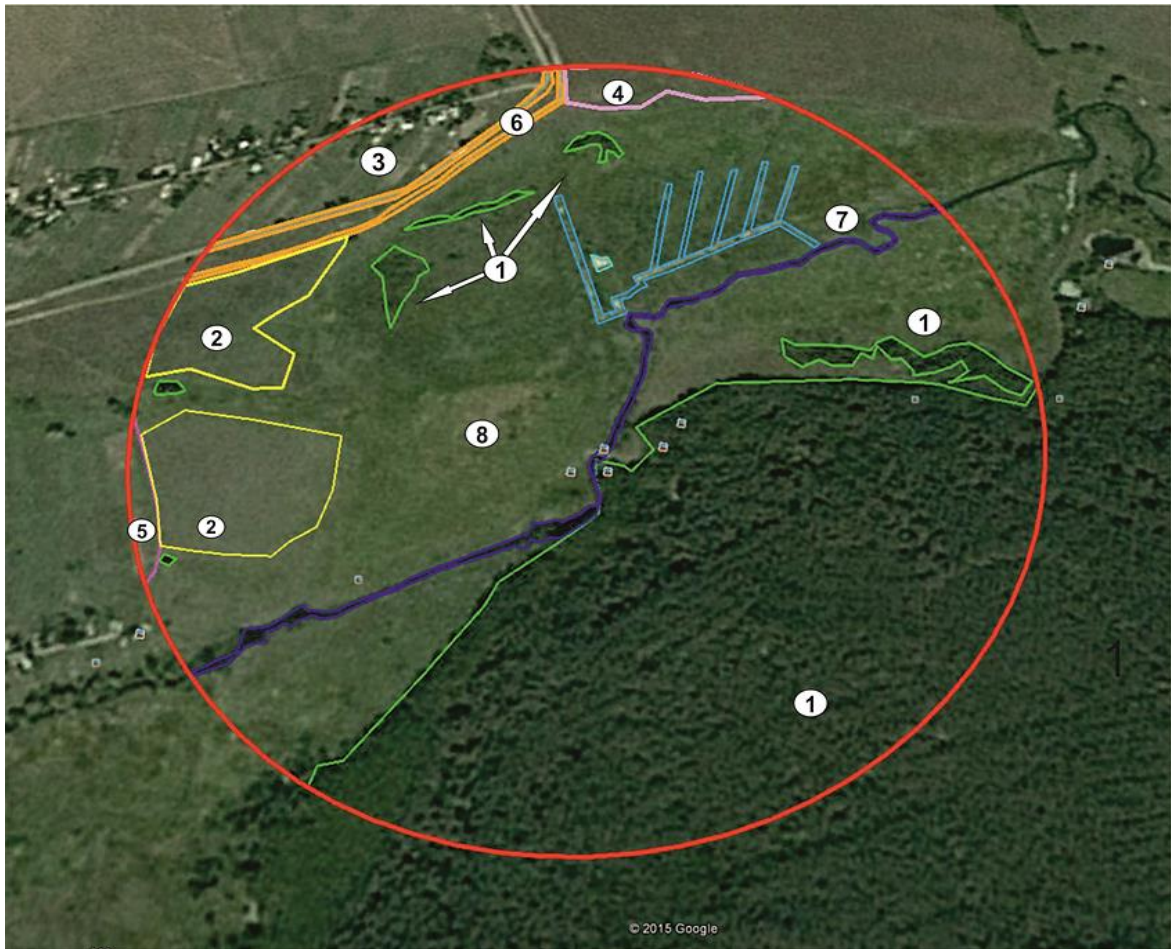
Відповідно до методичних рекомендацій [8] при вивченні ландшафтних умов ми аналізували безпосередньо ландшафт (його фрагментацію, безперервність прибережних коридорів) і буферні зони (стан, ширину та протяжність (безперервність) буфера). При дослідженні стану рослинного покриву – видовий склад (аборигенні види рослин, шкідливі (бур'яни) й агресивні місцеві види) та структуру рослинності (види, характерні для певної ділянки, грубі і тонкі деревні залишки, наявність підстилки). У категорії «Стан гідрології» розглядали гідрологічні особливості – джерела водного живлення, зміни в гідроперіоді, гідрологічні зв'язки. У категорії «Фізико-хімічний склад» – якість води (каламутність, забруднення, ріст водоростей) і характеристики ґрунтового покриву (материнська порода, порушення ґрунтового покриву). Також визначали відносний і фактичний розмір водно-болотних екосистем.

Нами класифіковано ВБУ в межах території досліджень. Відповідно до наявних екологічно орієнтованих класифікаційних систем [9] вона належить до річкової зі стійким рослинним покривом, вологолюбними кущами й насиченим вологою ґрунтовим профілем.

Важливим етапом при дослідженні ВБУ є оцінювання стану ландшафту. За вимогами Рамсарської конвенції, територія насамперед має бути придатною для гніздування й кормової бази водоплавних птахів. Переважно це території глинистих круч, піщано-мулистих пляжів, очеретяно-болотних заростів, чагарники тощо. Крім того, заплавні ландшафти представляють значне різноманіття умов і типів середовища існування для земноводних, на яких значною мірою впливає антропогенна діяльність людини [4].

Ключовим параметром аналізу стану ландшафту є оцінювання його фрагментованості. За допомогою ресурсу Google Earth Pro проаналізовано космічні знімки дослідної ділянки. Для цього обрано площу, обмежену колом радіусом 40м, виокремлено складові елементи ландшафтного комплексу та прораховано їх метричні показники (рис. 1).

Загальна оцінювана площа (обмежена колом) становила 78,29га, з них: ліс – 25,51га (32,58%), чагарники – 1,38га (1,76%), річка з меліоративними каналами – 1,66га (2,12%), селітебні території – 3,39га (4,33%), дорога – 0,78га (1,00%), поля – 1,03га (1,32%), городи – 0,41га (0,52%), сінокоси і пасовища – 5,19га (6,63%), перезволожені та заболочені луки – 38,94га (49,74%). Частка антропогенних ландшафтів становить 10,80га, або 13,8%, а природних – 67,49га, або 86,2%, що відповідає нефрагментованим природним ландшафтам. Згідно з рейтинговою оцінкою це – «добре» (В).



**Рис. 1. Фрагментація ландшафту досліджуваної території заплави р. Ірпінь (включно з буферною зоною) у с. Федорівка, Фастівський р-н., Київська обл. Умовні позначення: 1 – ліс та групи кущів, 2 – сінокоси та пасовища, 3 – селітебні території, 4 – рілля, 5 – городи, 6 – дорога, 7 - річка та меліоративні канали, 8 – луки (вологі).**

Безпечним функціонування водно-болотних екосистем буде тільки за умови наявності буферних зон, які є сполучною ланкою з іншими сусідніми природними системами. Такі коридори дають можливість вільного та безпечного переміщення представників місцевої дикої фауни.

Ширину буфера оцінювали шляхом додавання до радіуса оцінюваної території 200м. Аналіз потужності буфера виявив помірне порушення ґрунту, відсутність або наявність незначної кількості сміття, малу інтенсивність відвідування людьми. За цими критеріями ділянка з буфером отримує оцінку «відмінно» (А).

Для вивчення протяжності (безперервності) буфера досліджують структуру земельного покриву в прибережному коридорі 500м вгору і 500м вниз за течією. Прибережним коридором вважають ширину природної геоморфологічної заплави. Для цього визначають відсоток антропогенних, небуферних зон у коридорі. Цей показник становить 13,53% (6,44га) і оцінюються як «добре» (В).

Ширина заплави р. Ірпінь коливається в межах від 250 до 600м, а ширина русла – від 5 до 11м. Тому за показником ширини буфера – «відмінно» (А).

Стан рослинності ВБУ аналізували за такими показниками: наявність природних, шкідливих (бур'янів) і агресивних видів, наявність великих і малих уламків дерев, накопичення підстилки, горизонтальне чергування.

Рослинність ВБУ тісно пов'язана з особливостями водного режиму території. Флора цієї ділянки характеризується такими видами, як осока болотна (*Carex heleonastes*), валеріана лікарська (*Valeriana officinalis* L.), кропива дводомна (*Urtica dioica* L.), очерет звичайний (*Phragmites cumunis*), верба кущова (*Salix* L.), підмаренник чіпкий (*Galium aparine* L.), дикий кінський щавель (*Rumex confertus*), суріпиця звичайна (*Barbarea vulgaris* R. Br.), очеретянка звичайна (*Phalaroides arundinacea*), персікарія перцева (*Persicaria hydropiper*), вербозілля лучне (*Lysimachia nummularia*), вербозілля звичайне (*L. vulgaris*), глечики жовті (*Nuphar lutea*), кушир занурений (*Ceratophyllum demersum*) та інші. Вони характерні для ВБУ.

Проективне вкриття рослинністю заплавної території р. Ірпінь становить 87%. Частка природних видів флори, характерних для зони Полісся, становить 97%. Ці показники відповідали значенню «добре» (В).

У структурі рослинного покриву заплави виділено також і шкідливі види (бур'яни). Трапляються молочай кипарисовий (*Euphorbia cyparissias*), полин гіркий (*Artemisia absinthium*), мильнянка лікарська (*Saponaria officinalis*), льонок звичайний (*Linaria vulgaris*), волошка розлога (*Centaurea diffusa* Lam.), пирій повзучий (*Elytrigia repens*), триреберник непахучий (*Matricaria perforata*), перстач (*Potentilla recta*), дивина ведмеже вухо (*Verbascum thapsus* L.), берізка польова (*Convolvulus arvensis*). Вони наявні в невеликій кількості і займають менше ніж 3% абсолютного покриву. За цим показником стан оцінюється як «добрий» (В).

До агресивних видів відносять: рогіз вузьколистий (*Typha angustifolia* L.), очеретянку звичайну (*Phalaroides arundinacea* (*Phalaris*) *arundinacea*), очерет звичайний (*Phragmites australis*). Вони активно розвиваються і домінують на ділянках із сприятливими умовами. У межах експериментальної ділянки їх було менше ніж 10%. За цих умов рейтингова оцінка – «відмінно» (А).

Також територію обстежено на наявність великої та малої порослі дерев і кущів та їхніх залишків (гілки, корчі). Відмічено їхню незначну кількість. Цей параметр оцінено як «задовільний» (С).

Невід'ємною частиною різних функцій ВБУ є накопичення органічного матеріалу та незмінного шару підстилки. Так, трав'яний і листяний опад у ВБУ заплавної частини р. Ірпінь наявний у помірній кількості, що відповідає оцінці «дуже добре» (АВ). Горизонтальне чергування рослинності – «добре» (В).

При оцінюванні стану гідрологічних умов вивчають такі три показники: джерела води, гідроперіод і гідрологічний зв'язок. Для водно-болотних екосистем заплави р. Ірпінь характерні природні джерела поповнення водного балансу: опади та підґрунтові води. Тому цей показник відповідає значенню «відмінно» (А).

Показник гідроперіоду характеризує частоту, терміни, протяжність і тривалість затоплення або вологонасичення водно-болотного угіддя протягом типового року. На дослідній ділянці ці показники дещо відрізняються від природних умов. Це спричинено наявністю таких стресорів, як невеликі канали або виямки, меліоративні канали. Рейтингове значення – «добре» (В). За

показником гідрозв'язку територія ВБУ в басейні р. Ірпінь оцінюється як «відмінно» (А), адже паводкова вода має необмежений доступ до прилеглих районів без дамб та інших перешкод руху води.

Однією з найважливіших функцій ВБУ є їхня здатність покращувати якість води, фільтруючи поживні речовини, осад та інші забруднювачі. Цей метод дає змогу оцінити якість води за допомогою двох показників: каламутність поверхневих вод і наявність забруднювачів та заростання водоростями. За візуальною оцінкою вода має природній колір із жовтуватим відтінком, який характеризує наявність розчинених органічних речовин у воді. Є завислі речовини. За цим показником ВБУ набуває рейтингового значення «добре» (В).

Наявність значної кількості водоростей може характеризувати погіршення якості води. Створення щільного шару з водоростей перешкоджає проникненню світла в нижні шари водної товщі, внаслідок чого відбувається зменшення рівня розчиненого кисню у воді. Дослідження водної екосистеми р. Ірпінь показало, що лише на невеликих ділянках є їхні значні зарості. Вода при цьому набуває зеленуватого відтінку або помутніння. Цей показник оцінюється як «добре» (В).

Ступінь антропогенного впливу на ґрунтовий покрив оцінюють за такими показниками: накопичення мулу, рекреаційна діяльність людини, рух пішоходів або моторизованих транспортних засобів, переміщення худоби (корів) тощо. Такий вплив на експериментальній ділянці у заплаві був мінімальним. Ущільнення або осідання ґрунтової товщі відбулося в результаті людської діяльності. Глибина порушення обмежується кількома сантиметрами та, ймовірно, відновиться протягом декількох років. Це відповідає оцінці «добре» (В).

Крім основних критеріїв і параметрів протокол методу передбачає збір даних про стресові фактори в межах кожної з основних категорій (крім розміру). Чек-лист стресорів дає змогу оцінити, якими стресорами можна керувати для потенційного поліпшення стану ВБУ. Для їх оцінювання застосовують 5-бальну шкалу градації [8].

Стресовими факторами ландшафту є ґрунтові дороги, забудова, зміна рослинності, вибіркові рубки або вирубування дерев, помірний випас або об'їдання молодих пагонів худобою або дикими копитними, сліди відпочинку або відвідування людиною, наявність ознак старих полів та інших перелогових земель. Усереднений вплив цих стрес-факторів виявляється на 10,6% (або 1,4 бала).

До стресових факторів рослинного покриву досліджуваних ВБУ належать ґрунтові дороги, трансформація видового складу рослинності, помірний випас та об'їдання молодих пагонів худобою або дикими копитними, заготівля сіна на природних луках, сліди старих полів та інших перелогових земель. Згідно з нашим аналізом на цій території їх 10,2% (1,4 бала).

До стресових гідрологічних факторів у межах даної території, а також вище та нижче за течією належать водовідвідні канали, канали, які переміщують воду з водно-болотних угідь, перешкоди для потоку води у водно-болотні угіддя або з них, глибокі ями, в яких накопичується вода,

стоки з населених пунктів. За нашими розрахунками, гідрологічні стрес-фактори вплив на цю екосистему на 1,8-2%, що оцінюється в 1 бал.

