МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ



Державний біотехнологічний університет

Технологічний університет Лулео, Швеція

Університет аграрних наук, Швеція

Природничий дослідницький центр, Литва

Рейн-Ваальський університет прикладних наук, Німеччина

Рейн-Ваальський університет прикладних наук, Німеччина

КО «Харківський зоопарк»

Миколаївський національний аграрний університет

Харківський національний університет ім. В.М. Каразіна

Інститут сільського господарства карпатського регіону НААНУ

АКТУАЛЬНІ ПИТАННЯ БІОТЕХНОЛОГІЇ, ЕКОЛОГІЇ ТА ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ

МАТЕРІАЛИ МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ

14-15 травня 2025 р.

Харків
ДБТУ
2025

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Державний біотехнологічний університет
Рейн-Ваальський університет прикладних наук, Німеччина;
Університет аграрних наук, Швеція;
Природничий дослідницький центр, Литва;
Технологічний університет Лулео, Швеція;
Харківський національний університет ім. В.М. Каразіна,
КО «Харківський зоопарк»,
Миколаївський національний аграрний університет,
Інститут сільського господарства карпатського регіону НААНУ

АКТУАЛЬНІ ПИТАННЯ БІОТЕХНОЛОГІЇ, ЕКОЛОГІЇ ТА ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ

МАТЕРІАЛИ МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ

14-15 травня 2025 р.

Харків
ДБТУ
2025

УДК 502/504:631]:60]](06)
А 43

ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ

Михайлов В.М. – доктор технічних наук, професор, заслужений діяч науки і техніки, лауреат Державної премії України в галузі науки і техніки, проректор з наукової роботи Державного біотехнологічного університету (ДБТУ) (голова оргкомітету);
Щербак О.В. – кандидат с.-г. наук, професор, декан факультету біотехнологій ДБТУ (співголова оргкомітету);
Безуглий М.Д. – доктор с.-г. наук, професор, академік НААНУ, зав. кафедри біотехнології, молекулярної біології та водних біоресурсів ДБТУ (співголова оргкомітету);
Йоахим Фенстерле – професор, доктор, Рейн-Ваальський університет прикладних наук, Німеччина;
Давиденко К.В. – доктор, науковий співробітник відділу мікології лісу та фітопатології, Університет аграрних наук, м. Уппсала, Швеція;
Дайва Бурокієне -- проф., ст. наук. співробітник зав. лабораторією хвороб рослин, Литва;
Олена Мироничева – к.т.н., ст. викладач відділу деревообробної науки та інженерії Факультету інженерних наук та математики, Технологічний університет Лулео, Швеція;
Гиль М.І. – д. с.-г.н., професор, декан факультету ТВППТСБ;
Головань Л.В. – кандидат с.-г. наук, доцент, завідувач кафедри екології та біотехнології в рослинництві ДБТУ;
Гноєвий І.В. – доктор с.-г. наук, професор кафедри біотехнології, молекулярної біології та водних біоресурсів ДБТУ;
Бузіна І.М. – кандидат с.-г. наук, доцент кафедри екології та біотехнологій в рослинництві ДБТУ;
Мироненко Л.С. – канд. техн. наук, доцент кафедри біотехнології, молекулярної біології та водних біоресурсів.

А 43 Актуальні питання біотехнології, екології та природокористування [Електронний ресурс]: матеріали Міжнар. наук. конф., 14-15 травня 2025 р. / Держ. біотехнол. ун-т. – Х., 2025. – Електронні текстові дані. – Режим доступу: http://btu.kharkov.ua/nauka/konferentsiyi/

У збірнику подано теоретичні й практичні результати досліджень і розробок досвідчених учених та молодих науковців, аспірантів, співробітників організацій і підприємств. Матеріали конференції призначено для викладачів, студентів, наукових співробітників, фахівців у галузі біотехнології, екології, тваринництва, рибництва, стратегії сталого розвитку та збалансованого природокористування регіонів, геоінформаційних технологій моніторингу, моделювання та прогнозування екологічного стану територій, водних біоресурсів та аквакультури, історії біотехнології, екології та аквакультури.

УДК 502/504:631]:60]](06)

Видано в авторській редакції.