Стрес-факторами водного та ґрунтового середовища на нашій експериментальній ділянці є історична оранка або дискування, захоронення сміття чи відходів, ущільнення і порушення ґрунту худобою або дикими копитними, людською діяльністю (стежки). Усереднений їх прояв – 10,7% (1,5 бала).

У підсумку проведено комплексний аналіз усіх вказаних стрес-факторів і визначено їхнє спільне середньозважене значення для ВБУ заплави – 8,25%, що відповідає малому (або незначному) впливу на ландшафт або оцінювану територію.

Показник відносного розміру ВБУ передбачає історичний аналіз антропогенного втручання у природні екосистеми. Осушувана територія в межах експериментальної ділянки становить близько 20% від загальної площі (13-15га), що відповідає значенню «добре» (В).

Абсолютний розмір являє собою фактичний розмір ВБУ з погляду його функціональних і охоронних перспектив. У досліджуваному випадку це вологі луки з чагарниковою рослинністю, які займають площу 40,32га (51,5%), тому потрапляють у межі значення «відмінно» (А).

Результати рейтингових оцінок усіх проаналізованих категорій зведено в таблицю 1. У підсумковому розрахунку враховано коригуючі коефіцієнти наявних стрес-факторів відповідно до їхніх категорій.

Відповідно до розрахунків усереднений показник усіх блоків становить 4,0, що відповідає категорії «В». Екологічний стан характеризується як добрий із слабким відхиленням від базових характеристик. Водно-болотні угіддя переважно функціонують у межах природних режимів. Навколишній ландшафт мінімально фрагментований і містить здебільшого природні компоненти. Склад і структура рослинних угруповань незначно виходять за межі природного діапазону варіації. Є невелика кількість бур'янів і агресивних видів рослин. Наявні більшість ключових для ВБУ видів рослин. Ґрунтові властивості та гідрологічні умови змінені незначно. Менеджмент цих екосистем має бути зосереджений на запобіганні подальшим змінам.

### 1. Узагальнена оцінка показників якості ВБУ в заплаві р. Ірпінь

Категорія	Оцінка			Категорія середньозважена			Екологічн а цілісність	
	Категорія	Результат	Вага	Категорія	Результат	Вага	Категорія	Результат
<b>Стан ландшафту</b>								
Фрагментація ландшафту	В	4	0,4	В	4,0	0,2		
Протяжність буфера	В	4						
Ширина буфера	А	5	0,6					

Стан буфера	A	5				
<b>Стан рослинності</b>				C	3,8	0,4
Присутність природних видів	B	4	0,2			
Присутність шкідливих видів (бур'янів)	B	4	0,2			
Присутність агресивних видів	A	5				
Великі та малі деревні уламки	C	3	0,05			
Накопичення підстилки	AB	5	0,05			
Горизонтальне чергування	B	4	0,1			
<b>Стан гідрології</b>				A	4,6	0,3
Джерело води	A	5	0,2			
Зміни в гідроперіоді	B	4	0,6			
Гідрологічний зв'язок	A	5	0,2			
<b>Фізико-хімічний стан</b>				C	3,6	0,1
Якість води	B	4	0,25			
Ріст водоростей	B	4	0,25			
Порушення ґрунту	B	4	0,5			
<b>Розмір</b>				--	--	--
Відносний розмір	B	4				
Абсолютний розмір	A	5	--			
<b>Узагальнена оцінка</b>					<b>B</b>	<b>4,0</b>

**Висновки і перспективи.** Результати оцінювання загального екологічного стану ВБУ на основі комплексу критеріїв, що охоплюють використання багатопоказникових індексів рослинності, ландшафтів, гідрології, якості води та ґрунту об'єктивно відображають реальний стан екосистеми. Апробована нами методика оцінювання екологічної цілісності водно-болотних угідь (Ecological Integrity Assessment (EIA) може бути в подальшому використана для об'єктивної характеристики екологічного і функціонального стану та функціональних можливостей водно-болотних екосистем Правобережного Полісся України.

#### **Список використаних джерел**

1. Водно-болотні угіддя України. Довідник / Під ред. Марушевського Г. Б., Жарук І. С. – К.: Чорноморська програма Ветландс Інтернешнл, 2006. – 312 с.
2. Клімов О.В., Клімов Д.О., Гайдріх І.М. Водно-болотні угіддя та класифікація екологічних систем України / О.В. Клімов, Д.О. Клімов, І.М. Гайдріх // Проблеми охорони навколишнього природного середовища та екологічної безпеки. – 2014. – Вип. 36. – С. 67-82. – Режим доступу: [http://irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis\\_nbuv/.../Ропр\\_2014\\_36\\_8.pdf](http://irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/.../Ропр_2014_36_8.pdf).

3. Мальцев В.І., Зуб Л.М., Карпова Г.О., Костюшин В.А., Титар В.М., Мішта А.В., Некрасова О.Д. Водно-болотні угіддя Дніпровського екологічного коридору. – К.: Недержавна наукова установа Інститут екології ІНЕКО, Карадазький природний заповідник НАН України, 2010. – 142 с.
4. Трансграничные водно-болотные угодья России и Украины в долинах рек Десна и Снов / Под ред. Ю.П. Федотова. – Брянск, 2010. – 84 с.
5. Ірпінь (річка). Матеріал з Вікіпедії – вільної енциклопедії. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [//uk.wikipedia.org/wiki/](http://uk.wikipedia.org/wiki/) (дата звернення 15.10.2017). – (Назва з екрана).
6. Фролова Н. В. Поняття водно-болотних угідь та їх класифікація // Актуальні проблеми держави і права. – 2010. – Вип. 52. – С. 227-234. – Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/apdp\\_2010\\_52\\_39](http://nbuv.gov.ua/UJRN/apdp_2010_52_39).
7. Фролова Н.В. Правова охорона водно-болотних угідь від антропогенного впливу// Актуальні проблеми держави і права, 2009. – с. 272-276. – Режим доступу: <http://www.apdp.in.ua/v46/47.pdf>.
8. Joanna Lemly, Laurie Gilligan. Ecological Integrity Assesment (EIA) for Colorado Wetlands Field Manual, Version 1.0 – REVIEW DRAFT, 2013. – 92 p.
9. Methods for Evaluating Wetland Condition: Wetlands Classification. Office of Water, U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC., 2002. – EPA-822-R-02-017. – 36 p. [https://www.epa.gov/sites/production/files/documents/wetlands\\_7classification.pdf](https://www.epa.gov/sites/production/files/documents/wetlands_7classification.pdf).
10. Scott Frazie. Ramsar Sites Overview. A Synopsis of the World's Wetlands of International Importance. – Wageningen: Wetlands International, 1999. – 42 p.

### References

1. Marushevs'ky H. B., Zharuk I. S. (pid red.) (2006). Vodno-bolotni uhidyya Ukrayiny. Dovidnyk [Wetlands of Ukraine. Handbook]. Kyiv, 312.
2. Klimov O.V., Klimov D.O., Haydrikh I.M. (2014). Vodno-bolotni uhidyya ta klasyfikatsiya ekolohichnykh system Ukrayiny [Wetlands and classification of ecological systems in Ukraine]. Problems of environmental protection and ecological safety, 36, 67-82. Available at: [http://irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis\\_nbuv/.../Ponp\\_2014\\_36\\_8.pdf](http://irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/.../Ponp_2014_36_8.pdf).
3. Mal'tsev V.I., Zub L.M., Karpova H.O., Kostyushyn V.A., Tytar V.M., Mishta A.V., Nekrasova O.D. (2010). Vodno-bolotni uhidyya Dniprovsk'oho ekolohichnoho korydoru [Wetlands of the Dnipro Ecological Corridor]. Kyiv: Non-governmental scientific institution INECO Institute of Ecology, Karadag Nature Reserve of the National Academy of Sciences of Ukraine, 142.
4. Yu.P. Fedotov (pid red) (2010). Transkordonna vodno-bolotni uhidyya Rosiyi ta Ukrayiny v dolynakh richok Desna i Snov [Transboundary wetlands of Russia and Ukraine in the valleys of the Desna and Snov rivers]. Bryansk, 84.
5. Trubizh Wikipedia, the free encyclopedia (reference date 15.10.2017) [Electronic resource]. - Access mode: [//uk.wikipedia.org/wiki/](http://uk.wikipedia.org/wiki/) (reference date 15.10.2017). - (Name from the screen).
6. Frolova H. V. (2010) Ponyattya vodno-bolotnykh uhid' ta yikh klasyfikatsiya [Concepts of wetlands and their classification]. Actual problems of state and law. 52, 227-234. - Available at: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/apdp\\_2010\\_52\\_39](http://nbuv.gov.ua/UJRN/apdp_2010_52_39).
7. Frolova N.V. (2009). Pravova okhorona vodno-bolotnykh uhid' vid antropohennoho vplyvu [Legal protection of wetlands from anthropogenic impact]. Actual problems of state and law. 46, 272-276. – Available at: <http://www.apdp.in.ua/v46/47.pdf>.
8. Joanna Lemly, Laurie Gilligan (2013). Ecological Integrity Assesment (EIA) for Colorado Wetlands Field Manual, Version 1.0 – REVIEW DRAFT, 92. Available at:

[http://www.cnhp.colostate.edu/download/documents/2013/2013\\_Colorado\\_EIA\\_Field\\_Manual\\_-\\_Verion\\_1.0\\_REVIEW\\_DRAFT.pdf](http://www.cnhp.colostate.edu/download/documents/2013/2013_Colorado_EIA_Field_Manual_-_Verion_1.0_REVIEW_DRAFT.pdf).

9. Methods for Evaluating Wetland Condition: Wetlands Classification. Office of Water (2002). U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC., EPA-822-R-02-017, 36. Available at: [https://www.epa.gov/sites/production/files/documents/wetlands\\_7classification.pdf](https://www.epa.gov/sites/production/files/documents/wetlands_7classification.pdf)

10. Scott Frazie (1999). Ramsar Sites Overview. A Synopsis of the World's Wetlands of International Importance. Wageningen: Wetlands International, 42.

## **ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ВОДНО-БОЛОТНЫХ УГОДИЙ ПОЙМЫ Р. ИРПЕНЬ: АПРОБАЦИЯ АМЕРИКАНСКОГО ОПЫТА**

**М. Н. Ладыка**

**Аннотация.** В работе проанализировано экологическое состояние водно-болотных угодий (ВБУ) поймы р. Ирпень. Оценка проведена на основе комплекса критериев, охватывающих использование большого количества индексов растительности, ландшафтов, гидрологии, качества воды и почвы. Установлено, что современное состояние этих ВБУ является хорошим со слабым отклонением от базовых характеристик. ВБУ преимущественно функционируют в пределах естественных режимов. Окружающий ландшафт минимально фрагментирован и содержит в основном природные компоненты. Состав и структура растительных группировок незначительно выходят за пределы естественного диапазона вариации. Есть небольшое количество сорняков и агрессивных видов растений. Присутствует большинство ключевых для ВБУ видов растений. Свойства почвы и гидрологические условия изменены незначительно. Кроме этого, присутствуют такие стресс-факторы ВБУ, как полевые дороги, наличие застройки, выпас скота, следы рекреации и старых полей со следами вспашки или дискования, водоотводные каналы, глубокие ямы, захоронения мусора или отходов.

Результаты оценки объективно отражают реальное состояние экосистемы. Апробированная нами методика оценки экологической целостности водно-болотных угодий (*Ecological Integrity Assessment (EIA)*), может быть в дальнейшем использована для объективной характеристики экологического и функционального состояния и функциональных возможностей водно-болотных экосистем Правобережного Полесья Украины.

**Ключевые слова:** водно-болотные угодья, бассейн, река Ирпень, пойма, экологическое состояние, растительность, ландшафт, вода, почва, уровень грунтовых вод, стресс-факторы.

## **ENVIRONMENTAL EVALUATION OF THE MODERN CONDITION OF WETLANDS OF IRPIN' RIVER FLOODPLAIN: APPROBATION OF AMERICAN EXPERIENCE**

**M. Ladyka**

**Abstract.** *In the article the ecological state of the wetlands of Irpin' River floodplain was analyzed. The assessment is based on a complex of criteria with use a large quantity of indexes of vegetation, landscape, hydrology, water quality and soil quality. It has been established that the current state of these wetlands is good with a weak deviation from the basic characteristics. Predominantly, wetlands are functioning within the limits of natural regimes. The surrounding landscape is minimally fragmented and contains mostly natural components. The composition and structure of plant groupings are slightly beyond the natural range of variation. There are a small number of weeds and aggressive plant species. There are many key species for wetland species. Soil properties and hydrological conditions were changed not significantly. Besides, there are stress factors in wetlands such as: unpaved roads, buildings grazing, places of recreation or human visitation, recent old fields with plowing or disking, drainage channels, deep pits, dumping garbage or waste.*

*The results of the assessment are objectively reflecting the actual state of this ecosystem. The Ecological Integrity Assessment (EIA), which we have tested, can be used for the objective characterization of the ecological integrity, functional state and functional capabilities of the wetland ecosystems of the Right Bank Forest Zone of Ukraine.*

**Keywords:** *wetlands, Irpin' river basin, floodplain, ecological status, vegetation, landscape, water, soil, groundwater level, stress factors.*

**© ЕНДОУТВОРЮЮЧІ БАКТЕРІЇ *BACILLUS THURINGIENSIS* VAR. *THURINGIENSIS* ЯК ОСНОВА МІКРОБНИХ ПРЕПАРАТІВ ШИРОКОГО СПЕКТРА ДІЇ**

**М. В. БОЙКО**, аспірант кафедри екобіотехнології та біорізноманіття  
**М. В. ПАТИКА**, доктор сільськогосподарських наук, професор,  
член-кореспондент НААН, завідувач кафедри екобіотехнології  
та біорізноманіття

**Національний університет біоресурсів і природокористування  
України**

*E-mail:* maryaulina@gmail.com

**Анотація.** Висвітлено аспекти застосування мікробних препаратів на основі *Bacillus thuringiensis* для захисту рослин від шкочинних організмів. Ефективність дії штаму *Bacillus thuringiensis* 87/3 доведено в лабораторних і польових умовах з використанням біотесту *Leptinotarsa decemlineata* Say. (личинки молодшого віку, L<sub>1-2</sub>), а також фітопатогенних мікроміцетів роду *Venturia* ssp. Установлено високу технологічність штаму *B. thuringiensis* №87/3 має типр метаболічного спорокристалічного комплексу від 3,6 до 4,8 млрд. в 1мл культуральної рідини), ентомоцидність (99,4%) і антифунгальну дію, яка виявляється у зменшенні кількості уражених збудником парші рослин яблуні в 1,5-2 рази порівняно із контрольним варіантом. Широкий спектр дії ендотоксичних бактерій *Bt* демонструє перспективність їх використання для фітозахисту.

**Ключові слова:** *B. thuringiensis* var. *thuringiensis*, біоконтроль, фітозахисна дія, ентомоцидна активність.

**Актуальність.** При розробленні систем інтегрованого захисту рослин, що забезпечують високий вихід екологічно чистої сільськогосподарської продукції, особлива увага приділяється методам біологічного контролю чисельності комах. *Bacillus thuringiensis* (*Bt*) успішно використовується як біопестицид понад 60 років.

Біопрепарати на основі цієї бактерії характеризуються високою вибірковою інсектицидною дією та екологічною безпечністю. *B. thuringiensis* під час споруляції продукує параспоральний кристалічний білок δ-ендотоксин, що специфічно зв'язується з афінним до нього білком, який міститься на поверхні апікальних мембран епітеліальних клітин кишківника комах. Ця властивість і зумовила широке використання *B. thuringiensis* як основи ентомопатогенних препаратів для альтернативи синтетичним хімічним інсектицидам [1]. Дослідження біологічного різноманіття та фітозахисних властивостей природних штамів *Bt* розширяють і поглиблюють знання щодо технології використання цих бактерій як агентів біопрепаратів широкого спектра дії.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** На сьогодні накопичено певний досвід ефективного використання ентомопатогенних бактерій *Bacillus thuringiensis* (*Bt*) з потенціалом ентомоцидної й антагоністичної активності відносно широкого кола комах-шкідників та фітопатогенних мікроорганізмів за рахунок синтезу метаболітів різної природи. Численні скринінгові дослідження з виділення активних ентомопатогенних штамів *Bacillus thuringiensis* різних природних джерел показали їхнє високе біологічне різноманіття, диференціацію за інсектицидною активністю та токсигенністю продукованих білків, метаболітів [2]. Т. Г. Юдіна припустила, що спільність ентомоцидної й антимікробної дії полягає в утворенні іонних каналів у мембранах епітеліальних клітин комах і цитоплазматичних мембранах мікробних клітин [3]. У роботах Л. К. Каменек зі співавторами продемонстровано вплив дельта-ендотоксинів *B. thuringiensis* на фітопатогенні бактерії та гриби [4]. Нещодавно вперше показано, що інсектицидний штам *B. thuringiensis* C25 ефективно контролює збудника хвороби шовковиці *Ciboria shiraiana* [5]. Низку робіт присвячено рїстостимулюючій активності, яку виявляють *B. thuringiensis*, переважно при обробці рослин дельта-ендотоксином [4, 6]. Подальші дослідження поліфункціональних властивостей нових штамів *Bt* є актуальними для розширення можливостей ефективного використання біоагентів у практиці рослинництва.

**Мета дослідження** – оцінити нові штами бактерій *B. thuringiensis* як потенційної основи біопрепаратів широкого спектра дії.

**Матеріали і методи дослідження.** Дослідження проводились на базі Національного університету біоресурсів і природокористування України, кафедри екобіотехнології та біорізноманіття; Інституту сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва НААН України, м. Чернігів; Інституту садівництва НААН України, лабораторії фізіології рослин і мікробіології.

У роботі використано новий відселектований *in vitro* штам ентомопатогенних бактерій *B. thuringiensis* var. *thuringiensis* (*Bt* Н<sub>1</sub>) №87/3, виділений із личинок природних популяцій листогризухих комах *Leptinotarsa decemlineata* Say. старшого віку (L<sub>4</sub>) у природно-кліматичній зоні Чернігівського Полісся. Після аналітичної селекції цей штам зберігається в робочій колекції непатогенних мікроорганізмів кафедри екобіотехнології та біорізноманіття НУБіП.

Отримання чистих культур, визначення морфолого-культуральних властивостей, приготування послідовних розведень мікробних суспензій, культивування на рідких та агаризованих поживних середовищах проводили згідно із загальноприйнятими в мікробіології та біотехнології методами [7, 8].

Для культивування використовували універсальні поживні середовища: м'ясо-пептонний бульйон (МПБ), середовище Лурія – Бертані (LB), а також оптимізоване середовище на основі капустияного гідролізату, які створюють відповідні вибіркові умови для розвитку специфічно адаптованих культур *Bt*.

Культивування проводили в колбах Ерленмейєра на біотехнологічній качалці з термоплатформою (220об./хв, температура +30°С) упродовж 48-72 год. Об'єм середовища 50мл, кількість інокулюму – не менше ніж 4,0% від об'єму середовища. Титр колонієутворювальних одиниць – не менше ніж

3,6млрд/мл культуральної рідини, який визначали шляхом глибинного посіву в агаризоване середовище, а також за допомогою камери Горяєва.

Морфологію бактеріальних клітин вивчали мікроскопіюванням фіксованих препаратів, фарбованих основним фуксином Циля [8], а також за диференційованою методикою забарвлення В. Смирнова [7]. Мікроскопію проводили з використанням імерсії на світловому мікроскопі *Axio Scope* з фотофіксацією (збільшення 100), без імерсії на мікроскопі *Polivar* (збільшення 40). Біотехнологічні особливості культивування штамів *Bt* визначали в площині продуктивності аксенічних культур, характеру та швидкості утворення ентомоцидних метаболітів (споро-кристалічного комплексу) [1].

У лабораторно-польових дослідах ефективність штаму *Bt* Н<sub>1</sub> №87/3 визначали на біотесті *Leptinotarsa decemlineata* Say. L<sub>1-2</sub>. Польові досліди проводили за такою схемою: контроль – без обробки; контроль – хімічний інсектицид, варіант – оброблення рослин культуральною рідиною *B. thuringiensis* 87/3 (розведення 1:1). Досліди закладались на картопляних полях дослідного господарства Інституту сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва НААН України. Загальна площа дослідної ділянки 0,06га. У досліді використано картоплю сорту Ред Леді. Обробку виконували ручним помповим оприскувачем Marolex profession 12, витрата робочої рідини 300л/га. Облік чисельності різних фаз шкідника проводили на модельних площадках по 30 кущів у кожній у чотириразових повторях. Ефективність препаратів враховували за кількістю загиблих личинок на 3-ю, 5-у, 7-у і 10-у добу досліді.

Кількість загиблих особин у досліді обчислювали за формулою Аббота [9]:

$$A = \frac{M_0 - M_k}{100 - M_k} \times 100$$

де

A – ентомоцидна активність, (%);

M<sub>0</sub> – відсоток загиблих особин у досліді;

M<sub>k</sub> – відсоток загиблих особин у контролі. Загибель у контролі не повинна перевищувати 15,0%.

Антагоністичну дію бактеріальних штамів *Bt* щодо фітопатогенних мікроміцетів роду *Venturia* ssp. визначали в польових дослідженнях на базі Інституту садівництва НААН України позакореневою обробкою дерев яблуні. Сад закладений у 2001 році на підщепі 54-118. Схема посадки дерев 5×3, система утримання ґрунту в міжряддях – природне задерніння. Для досліді брали сорти різних груп достигання, а саме: літній сорт Дельбарестіваль, осінній – Слава Переможцям та зимовий – Вільмута. Польові досліди проводили за такою схемою: контроль – обприскування дерев водою; варіанти – оброблення рослин *Bacillus thuringiensis* №87/3; *B. subtilis*; *B. pumilis*. Для обробки дерев застосовували культуральну рідину досліджуваних бактерій з розрахунку 20л/га. Витрата робочої рідини 1000л/га.

Статистичне оброблення експериментальних даних проводили за допомогою пакета програм MS Excel.

**Результати дослідження та їх обговорення.** У лабораторно-польових умовах досліджено ефективність застосування штаму *Bacillus thuringiensis* 87/3 щодо личинок колорадського жука молодшого віку (табл. 1).

**1. Ефективність штамів *Bacillus thuringiensis* на личинок колорадського жука L<sub>1-2</sub> (модельний дрібноділянковий дослід, 2017 рік)**

Варіанти дослідів	Загибель личинок за добою обліку, %			
	3	5	7	10
Контроль (без обробки)	0	0	0	1,1±0,02
Хімічний інсектицид	37,4±0,02	70,4±0,11	84,2±0,04	89,9±0,08
<i>B. thuringiensis</i> 87/3	34,3±0,02	69,3±0,09	95,6±0,7	99,4±0,6

Робочу суспензію готували безпосередньо перед обробленням. У перші дні після обробки процес зниження чисельності личинок шкідника відбувався повільно, але при цьому рослини не пошкоджувались, що зумовлено антифідантним ефектом. У наступні дні дослідів відбувалося порушення метаморфозу і загибель особин наступної фази розвитку. Результати польових досліджень свідчать про високу біологічну ефективність дії штаму *Bt* 87/3 щодо личинок колорадського жука – 99,4%.

За результатами попередніх модельних досліджень встановлено, що досліджувані біоагенти-продуценти *Bt* мають високу антагоністичну активність щодо фітопатогенних мікроміцетів роду *Venturia ssp.* [10]. Лабораторні дослідів показали, що під впливом споро-кристалічного комплексу штаму *B. thuringiensis* 87/3 відбуваються значні зміни морфогенезу тест-культури в усіх варіантах, а саме: з'являються характерні зони лізису, міняються щільність, товщина та напрямок росту міцелію, а також ступінь інгібування проростання конідій у межах 86,0-93,0%. У контролі (без внесення бактеріальних метаболітів культури *B. thuringiensis*) середній діаметр мікроміцету на 10-у добу становив 2,1см порівняно з дослідними варіантами, у яких зафіксовано ріст міцелію не більше ніж 0,4-0,7см [10].

За результатами польових досліджень встановлено, що позакоренева обробка дерев яблуні різних термінів досягання розчином із використанням бактерій *Bacillus thuringiensis* сприяла зменшенню кількості уражених паршею листків яблуні в 1,5-2 рази порівняно із контрольним варіантом. В оброблених варіантах відсоток ураження був менше ніж 40%, тоді як у контролі – від 55% (рослини сорту Слава Переможцям) до 70% (сорт Вільмута). Аналогічну закономірність спостерігали і при позакореновому використанні *Bacillus pumilis*, за винятком сорту Дельбарестіваль – відсоток ураження листків був на рівні контролю. Зазначено, що позакореневе використання робочого розчину, приготованого з культурою бактерій *Bacillus subtilis* не мало впливу на зміну кількості уражених паршею листків яблуні досліджуваних сортів.

Отже, встановлено, що оброблення рослин яблуні суспензією на основі *Bacillus thuringiensis* 87/3, значно зменшувала кількість уражених паршею листків порівняно з контролем.

**Висновки і перспективи.** Проведені дослідження дали змогу оцінити ефективність дії штаму *B. thuringiensis* №87/3 щодо личинок колорадського жука, а також фітопатогенів *Venturia ssp.*, що розширює можливості його використання. Показано, що культура штаму *B. thuringiensis* №87/3 має високий потенціал технологічності (титр метаболітного споро-кристалічного комплексу становить від 3,6 до 4,8 млрд/мл культуральної рідини), ентомоцидності (99,4%) та антифунгальної дії, яка виявляється у зменшенні кількості уражених паршею листків яблуні в 1,5-2 рази порівняно з контрольним варіантом.

Таким чином, поліфункціональність штаму *Bt* 87/3 демонструє перспективи ефективного його використання для фітозахисту.

#### Список використаних джерел

1. Кандыбин Н.В. Микробиоконтроль численности насекомых и его доминанта *Bacillus thuringiensis*. /Н.В Кандыбин, Т.И.Патыка, В.П. Ермолова, В.Ф. Патыка Монография. – СПб, Пушкин: Научное издание «Инновационный центр защиты растений», 2009. – 252 с.
2. Bravo A., Gomez I., Porta H. et al. Evolution of *Bacillus thuringiensis* Cry toxins insecticidal activity // *Microbial Biotechnol.* 2013. Vol. 6. P. 17-26.
3. Юдина Т.Г. Антимикробная активность и экологическая роль белковых включений бактерий – представителей родов *Bacillus*, *Xenorhabdus*, *Photorhabdus*: дис...д-ра биол. наук в форме научного доклада. М., 2006. 81 с.
4. Каменек Л.К., Каменек Д.В., Тюльпинева А. А., Терпиловский М.А. Действие дельта-эндотоксина *Bacillus thuringiensis* в отношении фитопатогенных грибов родов *Phytophthora* и *Fusarium* // *Биотехнология.* 2008. №5. С. 76-83.
5. Sultana R., Kim K. *Bacillus thuringiensis* C25 suppresses popcorn disease caused by *Ciboria shiraiana* in mulberry (*Morus australis* L.) // *Biocontr. Sci. Technol.* 2016. Vol. 26(2). P. 145-162.
6. Коробов Я.А., Каменек Д.В., Каменек Л.К. Ростостимулирующий эффект дельта-эндотоксина в отношении ювенильных растений перца стручкового // *Вестник Алтайского ГАУ.* 2014. №11(121). С.14-19.
7. Методические рекомендации по выделению и идентификации бактерий рода *Bacillus* из организма человека и животных /под ред. В. В. Смирнова. – К., 1983. – 50 с.
8. Smirnoff W. A. A straining method for differentiating spores, crystals and cells of *Bacillus thuringiensis* // *W. A. Smirnoff* // *Insect. Pathol.* – 1962. – P. 384-386.
9. Abbot W. A method of computing the effectiveness of an insecticide // *W. Abbot* // *J. Econ. Entomol.* –1925. –18.– P. 265-267.
10. Біотехнологічна поліфункціональність метаболітного споро-кристалічного комплексу та особливості культивування *Bacillus thuringiensis*/ Т.І. Патики, М.В. Бойко, М.В. Патики // *Мікробіол. журнал.* -2017. - Т. 79, №2.- С. 77-84.

#### References

1. Kandyibin NV. Microbiological control of insect's quantity and its dominant *Bacillus thuringiensis*. Moscow SPb Pushkin: Innovatsionnyiy tsentr zaschityi rasteniy, 2009. 252 p.
2. Bravo A, Gomez I, Porta H et al. Evolution of *Bacillus thuringiensis* Cry toxins insecticidal activity. *Microbial Biotechnol.* 2013; (6):17-26.
3. Yudina TG. Antimikrobnaya aktivnost i ekologicheskaya rol belkovyih vklyucheniye bakteriy – predstaviteley rodov *Bacillus*, *Xenorhabdus*, *Photorhabdus*: dis...d-ra biol. nauk v forme nauchnogo doklada. Moscow, 2006. 81 p.