© Державний біотехнологічний університет, 2025

ЗМІСТ

Звернення ректора ДБТУ Кудряшова А.І. 17

Секція 1. БІОТЕХНОЛОГІЇ: ХАРЧОВА ТА ФАРМАЦЕВТИЧНА, БІОТЕХНОЛОГІЯ У ТВАРИННИЦТВІ ТА ВЕТЕРИНАРІЇ, ЕКОЛОГІЧНА БІОТЕХНОЛОГІЯ ТА БІОТЕХНОЛОГІЇ В РОСЛИННИЦТВІ, МОЛЕКУЛЯРНА БІОТЕХНОЛОГІЯ.....18

Hristova E., Todorov P. EFFECT OF CRYOPRESERVATION ON THE MORPHO-FUCTIONAL CHARACTERISTICS OF MESENCHYMAL FOETAL STEM CELLS 18

Davydenko K. MOLECULAR BIODIVERSITY MONITORING: HOW FAR ARE WE?..... .. 18

Гудзенко О.В. ТЕМПЕРАТУРНА РЕГУЛЯЦІЯ СИНТЕЗУ ПРОТЕАЗ МОРСЬКИМИ ШТАМАМИ БАКТЕРІЙ..... 20

Круподьорова Т.А., Зайченко Т.О., Барштейн В.Ю. ВИДО- ТА ШТАМОСПЕЦИФІЧНІСТЬ АНТИОКСИДАНТНОЇ АКТИВНОСТІ БАЗИДІЄВИХ ГРИБІВ 21

Григоренко А.В. ГЕНЕТИЧНІ МАРКЕРИ ТА ВЕКТОРИ, ЩО ВИКОРИСТОВУЮТЬСЯ ДЛЯ ТРАНСФОРМАЦІЇ *E. COLI*…… 24

Valetska O., Nalobina O., Holotiuk M. TOWARDS A CIRCULAR ECONOMY IN UKRAINE: MAKING NUTRIENT RECYCLING WORK..... 27

Гужвинська С.О. БІОТЕХНОЛОГАМ ПРО РОЗРОБЛЕННЯ ЖИВИЛЬНОГО СЕРЕДОВИЩА ДЛЯ КУЛЬТИВУВАННЯ ПРЕДСТАВНИКІВ РОДУ *BIFIDOBACTERIUM* 28

Фоменко М.О., Пилипенко Д.М. БІОТЕХНОЛОГІЯ ОДЕРЖАННЯ КОМПЛЕКСНОЇ ВАКЦИНИ ПРОТИ РЕСПІРАТОРНИХ ЗАХВОРЮВАНЬ ВЕЛИКОЇ РОГАТОЇ ХУДОБИ.. 30

Сукманов В.О., Ліхоліп І.А. ВИКОРИСТАННЯ СУБКРИТИЧНИХ ЕКСТРАКТІВ ЛИСТЯ ГІНГКО БІЛОБА В ТЕХНОЛОГІЇ ВАРЕННЯ З АЙВИ 31

Малишко К.С. ВИКОРИСТАННЯ CRISPR-ТЕХНОЛОГІЙ У СТВОРЕННІ НОВИХ ШТАМІВ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ПРОБІОТИКІВ 33

Brechka N., Bondarenko V., Korenieva Y., Marakhovskyi I., Shcherbak O., Dehtiariova O., Nur Sabrina Mohd Shalyadi Che Ali POSSIBILITIES OF REGENERATIVE MEDICINE IN REPRODUCTIVE TECHNOLOGY 35

Хохленкова Н.В., Рогачова Є.Є. БІОТЕХНОЛОГІЧНІ ПІДХОДИ ДО СТВОРЕННЯ БЛАКИТНОГО СИРУ 36

Stets M., Havryliak V. THE POTENTIAL OF LUPIN PROTEINS IN THE FOOD INDUSTRY 37

Пісклова О.Г., Бєлих І.А., Самойленко С.І. УДОСКОНАЛЕННЯ БІОТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА ФЕРМЕНТНОГО ПРЕПАРАТУ ФІТАЗА 39

Григоренко А.Г., Конечна Р.Т. АСПЕКТИ ЗАСТОСУВАННЯ ЯЛІВЦЮ ЗВИЧАЙНОГО У ФАРМАЦІЇ ТА БІОТЕХНОЛОГІЇ..... 41

Килименчук О.О., Пилипенко Л.М., Пожіткова Л.Г., Антонова К.Є., Ісаєва Д.Б., Кисльонок О.Г. ЗАСТОСУВАННЯ ПЕКТОЛІТИЧНИХ ФЕРМЕНТІВ У ВИРОБНИЦТВІ СОКІВ..... 43

Борисов І.О., Кукуруза А.К., Куркурін А.А., Гевод В.С. ГІДРОДИНАМІЧНИЙ ДОЗАТОР РОЗЧИНУ СУБСТРАТУ БАКТЕРІАЛЬНОГО ЖИВЛЕННЯ ДЛЯ ДЕНІТРИФІКУЮЧОГО БІОФІЛЬТРУ POINT OF USE 45

Yerokhin V., Lubenets V. EFFECT OF DOWNSTREAM PROCESSING ON CONTENT OF GLUTATHIONE AND CELL VIABILITY DURING PRODUCTION OF INACTIVE DRY YEAST 46