4. Kamenek, L.K., Tyulpineva, A.A., Terpilovskiy, M.A. (2008). Deystvie delta-endotoksina *Bacillus thuringiensis* v otnoshenii fitopatogennyih gribov rodov *Phytophthora* i *Fusarium*. *Biotechnologiya*, (5), 76-83.

5. Sultana R, Kim K. *Bacillus thuringiensis* C25 suppresses popcorn disease caused by *Ciboria shiraiana* in mulberry (*Morus australis* L.). *Biocontr. Sci. Technol.* 2016. 26(2):145-162.

6. Korobov Ya.A, Kamenek L.K. (2014). Rostostimuliruyuschiy effekt delta-endotoksina v otnoshenii yuvenilnyih rasteniy pertsy struchkovogo. *Vestnik Altayskogo GAU.* 121(11):14-19.

7. Smirnov VV. Metodicheskie rekomendatsii po vyideleniyu i identifikatsii bakteriy roda *Bacillus* iz organizma cheloveka i zhivotnyih. 1983:50 p.

8. Smirnoff VA. A straining method for differentiating spores, crystals and cells of *Bacillus thuringiensis*. *Insect. Pathol.* 1962:384–386.

9. Abbot W, A method of computing the effectiveness of an insecticide. *J. Econ. Entomol.* 1925;18: 265-267.

10. Patyka T.I, Boiko M.V, Patyka M.V. (2017). Biotekhnologichna polifunktsionalnist metabolitnoho sporo-krystalichnoho kompleksu ta osoblyvosti kulytvuvannia *Bacillus thuringiensis*. *Mikrobiol. zhurnal.* 79(2):77-84.

## **ЭНДООБРАЗУЮЩИЕ БАКТЕРИИ *BACILLUS THURINGIENSIS* VAR. *THURINGIENSIS* КАК ОСНОВА МИКРОБНЫХ ПРЕПАРАТОВ ШИРОКОГО СПЕКТРА ДЕЙСТВИЯ**

**М. В. Бойко, М. В. Патыка**

**Аннотация.** Освещены аспекты применения микробных препаратов на основе *Bacillus thuringiensis* для защиты растений от вредоносных организмов. Эффективность действия штамма *Bacillus thuringiensis* 87/3 доказана в лабораторных и полевых условиях с использованием биотеста *Leptinotarsa decemlineata* Say. (личинки младшего возраста, L<sub>1-2</sub>), а также фитопатогенных микромицетов рода *Venturia* ssp. Установлена высокая технологичность штамма *B. thuringiensis* №87/3 имеет тип метаболического споро-кристаллического комплекса от 3,6 до 4,8 млрд в 1мл культуральной жидкости), энтомоцидность (99,4%) и антифунгальное действие, которое проявляется в уменьшении количества пораженных возбудителем парши растений яблони в 1,5-2 раза по сравнению с контрольным вариантом. Широкий спектр действия эндообразующих бактерий *Bt* демонстрирует перспективность их использования для фитозащиты.

**Ключевые слова:** *B. thuringiensis* var. *thuringiensis*, биоконтроль, фитозащитное действие, энтомоцидная активность.

## **ENDO-FORMING BACTERIA *BACILLUS THURINGIENSIS* VAR. *THURINGIENSIS* AS A BASIS OF MICROBIAL PREPARATIONS OF A WIDE SPECTRUM OF ACTION**

**M. Boiko, M. Patyka**

**Abstract.** The aspects of using microbial preparations based on *Bacillus thuringiensis* for the plants protection against harmful organisms was discussed. The

efficacy of the *Bacillus thuringiensis* 87/3 strain was demonstrated in laboratory and field conditions using *Leptinotarsa decemlineata* Say. (larvae of younger age, L<sub>1-2</sub>), as well as phytopathogenic micromycetes *Venturia* ssp. It has been established the high adaptability of t *B. thuringiensis* 87/3 strain (the titre of the metabolic spore-crystalline complex is from 3.6 to 4.8 billion/ml.), entomocidal (99.4%) and antifungal effect, which is shown in reduction of the diseased plants number by the apple scab causative in 1,5-2 times, in comparison with the control variant. A wide range action of endo-forming bacteria *Bt* demonstrates the prospects of their use for phytoprotection.

**Keywords:** *B. thuringiensis* var. *thuringiensis*, biocontrol, phytoprotective action, entomocidal activity.

## ПАТОГЕННІ ВЛАСТИВОСТІ ҐРУНТОВИХ ГРИБІВ – ЗБУДНИКІВ КОРЕНЕВИХ ГНИЛЕЙ ПШЕНИЦІ

**Л. О. КРЮЧКОВА**, доктор біологічних наук,  
професор кафедри фітопатології ім. акад. В. Ф. Пересипкіна  
**Національний університет біоресурсів і природокористування  
України**  
E-mail: lkriuchkova@nubip.edu.ua

**Анотація.** Селекція сортів пшениці, стійких до кореневих хвороб, залишається проблематичною через обмеженість інформації про склад популяцій збудників та характер їх взаємодії з рослиною-хазяїном.

Метою роботи було дослідити, як виявляється патогенність грибів *Bipolaris sorokiniana*, *Fusarium spp.* та *Oculimacula spp.* – збудників, відповідно, звичайної кореневої гнилі, фузаріозної кореневої гнилі та церкоспорельозу – при ураженні ними проростків пшениці. Дослідження проводили на штучних інфекційних фонах з використання культур грибів *B. sorokiniana*, *F. oxysporum*, *F. culmorum*, *O. aciformis* та *O. yallundae*. Установлено, що ізоляти *B. sorokiniana*, *F. culmorum* та *F. oxysporum* відрізняють за патогенністю, про що свідчив різний рівень ураженості проростків. При штучному зараженні проростків пшениці ізолятами *O. aciformis* та *O. yallundae* на ступінь ураженості більше впливали властивості сорту. Результати наших досліджень також свідчать про можливість диференційованої взаємодії сорт – ізолят у патосистемі пшениця – *B. sorokiniana*.

Отже, для кожної із хвороб пшениці, які спричиняються ґрунтовими патогенами, характерна специфічна взаємодія з рослиною-хазяїном, що необхідно враховувати при селекції сортів, стійких до хвороб.

**Ключові слова:** *Fusarium spp.*, *Bipolaris sorokiniana*, *Oculimacula spp.*, патогенність, озима пшениця, стійкість сортів.

**Актуальність.** Останніми десятиліттями в патогенному комплексі зернових культур відбулися суттєві зміни. Якщо раніше основну небезпеку являли собою бура іржа, борошниста роса, сажка, збудниками яких є біотрофи, то в 2000-2010-і роки в посівах пшениці переважають септоріози, гельмінтоспоріози, фузаріоз колосу та кореневі гнилі [3, 5], які спричиняються гемібіотрофами з переважно некротрофним типом живлення. Для таких хвороб основним симптомом є некроз, тому діагностика таких хвороб ускладнена. Гальмує розроблення ефективних заходів захисту, зокрема селекцію стійких сортів, і обмеженість інформації щодо патогенних властивостей збудників цих хвороб.

При оцінюванні стійкості сортів сільськогосподарських культур до хвороб, збудниками яких є біотрофи, зазвичай враховується вірулентність домінуючих рас у популяції збудника [8, 10]. Проте склад популяцій

збудників з некротрофним типом живлення часто залишається поза увагою. Очевидно, саме через це успіхи селекції стійких до цих хвороб сортів незначні. Тому є необхідність у вивченні популяцій таких патогенів. Важливо також знати, як відбувається взаємодія цих збудників з рослинами-хазяїнами, чи узгоджується вона з принципами теорії Флора «ген-на-ген» [2], чи це зовсім інший тип взаємодії.

**Метою роботи** було на прикладі трьох грибних хвороб озимої пшениці – гельмінтоспоріозної (звичайної) кореневої гнилі, фузаріозної кореневої гнилі та церкоспорельозу – дослідити характер взаємодії сорт – ізолят, установити, наскільки значущою є ця взаємодія для кожної з патосистем, та з'ясувати, чи є принципові відмінності між збудниками хвороб у вияві їхньої патогенності.

**Методи дослідження.** Ізоляцію та ідентифікацію грибів *Bipolaris sorokiniana*, *Fusarium culmorum*, *F. oxysporum*, *Oculimacula yallundae* та *O. aciformis* – збудників корневих і прикорневих хвороб пшениці проводили згідно з описаними раніше методиками [4]. Ізоляти зберігаються в колекції мікроорганізмів кафедри фітопатології ім. В. Ф. Пересипкіна Національного університету біоресурсів і природокористування України.

Перед зараженням культури грибів вирощували у чашках Петрі на картопляно-глюкозному агарі протягом 14 (*B. sorokiniana* та *Fusarium* spp.) та 21 діб (*O. yallundae* та *O. aciformis*).

Зараження насіння пшениці збудниками корневих гнилей (*B. sorokiniana* та *Fusarium* spp.) проводили так: стерильний пісок насипали (на 3/4 від об'єму) у невеликі пластикові посудини з отворами на дні, дещо меншими за кристали піску, але достатніми для того, щоб вода надходила крізь них знизу вгору. Агарові диски, колонізовані збудником, вирізали в чашках Петрі за діаметром посудини й поміщали на пісок реверсом доверху. Рівномірно на поверхні агарового диска поміщали насіння пшениці так, щоб кожен зародок містився на рівні колонії гриба. Зверху присипали стерильним піском і ставили у кювету з водою.

При зараженні збудниками прикорневих гнилей (*Oculimacula* spp.) насіння спочатку пророщували у стерильному піску (наповненість посудини 3/4 від об'єму), а потім навколо колеоптиля 10-денного проростка пшениці розміщали колонізовані агарові блоки так, щоб вони торкалися колеоптиля. Зверху присипали стерильним піском (1/4) і ставили в кювету з водою.

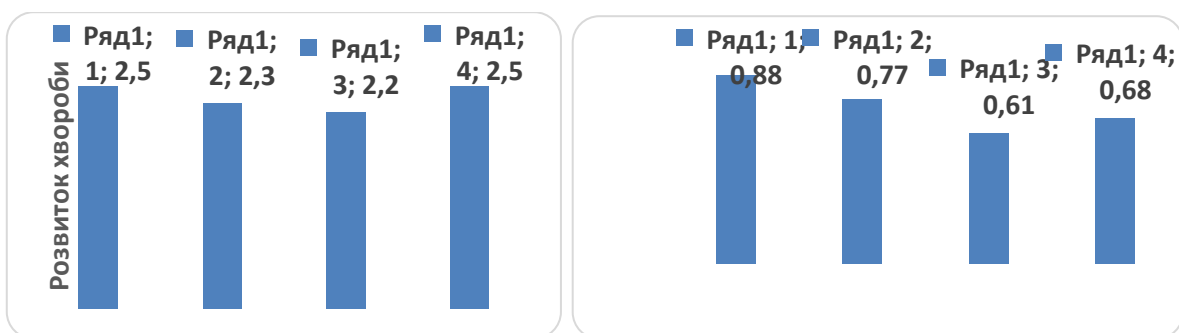
Тривалість зараження залежала від виду збудника. Так, для зараження церкоспорельозом рослини вирощували протягом чотирьох (дослід 1) та шести тижнів (дослід 2); для зараження збудниками фузаріозу та гельмінтоспоріозу достатньо було 4-5 тижнів. Для обліків хвороб проростків використовували 4-5-бальні шкали [4].

Статистичне оброблення одержаних даних проводили з використанням комп'ютерних програм Statsgraphics і Costat.

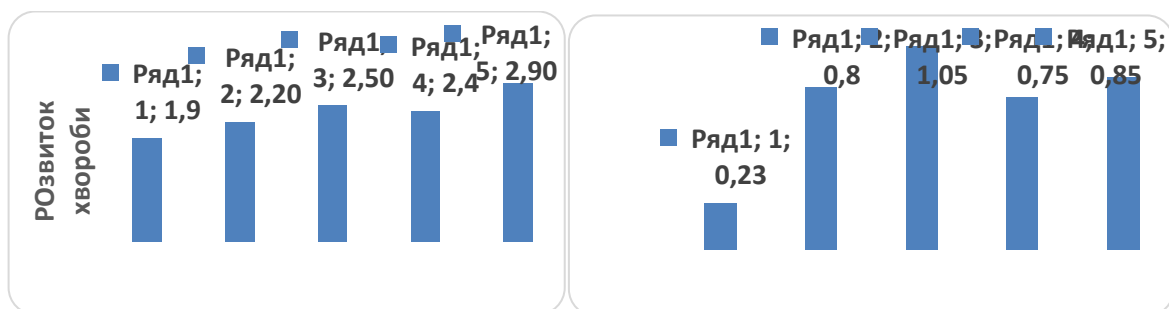
**Результати дослідження та їх обговорення.** Серед збудників хвороб зернових культур гриб *B. sorokiniana* (телеоморфа *Cochliobolus sativus*) посідає особливе місце. Незважаючи на те, що цей патоген уражує всі органи рослини (зерно, корені та листки, спричиняючи, відповідно, «чорний зародок», звичайну кореневу гниль і темно-буру плямистість), досі він мало привертав увагу селекціонерів. Тому для захисту від нього

переважно рекомендують застосовувати хімічні препарати – фунгіциди. Водночас створення стійких до хвороби сортів як пшениці, так і ячменю, дало б змогу суттєво знизити пестицидне навантаження на навколишнє середовище, зважаючи на значні площі посіву цих культур. Досі залишається нез'ясованим питання, чи є ця хвороба системною, оскільки уражуються всі органи, чи ураження відбувається локально. Невідомо також, чи відрізняються ізоляти за вірулентністю, чи за патогенністю. Зокрема, О. Ю. Акулов вважає, що в межах популяцій *B. sorokiniana* існують два типи ізолятів, серед яких одні більше уражують корені, а другі – насіння [1]. Т. О. Рожкова [6] ж вважає, що популяції гриба складаються з різних за вірулентністю рас.

У результаті проведених нами досліджень на штучних інфекційних фонах встановлено, що сорти пшениці української селекції (Альбатрос одеський, Українка одеська, Скиф'янка та Юна) майже не відрізняються за стійкістю (рис. 1), але спостерігається відмінність між ізолятами за патогенністю (рис. 2).



**Рис. 1. Розвиток (бал, 0-4) звичайної кореневої гнилі на коренях (ліворуч) і проростках (праворуч) озимої пшениці різних сортів при штучному зараженні. Сорти: 1 – Альбатрос одеський, 2 – Українка одеська, 3 - Скиф'янка, 4 - Юна ( $HIP_{05}=0,46$ ).**



**Рис. 2. Розвиток (бал, 0-4) звичайної кореневої гнилі на коренях (ліворуч) і проростках (праворуч) озимої пшениці при зараженні різними ізолятами (№№ 1, 2, 3, 4, 5) *Bipolaris sorokiniana* ( $HIP_{05} = 0,48$ )**

Результати статистичного аналізу отриманих даних підтвердили високу значимість фактора «ізолят» у даній патосистемі. Установлено також значущість фактора «взаємодії сорт – ізолят», що збігається з даними про можливе існування вірулентності у цього гриба [6].

Не менш важливу, ніж збудники гельмінтоспоріозу, групу фітопатогенів на зернових культурах становлять гриби роду *Fusarium*. Вони також

уражують як корені, так і зерно, спричиняючи, відповідно, кореневу гниль і фузаріоз колоса пшениці, ячменю та інших зернових культур, при цьому головну увагу привертаючи як збудники фузаріозу колоса, оскільки зерно, уражене такими грибами, може бути небезпечним при вживанні в їжу через можливе забруднення його мікотоксинами. Розроблення ефективних заходів захисту від хвороби ускладнене, зокрема, і через те, що популяції складаються з різних видів, а в межах видів – із штамів різної патогенності.

Більшість дослідників вважають, що гриби роду *Fusarium* відрізняються за агресивністю, а взаємодія «ген-на-ген» їм не притаманна. Водночас у науковій літературі окремі ізоляти описано як раси, хоча поняття «раса» в цьому випадку вживається для характеристики ізоляту за походженням, а не за його вірулентністю [7, 9].

У результаті проведених нами досліджень встановлено, що окремі сорти озимої пшениці вітчизняної селекції (Колумбія) характеризуються відносною стійкістю до хвороби (рис. 3), проте більшість сортів є сприйнятливими.

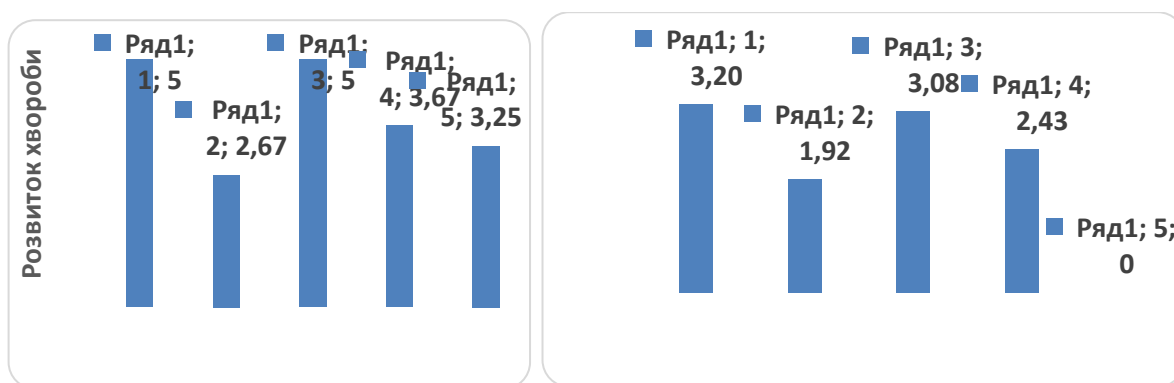


Рис. 3. Розвиток (бал, 0- 5) фузаріозної кореневої гнилі на коренях (ліворуч) і проростках (праворуч) озимої пшениці різних сортів при штучному зараженні *Fusarium culmorum*. Сорти: 1 – Київська 8, 2 – Колумбія, 3 – Циганка, 4 – Ятрань 60, 5 – Експромт ( $HIP_{05}=0,90$ ).

Види *Fusarium* (*F. culmorum*, *F. oxysporum*) характеризуються неоднаковою патогенністю на пшениці, а в межах виду *Fusarium oxysporum* існують як низькопатогенні, так і високопатогенні ізоляти (рис. 4).

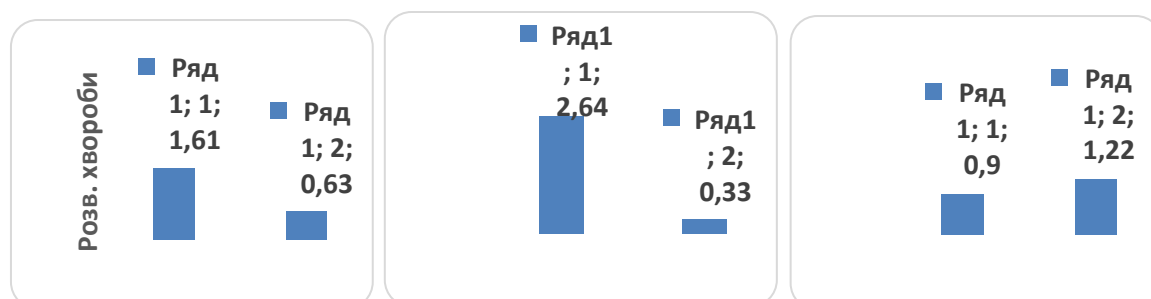


Рис. 4. Розвиток (бал, 0-5) фузаріозної кореневої гнилі на проростках (ліворуч) і коренях (посередині, праворуч) озимої пшениці при зараженні різними ізолятами *Fusarium*. Ізоляти: 1 – *F. culmorum*, 2 ліворуч, по центру – *F. oxysporum* 5/02, праворуч - *F. oxysporum* 12/02 ( $HIP_{05}=1,22$ ).

Результати статистичного аналізу свідчать про відсутність значущості фактора взаємодії сорт – ізолят у цій патосистемі, а отже, і диференційованої взаємодії «ген-на-ген».

Церкоспорельоз також є досить поширеною хворобою зернових культур в Україні. Починаючи з 70-х років через свою високу шкідливість неодноразово привертала увагу як фітопатологів, так і селекціонерів. Відносно стійкими до хвороби серед вітчизняних сортів пшениці є сорти Деметра [5]. Результати наших досліджень також свідчать про вищу порівняно з іншими сортами стійкість цього сорту до ураження збудником. Іншим відносно стійким сортом є Колумбія (рис. 5). Інші сорти стійкості до хвороби не виявляли.

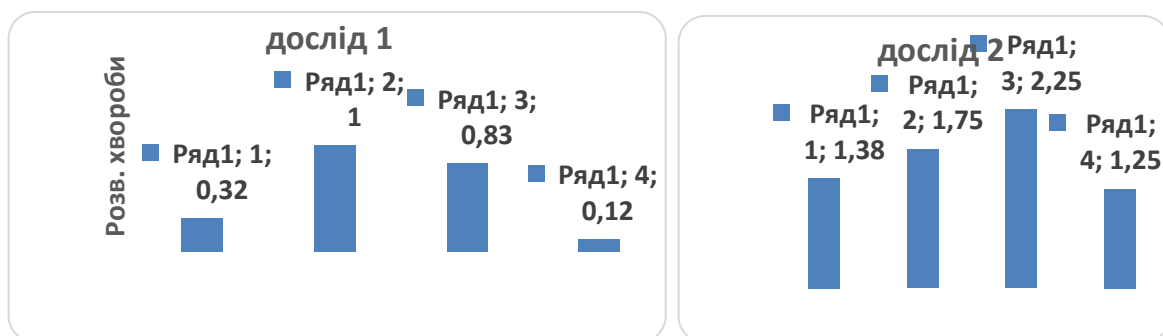


Рис. 5. Розвиток церкоспорельозу (бал, 0-4) на проростках озимої пшениці різних сортів при штучному зараженні ізолятом *O. yallundae*.

Сорти: 1 – Колумбія, 2 – Ятрань 60, 3 – Крижинка, 4 – Деметра ( $HP_{05}=0,39$ ).

За рівнем патогенності не спостерігалось різниці ні між ізолятами *O. yallundae*, ні між видами *O. yallundae* і *O. aciformis* (рис. 6).

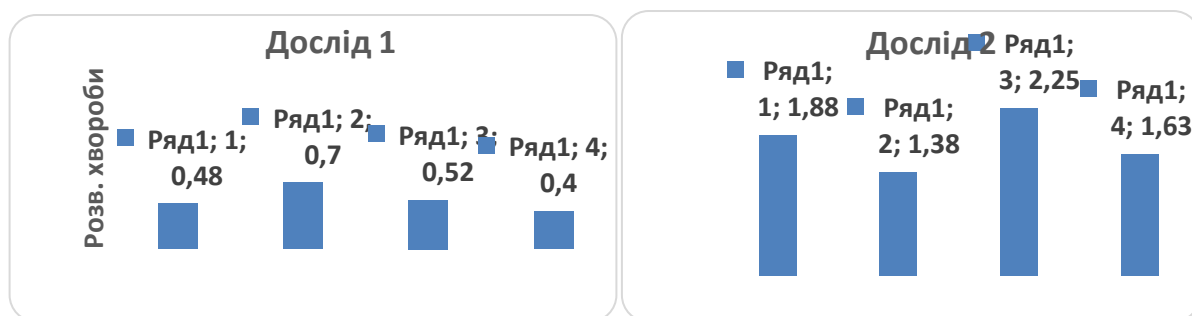


Рис. 6. Розвиток церкоспорельозу (бал, 0-4) на проростках озимої пшениці при штучному зараженні різними ізолятами *Oculimacula* spp. Ізоляти:

1 – 5/1 *O. yallundae*, 2 – 5/2 *O. yallundae*, 3 – 22 *O. yallundae*, 4 – 23 *O. aciformis* ( $HP_{05}=0,40$ ).

**Висновки та перспективи.** Отже, в результаті проведених нами досліджень встановлено, що патогенність ізолятів може суттєво варіювати в межах окремих видів. Так, ізоляти грибів *B. sorokiniana* та *Fusarium* spp. суттєво відрізняються за патогенністю, про що свідчив різний рівень ураженості проростків пшениці при штучному зараженні цими фітопатогенами.

На ступінь ураженості проростків збудником церкоспорельозу – грибом *O. yallundae* більшою мірою впливали властивості сорту. Серед вітчизняних сортів найвищою стійкістю характеризуються сорти Деметра і Колумбія.

Результати досліджень свідчать про існування диференційованої взаємодії сорт – ізолят у патосистемі пшениця – *B. sorokiniana*, що дає підстави для визначення вірулентності в ізолятах цього гриба.

Отже, при селекції сортів пшениці, стійких до хвороб кореневої системи та прикореневої частини стебла, необхідно не лише враховувати, які ізоляти домінують у тому чи іншому регіоні, а й використовувати їх при створенні штучних інфекційних фонів. Для цієї групи фітопатогенів не менш важливою є інформація про характер взаємодії між рослиною та патогеном, тому лише з урахуванням її специфіки можна планувати селекційні програми зі створення стійких сортів.

#### Список використаних джерел

1. Акулов О.Ю. Біологічні особливості *Bipolaris sorokiniana* (Sacc. in Sorokin) Shoemaker і діагностика збудників кореневої гнилі та чорного зародку ярого ячменю [Текст]: автореф. дис. ... канд. біол. наук: 06.01.11/ О.Ю. Акулов – НАУ. – К., 2007 – 21 с.
2. Дьяков Ю.Т. Пятьдесят лет теории «ген – на – ген» [Текст]/ Ю.Т. Дьяков // Успехи современной биологии. – 1996. – 116 (3). – С.293 – 305.
3. Ковалишина Г.М. Стійкість сортів пшениці озимої проти хвороб [Текст]/ Г.М. Ковалишина // Захист і карантин рослин. – 2014. – Вип.60. – С.151-158.
4. Крючкова Л.О. Кореневі та прикореневі хвороби пшениці [Текст] / Л.О. Крючкова. – К.: НУБіП України, 2016. – 164 с.
5. Лісовий М.П. Характеристика колекційного матеріалу пшениці озимої за стійкістю проти хвороб [Текст] / М.П. Лісовий, Г.М. Лісова, О.Г. Афанасьєва, І.А. Бойко, З.М. Довгаль // Захист і карантин рослин. – 2013. – Вип.59. – С.176-184.
6. Рожкова Т.О. Структура популяцій збудників темно-бурої та сітчастої плямистостей листя ячменю ярого у північно-східному Лісостепу та пошук джерел стійкості [Текст]: автореф. дис. ... канд. біол. наук: 06.01.11/Т.О. Рожкова – НАУ. - Київ, 2005 – 17 с.
7. Alves-Santos F.M. Pathogenicity and race characterization of *Fusarium oxysporum* f.sp. *phaseoli* isolates from Spain and Greece [Text] / F.M. Alves-Santos, L. Cordeiro-Rodrigues, J.M. Sayagues, R. Martin-Dominguez, P. Garcia-Benavides, M.C. Crespo, J.M. Diaz-Minguez, A.P. Eslava // Plant Pathology. – 2002. – 51. – P.605 – 611.
8. Dangl J.L. Pivoting the Plant Immune System from Dissection to Deployment [Text] / J.L. Dangl, D.M. Horvath, B.J. Staskawicz // Science. - 2013 August 16; 341(6147). doi:10.1126/science.1236011.
9. de Haan L.A.M. PCR detection of *Fusarium oxysporum* f.sp. *gladioli* race 1, causal agent of Gladiolus yellows diseases, from infected corms [Text] / L.A.M. de Haan, A. Numansen, E.J.A. Roebroek, J. van Doorn // Plant Pathology. – 2000. – 49. – P.89 – 100.
10. Miedaner D. Marker-Assisted Selection for Disease Resistance in Wheat and Barley Breeding [Text] / D. Miedaner, V. Korzun // Phytopathology. – 2012. – 102. – P. 560-566.

#### References

1. Akulov O.Yu. (2007). Biologichni osoblyvostci *Bipolaris sorokiniana* (Sacc. in Sorokin) i diagnostika zbudnykiv korenevoyi gnyli ta chornogo zarodku yarogo yachmeniu [Biological features of *Bipolaris sorokiniana* (Sacc. in Sorokin) Shoemaker and diagnostics of infecting agent of root rot and black point of seeds]. National Agrarian University, Kyiv. – 21 s.