Varankina O., Borisenko V. BIOTECHNOLOGICAL PROCESS OF GLUTEN DECOMPOSITION IN FLOUR FOR BAKERY PRODUCTION 48

Varankina O., Nizhelskiy S. BIOTECHNOLOGICAL ASPECTS OF MALTODEXTRIN PRODUCTION BASED ON ENZYMATIC STARCH HYDROLYSIS 49

Varankina O., Bahro I. BIOTECHNOLOGICAL ASPECTS OF ETHANOL PRODUCTION FROM FOOD RAW MATERIALS 50

Varankina O., Khvostykova I. BIOTECHNOLOGICAL ASPECTS OF THERMIZED YOGURT PRODUCTION..... 51

Субота Д.С., Гладка Н.І., Приходченко В.О. БІОХІМІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ФЕРМЕНТАЦІЇ ЯК ОСНОВИ ВИРОБНИЦТВА ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ 52

Дон А.В., Калина В.С., Троєкурова В.О. ПСИЛІУМ У ХЛІБОБУЛОЧНИХ ВИРОБАХ..... 54

Матвєєва Т.В., Папченко В.Ю., Євтушенко С.Л. ВИЗНАЧЕННЯ ТЕРМІНУ ПРИДАТНОСТІ СОНЯШНИКОВОГО ШРОТУ..... 55

Tytarenko M., Belinska A., Samoylenko S. MONITORING SYSTEMS FOR FERMENTATION CONTROL OF WHEAT BREAD WITH CASEIN AND IMPROVING PRODUCTION EFFICIENCY 56

Килименчук О.О., Пилипенко Л.М., Пожіткова Л.Г., Антонова К.Є., Ісаєва Д.Б., Хромова К.С. УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ПРОБІОТИКА НА ОСНОВІ МОНОКУЛЬТУР МОЛОЧНОКИСЛИХ БАКТЕРІЙ 58

Floka L., Rachynska Z. ENZYMATIC TECHNOLOGIES IN THE PRODUCTION OF LACTOSE-FREE YOGURT 60

Чубенко Д.О., Півень О.М. ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ СТАБІЛІЗАЦІЇ БЕЗГЛЮТЕНОВОГО ПИВА З ВИКОРИСТАННЯМ РОСЛИННИХ ЕКСТРАКТІВ..... 61

Рижкова Т.М., Даниленко С.Г., Боднарчук В.В. ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ РОСЛИННИХ ТА ОВОЧЕВИХ ІНГРЕДІЄНТІВ У БЕЗВІДХОДНИХ ТЕХНОЛОГІЯХ МОЛОЧНИХ ПРОДУКТІВ 62

Франчук Є.Р. ПОРІВНЯННЯ ВИХОДУ IFN-γ ПРИ ВИКОРИСТАННІ ПЛАЗМІДНОЇ ТА БАКТЕРІОФАГОВОЇ ТЕХНОЛОГІЙ 64

Chesniuk K., Bielykh I. CURRENT STRATEGIES AND GLOBAL INITIATIVES IN HEPATITIS B IMMUNIZATION 65

Франчук Є.Р. ДИЗАЙН CRISPR-CAS12A GRNA ДЛЯ ЗДІЙСНЕННЯ НОКАУТУ ГЕНУ FGFR3 66

Денисюк К.В. БІОТЕХНОЛОГІЧНІ ПІДХОДИ ДО ПІДВИЩЕННЯ ВМІСТУ β-КАРОТИНУ У ЗЕРНІ КУКУРУДЗИ 67

Литвинова А.О., Пилипенко Д.М. ДОСЛІДЖЕННЯ КОРЕЛЯЦІЇ МІЖ ФЕНОТИПОМ ТА ГЕНОТИПОМ РЕЦЕПТОРА ФЕНІЛТІОКАРБАМІДУ 69

Ляхова А.В., Бєлінська А.П. ГІБРИДНЕ МОДЕЛЮВАННЯ БІОТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИРОБНИЦТВА 70

Кукуян С., Мушинська В., Громико О., Тістечок С., Штапенко О., Сирватка В. ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ГЕНОМІВ ШТАМУ *ENTEROCOCCUS SP.* SB12 ТА ШТАМІВ *E. FAECIUM* ВИДІЛЕНИХ З МОЛОЧНОКИСЛИХ ПРОДУКТІВ 72

Чернишова Б.С., Боровкова В.М. БІОТЕХНОЛОГІЇ НОВОГО ПОКОЛІННЯ: 3D-ДРУК ЖИВИХ КЛІТИН І ОРГАНІВ 73