2. Djakov, Yu.T. (1996). Pyatdesyat let teorii «gen-na-gen» [Fifty years of gen-for-gen theory]. Achievements of modern biology, 116 (3), 293-305.
3. Kovalyshyna H.M. (2014). Stijkist sortiv pshenytsi ozymozi proty khvorob [Resistance wheat cultivars against diseases]. Protection and quarantine of plant, 60, 151-158.
4. Kriuchkova L.O. (2016). Korenevi i prykorenevi khvoroby pshenytsi [Root and stem-base diseases of wheat]. NULESU, 164 s.
5. Lisovyi M.P., Lisova H.M., Afansjeva O.G., Boiko I.A., Dovgal Z.M. (2013). Kharakterystyka kolektziynogo materialu pshenytsi ozymozi za stijkistju proty khvorob [Characteristic of collection material of winter wheat for resistance against diseases]. Protection and quarantine of plant, 59, 176 -184.
6. Rozhkova T.O. (2004). Struktura populyatziy zbudnykiv temno-buroji ta sitchastoji pljamystostei lystya yachmenju yarogo u pivnichno-skhidnomu Lisostepu ta poshuk dzherel stijkostyi [ Population structure of causal agents of spot blotch and net spot of spring barley in northern-eastern Forest-Steppe and search of resistance sources]. National Agrarian University, Kyiv. - 21 s.
7. Alves-Santos F.M., Cordeiro-Rodrigues L., Sayagues J.M., Martin-Dominguez R., Garcia-Benavides P., Crespo M.C., Diaz-Minguez J.M., Eslava A.P. (2002). Pathogenicity and race characterization of *Fusarium oxysporum* f.sp. *phaseoli* isolates from Spain and Greece. Plant Pathology, 51, 605 – 611.
8. Dangl J.L., Horvath D.M., Staskawicz B.J. (2013). Pivoting the Plant Immune System from Dissection to Deployment. Science, August 16; 341(6147). doi:10.1126/science.1236011.
9. de Haan L.A.M., Numansen A., Roebroek E.J.A., van Doorn J. (2000). PCR detection of *Fusarium oxysporum* f.sp. *gladioli* race 1, causal agent of Gladiolus yellows diseases, from infected corms. Plant Pathology, 49, 89 – 100.
10. Miedaner D., Korzun V. (2012). Marker-Assisted Selection for Disease Resistance in Wheat and Barley Breeding. Phytopathology, 102, 560-566.

## **ПАТОГЕННЫЕ СВОЙСТВА ПОЧВЕННЫХ ГРИБОВ – ВОЗБУДИТЕЛЕЙ КОРНЕВЫХ ГНИЛЕЙ ПШЕНИЦЫ**

**Л. А. Крючкова**

**Аннотация.** Селекция сортов пшеницы, устойчивых к болезням корневой системы, является проблематичной из-за ограниченной информации о структуре популяций возбудителей и характере их взаимодействия с растением-хозяином.

Целью данной работы было исследовать, как проявляется патогенность грибов *Bipolaris sorokiniana*, *Fusarium spp.* и *Oculimacula spp.* – возбудителей, соответственно, обыкновенной корневой гнили, фузариозной корневой гнили и церкоспореллеза – при заражении ими проростков пшеницы. Исследования проводили на искусственных инфекционных фонах с использованием культур грибов *B. sorokiniana*, *F. oxysporum*, *F. culmorum*, *O. aciformis* и *O. yallundae*. Установлено, что изоляты *B. sorokiniana*, *F. culmorum* и *F. oxysporum* различаются по патогенности, о чем свидетельствовал разный уровень пораженности проростков. При искусственном заражении проростков пшеницы изолятами *O. aciformis* и *O. yallundae* на степень поражения большее влияние оказывали свойства сортов. Результаты наших исследований также свидетельствуют о

возможности дифференцированного взаимодействия сорт – изолят в патосистеме пшеница – *B. sorokiniana*.

Таким образом, для каждой болезни пшеницы, вызываемой почвенными фитопатогенами, характерно специфическое взаимодействие с растением-хозяином, что необходимо учитывать при селекции устойчивых сортов.

**Ключевые слова:** *Fusarium spp.*, *Bipolaris sorokiniana*, *Oculimacula spp.*, патогенность, озимая пшеница, устойчивость сортов.

## PATHOGENICITY OF SOIL-BORNE FUNGI – CAUSAL AGENTS OF WHEAT ROOT DISEASES

L. Kriuchkova

**Abstract.** *Breeding of wheat cultivar resistant against root diseases is a difficult problem because the lack of evidence about nature of pathogenicity of soil-borne fungi – causal agents of these diseases and their interaction with host plant.*

*The aim of this research was to investigate the character of pathogenicity of *Bipolaris sorokiniana*, *Fusarium spp.* u *Oculimacula spp.* – causal agents of common root rot, *Fusarium* root rot and eyespot on wheat seedlings under the artificial inoculation with isolates *B. sorokiniana*, *F. oxysporum*, *F. culmorum*, *O. acuformis* and *O. yallundae*. It has been revealed that there is significant difference between isolates *B. sorokiniana*, *F. culmorum* and *F. oxysporum* in pathogenicity, which was confirmed by the assessment of root rot severity on inoculated seedlings. Under the artificial inoculation of wheat seedlings with isolates *O. acuformis* and *O. yallundae* the severity of eyespot depends significantly on wheat cultivar characteristics. Based on results of our experiments we also suggested the virulence characteristic in *B. sorokiniana* isolates.*

*Thus, it has been confirmed the specificity of interaction the soil-borne fungi with plant host in every particular pathosystem, that should be considered in breeding programs for resistance against root and stem-base diseases.*

**Keywords:** *Fusarium spp.*, *Bipolaris sorokiniana*, *Oculimacula spp.*, pathogenicity, winter wheat, cultivar resistance.

## АДАПТАЦІЯ РОСЛИН-РЕГЕНЕРАНТІВ ТРОЯНДИ ЕФІРООЛІЙНОЇ ДО УМОВ *IN VIVO*

ОЛІЙНИК О.О., аспірант

**Національний університет біоресурсів та природокористування  
України**

E-mail: osa\_solodar@ukr.net

**Анотація.** Підібрано оптимальні умови й тип субстрату для ефективної адаптації клонів троянди ефіроолійної сорту Лань до умов *in vivo*. Установлено, що найкращим способом адаптації та дорощування рослин перед закладанням плантацій є метод адаптації в умовах теплиці за використання суміші торф : перліт (2:1), що сприяє швидкій приживлюваності клонів. Оптимальними для перенесення в умови *in vivo* є регенеранти заввишки не менше ніж 3,5см. Найвдалішим періодом перенесення рослин з умов *in vitro* до умов *in vivo* є кінець травня – початок червня, а з умов *in vivo* до *ex vitro* є кінець липня – початок серпня.

**Ключові слова:** адаптація, субстрат, *in vivo*, троянда ефіроолійна

**Актуальність.** Заключним і найважчим етапом технології мікроклонального розмноження рослин є адаптація рослин-регенерантів до умов *in vivo* [1,6]. Вибір способу та умов адаптації має першочергове значення. Процес адаптації поєднує традиційні методи культивування *in vivo* та стерильну культуру *in vitro*. Є декілька факторів, які необхідно враховувати при перенесенні рослин-регенерантів у ґрунт: висота рослини, спосіб перенесення, терміни висадки, довжина коренів, субстрат [5]. Відомо, що для адаптації рослин-регенерантів родини *Rosa L.* найпоширенішим є ступінчастий спосіб, який складається з адаптації до умов закритого ґрунту й адаптації до умов відкритого ґрунту [7]. При цьому для адаптації рослин-регенерантів до умов закритого ґрунту важливе значення має забезпечення відповідних рівнів живлення рослин [1,8]. Найбільш важливе значення має субстрат, який повинен містити достатньо елементів мінерального живлення, мати оптимальну водо- та повітропроникність і теплопровідність [2]. Крім того, субстрат має бути зручним для роботи, доступним і відносно дешевим.

**Мета дослідження** - підібрати оптимальні умови й тип субстрату для ефективної адаптації клонів троянди ефіроолійної сорту Лань до умов *in vivo*.

**Матеріали та методи дослідження.** Об'єктом досліджень слугував сорт троянди ефіроолійної Лань української селекції. До умов *in vivo* адаптовували рослини–регенеранти з оптимально сформованою кореневою системою та вегетативною масою. Дослідження проводили в умовах адаптаційної кімнати навчально-наукової лабораторії фітовірусології та біотехнології за температури 22-25°C, відносної вологості повітря 70-75%,

освітленості 2,0-3,0 лк та з 16-годинним фотоперіодом, у теплиці НДЛ «Плодоовочевий сад» та на розсаднику Ботанічного саду НУБіП України.

**Результати дослідження та їх обговорення.** Отримані рослини-регенеранти, що культивувались за умов регульованої температури протягом 60-80 діб, підготували до пересадки в ґрунт. Посудини з укоріненими рослинами (рис.1) попередньо заливали дистильованою водою (на 1/3) та залишили протягом 1 год відкритими. Після цього обережно пінцетом виймали рослини з культурального посуду, відмивали кореневу систему від залишків агару, занурювали на кілька секунд у світло-рожевий розчин  $KMnO_4$ .



**Рис. 1. Сформовані рослини-регенеранти троянди ефіроолійної**

Найпоширенішим субстратом для адаптації регенерантів родини *Rosa* є торфо-піщані та торфо-перлітні суміші [4]. Популярність торфу як субстрату змовлена його високою водопроникністю, досить стійкою вологоємністю, проте водночас характеризується підвищеною кислотністю (рН 3,5-5,5) та надлишковою вологоємністю, тому його використовують у суміші з іншими більш інертними матеріалами (табл. 1).

У наших дослідженнях для кожного виду субстрату використано по 20 рослин-регенератів. Аналіз експериментальних даних свідчить про те, що використання для адаптації рослин-регенерантів троянди ефіроолійної однокомпонентного субстрату недоцільне, оскільки ефективність адаптації не перевищує 40%. Так, на субстратах з піском річковим (варіант 4) і перлітом (варіант 3) в адаптованих рослин фіксували незначний лінійний приріст. Мала ефективність адаптації разом із незначним приростом рослин, на нашу думку, зумовлена незначною вологоутримуючою здатністю цих субстратів. При використанні дернового ґрунту як субстрату (варіант 9) ефективність адаптації була надзвичайно малою. Це можна пояснити низькою аерацією субстрату (виникає внаслідок ущільнення під час поливу рослин) і надмірною вологоємністю.

#### **1. Ефективність адаптації та розвиток рослин-регенерантів троянди ефіроолійної на різних субстратах, період адаптації 30 діб**

Варіант	Склад субстратів	Ефективність адаптації,	Лінійний приріст*	Забарвлення пагона
---------	------------------	-------------------------	-------------------	--------------------

		%		
1	кокосовий субстрат	50,0±3,16	++	зелене
2	тирса	40,0±4,47	+	світло-зелене
3	перліт	30,0±3,16	+	-//-
4	пісок річковий	40,0±3,16	+	-//-
5	торф:пісок річковий (1:1)	75,0±1,58	++	-//-
6	торф:перліт (2:1)	98,0±1	+++	зелене
7	торф:пісок річковий (1:2)	52,0±5,83	++	-//-
8	кокосовий субстрат:перліт (1:1)	76,0±3,74	++	-//-
9	дерновий ґрунт	14,0±2,45	+	світло-зелене

Примітка : (+++) – активний (понад 10см), (++) – середній 4,0-8,9см), (+) – слабкий (менше ніж 3,9см), (-) – немає приросту

У результаті проведених досліджень встановлено, що для адаптації регенерантів використання двокомпонентних субстратів є більш ефективним порівняно з однокомпонентними. Так, на субстратах з торфом і піском (1:1 або 1:2) (варіанти 5, 7), торфом і перлітом (2:1) (варіант 6) ефективність адаптації (68–88%) виявилася досить високою. На таких субстратах фіксували активний або середній приріст адаптованих рослин.

Установлено, що адаптація регенерантів троянди ефіроолійної на кокосовому субстраті (варіант 1) і кокосовому субстраті та перліті (1:1) (варіант 8). забезпечує високу ефективності (більше ніж 70%) і сприяє значному приросту рослин. При цьому адаптовані рослини-регенеранти мали характерне зелене забарвлення. Отримані нами результати були використано під час адаптації клонів троянди ефіроолійної сорту Лань для закладання експериментальної ділянки.

При визначенні оптимальної висоти регенерантів, необхідної для успішної адаптації до умов *in vivo*, рослини троянди розділяли на дві категорії: перша заввишки 1,5-2,5 см та друга – 3,5-4,5 см. Виявилось, що оптимальними для перенесення в умови *in vivo* є регенеранти заввишки не менше ніж 3,5 см, тобто другої категорії. Через 5 діб на таких рослинах формувались нові листки, а рослини першої категорії гинули. Середній приріст адаптованих рослин через 7 діб для другої категорії становив 1,0-1,5 см.

У процесі отримання садивного матеріалу для створення експериментальної ділянки використовували два способи адаптації рослин до умов *in vivo*, а саме ступеневу в умовах адаптаційної кімнати (табл. 2; рис.2) та дорощування в умовах теплиці (табл. 3; рис. 3). У процесі дослідження визначали найпридатніший субстрат для кожного способу адаптації.

## 2. Приживлюваність рослин троянди залежно від субстрату при ступеневій адаптації

Субстрат для адаптації	Співвідношення	Кількість рослин, шт.	Приживлюваність, %	
			1-й тиждень	2-й тиждень

Кокосовий субстрат	без домішок	50	70	62
Кокосовий субстрат	1	50	64	60
Перліт	1			
Торф	2	50	76	70
Перліт	1			

Експериментально підібрано оптимальну композицію субстрату для ступеневої адаптації рослин-регенерантів троянди ефіроолійної до умов закритого ґрунту. При цьому використовували три варіанти субстратів: 1 – кокосовий субстрат без домішок; 2 – кокосовий субстрат:перліт (1:1); 3 – торф:перліт (2:1). Протягом першого тижня адаптації регенеранти підживлювали розчином половинної концентрації мінеральних солей за прописом живильного середовища Мурасіге-Скуга (МС) [3]. Приживлюваність рослин на торф'яній суміші (варіант 3) у перший тиждень (при утримуванні рослин в умовах адаптаційної кімнати) досягала 76%. На другий тиждень адаптації частка життєздатних рослин становила 70%. На кокосовому субстраті без домішок (1 варіант) цей показник на другий тиждень становив 62%, а на кокосовому субстраті з перлітом (2 варіант) – 60%. Необхідно зазначити, що до 10% рослин гинули протягом перших трьох діб через втрату вологи. Цей процес передусім, пов'язаний із механічним пошкодженням кореневих волосків при відмиванні коренів від залишків живильного середовища, через що знижується інтенсивність всмоктування води.



**Рис. 2. Ступінчаста адаптація троянди ефіроолійної в умовах адаптаційної кімнати : 1) 1-й тиждень адаптації; 2) 2-й тиждень адаптації**

За умов дорощування рослин в умовах теплиці регенеранти характеризувались високою адаптаційною здатністю до умов живлення. Незначна втрата тургору була помітна лише в першу добу адаптації.

### **3. Приживлюваність рослин троянди ефіроолійної за адаптації в умовах теплиці**

Субстрат для адаптації	Співвідношення	Кількість рослин, шт.	Приживлюваність, %	
			1-й тиждень	2-й тиждень
Кокосовий субстрат	без домішок	50	92	90

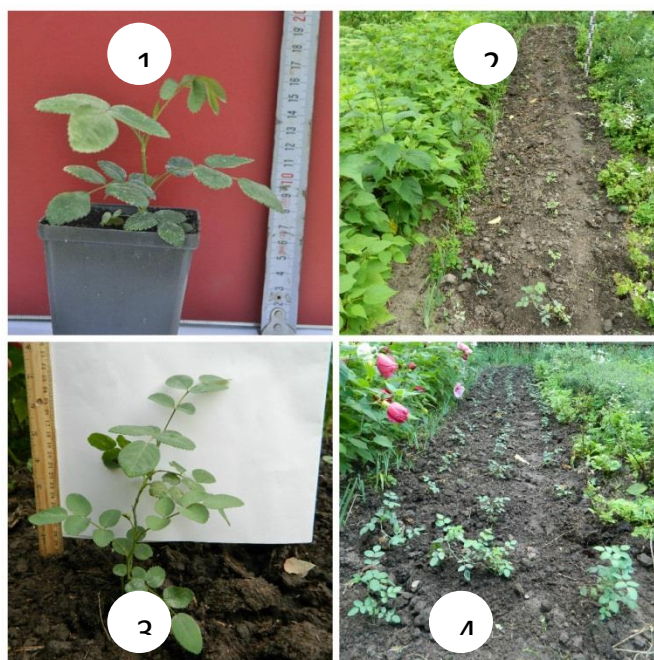
Кокосовий субстрат	1	50	90	88
Перліт	1			
Торф	2	50	96	92
Перліт	1			

Адаптацію регенерантів проводили у теплиці за температури 22–25°C. Висадженим рослинам було створено умови підвищеної вологості (95-98%) за рахунок дрібнодисперсного дощування. Перед висаджуванням та наступні два тижні регенеранти підживлювали розчином  $\frac{1}{2}$  концентрації мінеральних солей за прописом живильного середовища МС. На другий тиждень адаптації частка життєздатних рослин становила 92% на субстраті торф:перліт (2:1), на кокосовому субстраті без домішок – 90%, на суміші кокосовий субстрат:перліт (1:1) – 88%. Близько 5% рослин гинули в першу добу адаптації через втрату вологи. Цей процес, як і при ступеневій адаптації, передусім пов'язаний із механічним пошкодженням корневих волосків при відмиванні коренів від залишків живильного середовища, через що знижується інтенсивність всмоктування води.



**Рис. 3. Адаптація рослин-регенерантів троянди ефіроолійної в умовах теплиці**

Рослини в умовах закритого ґрунту витримували впродовж 25-30 діб. Після чого у серпні або на початку вересня (залежно від ґрунто-кліматичних умов) їх висаджували у відкритий ґрунт за схемою 0,25×0,25 м (рис.4). За умови використання такої методики адаптації одержують надзвичайно високу приживлюваність рослин-регенерантів (понад 92%) і активний середньомісячний приріст (10-15см).



**Рис. 4. Адаптація рослин троянди ефіроолійної до умов розсадника:**

1) контейнерна культура перед висадкою в умови *ex vitro*; 2) загальний вигляд маточника (7 доба); 3) адаптована троянда ефіроолійна із загальним приростом 15см на 25-у добу; 4) загальний вигляд маточника (25 доба)

#### **Висновки і перспективи.**

1) Найкращим способом адаптації та дорощування рослин перед закладанням плантацій є метод адаптації в умовах теплиці за використання суміші торф:перліт (2:1), що сприяє швидкій приживлюваності клонів. Оптимальними для перенесення в умови *in vivo* є регенеранти заввишки не менше ніж 3,5см.

2) Найвдалішим періодом перенесення рослин з умов *in vitro* до умов *in vivo* є кінець травня – початок червня, а з умов *in vivo* до *ex vitro* є кінець липня – початок серпня.

#### **Список використаних джерел**

1. Дедюхина, О.Н. Адаптация растений-регенерантов к почвенным условиям / О. Н. Дедюхина, А. С. Константинова, О. Г.Баранова // Вестник удмуртського университета.-2011.-№. 3.-С. 31-35.
2. Зарубина М.А., Гueva Н.И., Балашова Н.Н., Маслoброд С.Н., Игуменов В.А. Адаптивные реакции культурных растений на биотические и абиотические стрессы // Сельскохоз. биология. М., 1988.-№ 20.-С. 111-117.
3. Кушнір Г.П. Мікроклональне розмноження рослин / Г.П. Кушнір, В.В. Сарнацкая. – К.: Наукова думка, 2005. – 273 с.
4. Лемпiцький Л.П. Культура троянд у відкритому ґрунті / Л.П. Лемпiцький-К.: Вид-во АН УРСР, 1958 . — 123с.
5. Назаренко Л.Г. Роза эфиромасличная. / Л.Г. Назаренко– К.: Наукова Думка, 1978.– 196с.
6. Назаренко Л.Г., Чуниховская В.Н., Чехов А.В., Гладун М.И. Размножение розы эфиромасличной. – Симферополь: ИЭЛР, 1999. – 93 с.
7. Рубцова О. Л. Рід *Rosa L.* в Україні: генофонд, історія, напрями досліджень, досягнення та перспективи / О. Л. Рубцова. – Київ: Фенікс, 2009. – 375 с.

8. Ginova, A., I. Tsvetkov and V. Kondakova Rosa damascena Mill. – an overview for evaluation of propagation methods. Bulg. J. Agric. Sci, 2012. – 18. – pp. 545-556

### References

1. Dedyukhyna, O.N. (2011). Adaptatsyya rastenyi-rehenerantov k pochvennym uslovyam. [Adaptation of plants-regenerants to soil conditions]. Vestnyk udmurt-s'koho unyversyteta, pp 31–35.

2. Zarubyna M.A., et al (1988). Adaptivnye reaktsyy kul'turnykh rastenyi na byotycheskiye y abyotycheskiye stressy [Adaptive reactions of cultivated plants to biotic and abiotic stresses]. Sel'skokhoz. byolohyya. M., pp. 111-117.

3. Kushnir H.P. (2005). Mikroklonalne rozmnozhennia roslyn. [Micropropagation of plants]. K.: Naukova dumka. 273 s.

3. Lempitskyi L.P. (1958). Kultura troiand u vidkrytomu hrunti. [Culture roses in the ground]. K.: Vyd-vo AN URSSR, 123s.

4. Nazarenko L.H. (1978). Roza efyromaslychnaya. [Rose essential oil]. K.: Naukova Dumka, 196s.

5. Nazarenko L.H. et al (1999). Razmnozhenye rozy efyromaslychnoy. [Reproduction of roses of essential oils]. Symferopol', 93 s.

6. Rubtsova O. L. (2009). Rid Rosa L. v Ukraini: henofond, istoriia, napriamy doslidzhen, dosiahnennia ta perspektyvy. [Rosa L. Reed in Ukraine gene pool, history, research areas, achievements and prospects]. Kyiv: 375 s.

7. Ginova, A., et al (2012) Rosa damascena Mill. – an overview for evaluation of propagation methods. Bulg. J. Agric. Sci, pp. 545-556.

## АДАПТАЦИЯ РАСТЕНИЙ-РЕГЕНЕРАНТОВ РОЗЫ ЭФИРОМАСЛИЧНОЙ К УСЛОВИЯМ *IN VIVO*

Олейник О.

**Аннотация.** Подобраны оптимальные условия и тип субстрата для эффективной адаптации клонов розы эфиромасличной сорта Лань к условиям *in vivo*. Установлено, что лучшим способом адаптации и доращивания растений перед закладкой плантаций является метод адаптации в условиях теплицы при использовании смеси торф:перлит (2:1), что способствует быстрой приживаемости клонов. Оптимальными для переноса в условия *in vivo* являются регенеранты высотой не менее чем 3,5 см. Самым удачным периодом переноса растений из условий *in vitro* в условия *in vivo* является конец мая – начало июня, а из условий *in vivo* в *ex vitro* является конец июля – начало августа.

**Ключевые слова:** адаптация, субстрат, *in vivo*, роза эфиромасличная

## ADAPTATION PLANTS REGENERATED ROSE ESSENTIAL OIL TO THE CONDITIONS *IN VIVO*

Oliinyk O.

**Abstract.** The optimal conditions and type of substrate have been selected for effective adaptation of clones of essential oil of Lan' to conditions *in vivo*. It was established that the best method of adaptation and cultivation of plants before laying plantations is the method of adaptation in a greenhouse for the use

*of a mixture of peat:perlite (2:1), which contributes to the rapid elongation of clones. Optimum for transfer to conditions in vivo are regenerants with a height of not less than 3.5 cm. The worst period of transfer of plants from in vitro conditions to in vivo conditions is the end of May - the beginning of June, and from the conditions in vivo to ex vitro is the end of July - the beginning of August .*

***Key words: adaptation, substrate, in vivo, ethereal oil rose***

## ЕКОЛОГІЧНИЙ АНАЛІЗ СТАНУ ГРУНТОВОГО ПОКРИВУ В УМОВАХ ЛОКАЛЬНОГО ЗАБРУДНЕННЯ

**О. І. НАУМОВСЬКА**, кандидат сільськогосподарських наук  
*Національний університет біоресурсів і природокористування  
України*

*E-mail: o\_naum@i.ua*

**Анотація.** Проаналізовано стан ґрунтового покриву агроєкосистем прилеглих до утвореного несанкціонованого сміттєзвалища. Встановлено, що за вмістом важких металів відповідно до гранично допустимої концентрації відсутнє перевищення за вмістом. Виявлено зміни у морфолого-генетичній будові генетичних горизонтів, що вказує на зміну природних процесів ґрунтоутворення та біологічного очищення ґрунтової екосистеми.

**Ключові слова:** Ґрунт, забруднення, важкі метали, морфолого-генетичні ознаки

**Актуальність.** Екологічний моніторинг в умовах локального забруднення, об'єктом спостереження якого є об'єкти навколишнього середовища загалом і ґрунтовий покрив, зокрема, здійснюється для виявлення або наявності потенційних джерел хімічного забруднення. Організація локального моніторингу передбачає попереднє обстеження земель в районі розташування джерел шкідливої на них дії для визначення площі, характеру і джерел хімічного забруднення.

Під несанкціонованими сміттєзвалищами розуміють стихійно утворені з причини непродуманої діяльності людини утворення з побутових відходів площею не менше 0,5 га за потужності відкладів понад 1 м [1, 5].

Оскільки несанкціоновані сміттєзвалища утворюються стихійно, без будь-якого обґрунтування, повністю відсутнє інженерно-екологічне обґрунтування щодо рівня негативного впливу на стан прилеглих територій. Під час несанкціонованого складування побутового сміття не виконуються заходи зі зниження антропогенного навантаження, відсутній будь-який контроль за морфологічним складом відходів, які вивозяться, що не виключає можливості надходження медичного, токсичного та іншого сміття. Наявність в складі сміттєзвалищ органічних відходів у складі твердих побутових відходів призводить до утворення джерел розмноження гризунів, комах і можуть викликати загострення епідеміологічної ситуації.

Тверді побутові відходи розкладаються на полігонах внаслідок спеціального поєднання хімічних, фізичних і біологічних процесів. В результаті цього утворюються тверді, рідкі і газоподібні вторинні речовини і матеріали. Так, продуктами розкладу паперу і харчових відходів є органічні кислоти, фенол, альдегіди, аміак, нітрити та ін. Газоподібними продуктами розкладу є вуглекислий газ, метан, сірководень, леткі органічні кислоти.

Метали надходять в навколишнє середовище переважно у вигляді сульфатів кальцію і магнію, бікарбонатів кальцію, магнію і заліза, оксидів цинку, олова, міді, металоорганічних сполук. Скло, гума, пластик є відносно інертними у перший період їх розкладу [2, 4, 7].

Періоди розкладу складових побутового сміття за видами [6]:

1. Папір – від декількох місяців до декілька років, залежно від якості, руйнується до органічних сполук. Мелований і кольоровий папір розкладається довше за інший.

2. Скло – декілька тисячоліть, руйнується до стану піску.

3. Відходи консервної промисловості (консервні бляшанки) – від 10 до 30 років, залежно від якості. Покриття залізних бляшанок уповільнює процес їх гниття, руйнуються до сполук заліза.

4. Пластикові пляшки – близько 400 років., в складі продуктів виділення міститься уретан, фенол, формальдегід, стирол та ін.

5. Поліетиленові пакувальні пакети від 50 років.

6. Взуття з натуральної шкіри – від 25 до 40 років.

7. Батарейки – містять у складі важкі метали – цинк, марганець, мідь, кадмій, ртуть – 110 років.

Під час проведення локального моніторингу здійснюють вимір багатьох параметрів, наявність кожного з яких свідчить про певне явище, а саме: хлориди присутні в надлишку побутових і промислових відходів і не акумулюються ґрунтом. Аміак і інші форми азоту, особливо нітрати завжди є індикаторами забруднення стічними водами, добривами, азотовмісними аерозолями, пластиками і ліками. Нітрати дуже рухливі та завжди детально вивчаються. Вміст аміаку може також свідчити про настання анаеробної фази. Нітрит є індикатором активної біологічної активності. Натрій, основний лужний метал, залишається в розчиненому стані і не підлягає розсіюванню. Натрій потрапляє в масу звалища у вигляді солей, джерелами яких є промислові і побутові відходи (папір, мило, залишки їжі). Сульфати є найбільш поширеними сполуками сірки на полігонах. Вони досить рухливі і корисні для аналізу, наприклад, руху фільтрату. Вони перетворюються на сульфіді, які добре реагують з металами. Калій досліджують, оскільки він важливий для життєдіяльності рослин і тварин. Також його вміст корелює із споживанням кисню органічними речовинами під час розкладання відходів, оскільки він є компонентом органічних речовин рослин. Магній з'являється на полігонах за наявності у відходах косметики, цементу і текстилю. Мідь іноді вимірюють в санітарних цілях, але вона не дуже рухлива в ґрунті і їй приділяється не багато уваги при моніторингу. Свинець виділяється з батарейок, фотографій, старих малюнків і свинцевих труб. Він токсичний і перевіряється із санітарною метою. До виділення свинцю з відходів призводить кислий фільтрат. Цинк виділяється з батарейок, припаїв і люмінесцентних ламп. Залізо виділяється в результаті корозії і може бути присутнім у верхніх шарах ґрунту. Іноді на ранніх стадіях моніторингу виявляється, що на звалище побутових відходів завозяться і небезпечні відходи, для виявлення чого необхідно робити вимір цих параметрів раз на рік. Якщо небезпечні відходи не будуть виявлені, то на більш пізніх стадіях моніторингу вимір цих параметрів можна припинити [1].

За публікаціями вчених [4, 6, 7] морфологічні особливості ґрунтового матеріалу на ділянках несанкціонованих сміттєзвалищ досить неоднорідні за площею і глибиною. Глибина візуального порушення будови генетичних горизонтів коливається в межах 6-50 см у випадках формування звалищ на непорушеному ґрунтовому покриві і до 190-200 см у випадках, коли сміттєзвалище утворилося на поверхні раніше ніж з'явилися техногенні відклади. Під впливом несанкціонованих сміттєзвалищ ґрунтовий покрив переходить в антропогенно-змінений стан, у певних випадках – слабо порушений, або набуваючи ознаки корінної зміни з присутністю шару, який складається виключно з продуктів розкладених продуктів сміття.

**Мета дослідження** – встановити вплив продуктів розкладу несанкціоновано утвореного сміттєзвалища на стан ґрунтового покриву прилеглих агроєкосистем.

**Матеріали і методики досліджень.** На території земель сільськогосподарського призначення ВП НУБіП України «Агрономічна дослідна станція» Київської області стихійно утворилося несанкціоноване сміттєзвалище, яке розташоване вздовж ґрунтової польової дороги на окраїні села, до якого з усіх сторін прилягають виробничі посіви сільськогосподарських культур.

Несанкціоноване сміттєзвалище знаходиться на відстані 10 м від лісосмуги та меліоративного струмка, норма відстані між якими не менше 50 м та 10 – 15 м від сільськогосподарських ділянок за норми – 0,5 км [3]. За норму взято основні положення проектування полігонів твердих побутових відходів, оскільки сам факт існування несанкціонованого сміттєзвалища є порушенням екологічних нормативів.

**Результати досліджень та їх обговорення.** Станом на II квартал 2017 року було встановлено наступні розміри несанкціонованого сміттєзвалища: ширина – 8 м, довжина – 118 м, висота – 1 м, тобто об'єм становить  $944,0 \text{ м}^3$ , а вже в III кварталі 2017 року досліджуване сміттєзвалище мало такі параметри: ширина – 11 м, довжина – 161 м., висота – 1,5 м, таким чином об'єм складає  $2656,5 \text{ м}^3$ . Інтенсивність накопичення за рік побутового сміття при цьому складає  $1712,5 \text{ м}^3$ . Прогноз накопичення сміття на 5 і 10 років становить відповідно  $8562,0$  і  $17125,0 \text{ м}^3$ . Така інтенсивність накопичення сміття може призвести не лише до збільшення території, зайнятої під несанкціонованим сміттєзвалищем, виведенням із сільськогосподарського використання значної площі цінних земель, а й зростаючою проблемою забруднення об'єктів навколишнього середовища – водних екосистем та ґрунтового покриву.

У структурі ТПВ переважає пластик і скло. Це може пояснюватися тим, що за останнє десятиліття відзначається ріст об'ємів пластикових пакувальних виробів, при чому, чисельність сільського населення за цей час не збільшилась.

Станом на III квартал 2017 року було досліджено морфологічний склад несанкціонованого звалища побутових відходів, розміщеного на землях сільськогосподарського використання (табл.1). Порівняно з минулим роком у морфологічному складі найбільший відсоток складають знову ж таки скло і пластик, менше 10 % складають текстиль папір та органіка.

## 1. Морфологічний склад несанкціонованого сміттєзвалища

**2016-2017 рр.**

Компонент	Вміст, %			
	III кв. 2016 р.	III кв. 2017 р	IV кв. 2017 р.	Різниця вмісту компонентів, %
Пластик	55	63	68	+ 13
Скло	20	23	25	+ 5
Текстиль, гума, шкіра	9	7	4,5	- 4,5
Папір	1	1,5	1	0
Органіка	10	3	1	- 9
Інше	5	2,5	0,5	- 4,5

Порівнявши отримані дані можна зробити висновок, що кількість пластикових відходів збільшилася на 13 %, скла – на 5 %. Збільшилася і довжина сміттєзвалища на 43 м. В результаті проведених досліджень було встановлено, що сміттєзвалище періодично підпалюється, внаслідок чого у повітря виділяються продукти згоряння пластику та гуми, такі як сполуки свинцю, ртуті та інших важких металів, канцерогенні речовини, канцерогенна сажа і окиси сірки, що викликають респіраторні захворювання, особливо у мешканців села, на території якого знаходиться сміттєзвалище.

Зразки ґрунту прилеглої території до несанкціонованого сміттєзвалища було проаналізовано на вміст важких металів. Встановлено, що вміст основних важких металів не перевищує чинних ГДК. Це свідчить про те, що ґрунтова екосистема здатна «переробити» ту кількість забруднюючих сполук, які надходять. На момент проведення досліджень вміст важких металів на сміттєзвалищі не перевищував ГДК, проте якщо не буде здійснено ніяких заходів щодо ліквідації джерел забруднення, то це може призвести до порушень в структурі комплексу ґрунтових мікроорганізмів, пригнічення їх біохімічної діяльності, інгібування активності цілого ряду ферментів.

**2. Вплив стихійного розміщення сміттєзвалища, як антропогенного фактору на зміну морфологічних ознак ґрунтового профілю чорнозему типового карбонатного легкосуглинкового на лесовидному суглинку**

Морфологічна ознака	Результат впливу
Структура генетичного горизонту	Слабкий розвиток у перехідних горизонтах і відсутність у верхньому гумусовому шарі компонентів біогенної структури (копролітів), порушена форма пор, тріщин, агрегатів, структура грудкувата (контрольний розріз – грудочкувато-зерниста)
Щільність складення Вологість	Верхній горизонт – слабо ущільнений, нижні перехідні – ущільнені. Різниця з непорушеним ґрунтом відсутня Верхній горизонт зволожений, нижні (Нрк, НРк) – вологі. У розрізі генетичних горизонтів непорушених ґрунтів – зволожений стан генетичних горизонтів, починаючи з перехідного до породи Phk – від вологого до мокрого

Органічні залишки	Наявність напіврозкладених залишків деревини, рослинні залишки - з вираженою жилистою структурою (уповільнення процесів розкладу рослинних залишків). Порівняно з контрольним розрізом – рослинні залишки добре розкладені. Поодинокі включення екскрементів мезофауни, наявність вуглеподібних включень
Включення	Наявність антропогенних включень, новоутворень гіпсу і вапна в поверхневому горизонті, що не властиве для непорушених ґрунтів

Встановлено, що стихійне розміщення побутового сміття мало вплив на зміни морфологічних ознак ґрунтового профілю (табл. 2). Наявність рослинних залишків з низьким ступенем розкладу і добре збереженою жилистою структурою, а слабкий розвиток біогенної структури свідчить про пригнічення функцій ґрунтової мезофауни. Уповільнена інтенсивність процесів гуміфікації рослинних залишків опосередковано відображає формування несприятливих екологічних умов для ґрунтових організмів. Порушена форма агрегатів, пор і тріщин свідчить про уповільнення процесів структуроутворення. Однак, в таких ґрунтах бар'єрну екологічну функцію забезпечує гумусова речовина, мінерали монтморилонітової групи та карбонати (закипання з верхнього генетичного горизонту).

Екологічною проблемою є також те, що територія несанкціонованого сміттєзвалища межує з територіями, здатними забезпечувати високий рівень продуктивності біомаси і виконувати роль санітарно-гігієнічного і сорбційного геохімічного бар'єру. Руйнування ґрунтового покриву ставить під загрозу виконання цих функцій.

### **Висновки та перспективи:**

1. Відходи виробництва та споживання за їх накопичення в місті є джерелом суттєвої екологічної небезпеки і соціальної напруги, створюють негативний імідж населеному пункту, створюють загрозу щодо можливості отримання повноцінної еколого безпечної сільськогосподарської продукції та ін.

2. Характерною для всіх районів області є наявність великої кількості несанкціонованих звалищ. Несанкціоновані звалища являють собою серйозну екологічну небезпеку, оскільки існує можливість виносу забруднюючих речовин безпосередньо у водні об'єкти, зокрема, разом з талими та зливовими водами. Оптимальними умовами для розміщення полігонів захоронення відходів на території Київської області можна вважати такі геоморфологічні одиниці:

- тектонічно стабільні блоки земної кори, або блоки з тенденцією до незначного підняття або опускання;
- блоки з низькою тріщинуватістю, „монолітні”, з мінімальною кількістю дрібних лінеаментів (IV – V порядку);
- блоки з переважанням плоского рельєфу, без глибоких долин, перепадів висот, із слабким розвитком сучасних геоморфологічних процесів (або з незначним розвитком процесів акумуляції відкладів);

– блоки з такими умовами, які забезпечують високий ступінь захищеності підземних вод – велику глибину залягання водоносних горизонтів, надійні водотриви, специфічні особливості літологічного складу зони аерації.

3. В результаті проведених досліджень за вмістом важких металів не встановлено перевищення за вмістом основних важких металів. Виявлено зміни у морфолого-генетичній будові генетичних горизонтів, що вказує на зміну природних процесів гумусонакопичення та біологічного очищення ґрунтової екосистеми.

### Список використаних джерел

1. Відходи виробництва і споживання та їх вплив на ґрунти і природні води: [Навчальний посібник] / За ред. В.К. Хільчевського. – К.: Видавничо-поліграфічний центр "Київський університет", 2007. – 152 с.
2. Мишустин Е. Н. Ассоциации почвенных микроорганизмов / Е. Н. Мишустин. – М.: Наука. – 1975.
3. Назимко В. В. Ґрунтознавство. [Навчальний посібник для студентів екологічних спеціальностей] / В. В. Назимко, В. К. Костенко, О. І. Назимко, В. В. Колеснікова. – Донецьк, 2008. – 197 с.
4. Хомич В. А. Экология городской среды: [Учеб. пособие для ВУЗов] / А. В. Хомич. – Омск: Изд-во СибАДИ, 2002. – 267с.
5. Косарова Л. Ф. Экологическая безопасность хозяйственной деятельности / Л. Ф. Комарова [и др.] Под общ. ред. Л. Ф. Комаровой. // Алт. гос. техн. ун-т им. И. И. Ползунова. – Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2009. – 226 с.
6. Некоторые факты о мусоре [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://climbinduk.org/node/256>.
7. Дрейер А. А. Твердые промышленные и бытовые отходы, их свойства и переработка [Електронний ресурс] / А. А. Дрейер, А. Н. Сачков, К. С. Никольский, Ю. И. Маринин, А. В. Миронов // – Режим доступу: <http://www.ecoline.ru/mc/waste/solidw/index.html>.

### References

1. Vidkhody vyrobnytstva i spozhyvannya ta yikh vplyv na grunty i pryrodni vody: Navchal'nyy posibnyk / Za red. V.K. Khil'chevs'koho. – K.: Vydavnycho-polihrafichnyy tsentr "Kyyivs'kyi universytet", 2007. – 152 s.
2. Myshustyn, E. N. Assotsyatsyy pochvennykh mykroorhanyzmov / E. N. Myshustyn. – M.: Nauka. – 1975.
3. Nazymko, V. V. Gruntoznavstvo. □Navchal'nyy posibnyk dlya studentiv ekolohichnykh spetsial'nostey□ / V. V. Nazymko, V. K. Kostenko, O. I. Nazymko, V. V. Kolesnikova. – Donets'k, 2008. – 197 s.
4. Khomych, V. A. Экологья городской среды: Ucheb. posobyе dlya VUZov / A. V. Khomych. – Omsk: Yzd-vo SybADY, 2002. – 267s.
5. Kosarova, L. F. Экологическая безопасность хозяйственной деятельности / L. F. Komarova y dr. Pod obshch. red. L. F. Komarovoy. // Alt. hos. tekhn. un-t ym. Y. Y. Polzunova. – Barnaul: Yzd-vo AltHTU, 2009. – 226 s.
6. Некоторые факты о мусоре. Elektronnyy resurs. – Rezhym dostupu: <http://climbinduk.org/node/256>.
7. Dreyer, A. A. Tverdue promushlennue y butovue otkhodu, ykh svoystva y pererabotka / Elektronnyy resurs / A. A. Dreyer, A. N. Sachkov, K. S. Nykol'skiy, Yu. Y. Marynyn, A. V. Myronov // – Rezhym dostupu: <http://www.ecoline.ru/mc/waste/solidw/index.html>.

# ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА В УСЛОВИЯХ ЛОКАЛЬНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

Е. И. Наумовская

**Аннотация.** Проанализировано состояние почвы агроэкосистемы, прилегающих территорий к несанкционированным мусоросборникам. Установлено, что по содержанию тяжелых металлов, в соответствии к гранично-допустимым концентрациям, отсутствует их превышение. Выявлены изменения в морфолого-генетическом строении генетических горизонтов, что свидетельствует об изменении природных процессов почвообразования и биологическом очищении почвенной экосистемы.

**Ключевые слова:** почва, загрязнение, содержание тяжелых металлов, изменение морфолого-генетических признаков.

## ENVIRONMENTAL ANALYSIS OF SOIL CONDITION STATUS IN CONDITIONS OF LOCAL POLLUTION

E. Naumovskaya

**Abstract.** The condition of the soil agroecosystem adjacent territories to the unauthorized disposal units. It was found that the content of heavy metals, according to the boundary permissible concentrations, there is no excess for their content. The changes in the morphological and genetic structure of the genetic horizons, indicating a change in the natural processes of biological purification of humus accumulation and soil ecosystems.

**Keywords:** Soil pollution, heavy metal content, changing morphological and genetic traits.