Єжак А.А., Боровкова В.М. БІОТЕХНОЛОГІЯ ОДЕРЖАННЯ ІМУНОЛОГІЧНОГО ПРЕПАРАТУ «КОМПЛЕМЕНТ МОРСЬКОЇ СВИНКИ» 75

Стрельчук О.А., Боровкова В.М. ІННОВАЦІЙНІ БІОТЕХНОЛОГІЇ У СЕЛЕКЦІЇ МАТОК УКРАЇНСЬКОЇ СТЕПОВОЇ БДЖОЛИ З ХАРАКТЕРИСТИКАМИ VSH 76

Левченко В.А., Боровкова В.М. АНТИБІОТИКОРЕЗИСТЕНТНІСТЬ. ПОТРЕБА У НОВІЙ ТЕРАПІЇ 77

Рижкова Д.К., Боровкова В.М. РЕДАГУВАННЯ ГЕНОМУ ЗА ДОПОМОГОЮ CRISPR/Cas9: ПЕРСПЕКТИВИ ТЕРАПІЇ СПАДКОВИХ ЗАХВОРЮВАНЬ 79

Романюк О.В., Щербак О.В. ІМУНОБІОЛОГІЧНІ ЗАСОБИ У ВЕТЕРИНАРІЇ: СУЧАСНИЙ СТАН І ВИКЛИКИ 80

Ніпот О.Є., Єршова Н.А., Єршов С.С., Федосова С.М., Чабаненко О.О., Шпакова Н.М. МОДЕЛЮВАННЯ ВИДАЛЕННЯ ПРОНИКНОГО КРІОПРОТЕКТОРА 1,2-ПРОПАНДІОЛ З ЕРИТРОЦИТІВ СОБАКИ 82

Vorobets N., Yavorska H., Zheleznyak O. THE CONTENT OF PHENOLIC COMPOUNDS IN *PETROSEDUM RUPESTRE* (L.) P.V. HEATH 83

Воробець Н.М., Шешурак Х.О., Крижановська А.П. ВМІСТ ОРГАНІЧНИХ КИСЛОТ У ТРАВІ *SOLIDAGO CANADENSIS* L. ТА *GALINSOGA PARVIFLORA* CAV. 85

Горяйнова Є., Щербак О.В. ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДУ ПОВЕРХНЕВОГО ПЛАЗМОННОГО РЕЗОНАНСУ У БІОТЕХНОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕННЯХ 86

Красножон Я.Л., Щербак О.В. ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ МОЛЕКУЛЯРНОЇ БІОТЕХНОЛОГІЇ 87

Строганова О.Р., Бєлінська А.П. ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМ ОЧИЩЕННЯ ПРОМИСЛОВИХ СТІЧНИХ ВОД З ВИКОРИСТАННЯМ ФЕРМЕНТНИХ КОМПЛЕКСІВ 88

Sydorenko D., Belinska A. ECOLOGICAL STRESSORS AND THEIR IMPACT ON ORGANISM AGING PROCESSES 90

Колдар Л.А., Кучер Н.М., Цибровська Н.В., Почка О.В. МОРФОГЕННИЙ РОЗВИТОК *VIBURNUM OPULUS* L. ЗА РОЗМНОЖЕННЯ *IN VITRO* 92

Ковальова С.О., Голуб Н.Б. ВПЛИВ НАДЛИШКОВИХ КОНЦЕНТРАЦІЙ МАНГАНУ ТА ОСВІТЛЕННЯ НА РІСТ МІКРОВОДОРОСТЕЙ *CHLORELLA VULGARIS* 94

Ларіна Г.І., Міхедькіна О.Й. ДОСЛІДЖЕННЯ РІСТСТИМУЛЮЮЧОЇ АКТИВНОСТІ ПОЛІЗАМІЩЕНИХ ПІРОЛІЛПІРАЗОЛІНІВ НА НАСІННІ ЯЧМЕНЮ 96

Чайка Т.О. ІНТЕГРОВАНЕ ЗАСТОСУВАННЯ БІОПРЕПАРАТІВ ЯК ЧИННИК ПІДВИЩЕННЯ СТРЕСОСТІЙКОСТІ СОЇ В ОРГАНІЧНОМУ ЗЕМЛЕРОБСТВІ 97

Павлючук А.О., Ткаченко Т.А. ВПЛИВ КАРБОНОВИХ НАНОЧАСТИНОК ОКСИДУ ГРАФЕНУ НА ФІЗІОЛОГІЧНІ ПОКАЗНИКИ СОЇ ЗВИЧАЙНОЇ (*GLYCINE MAX*.) В УМОВАХ ПОСУХИ 99

Lioshyna L., Bulko O., Kuchuk M. QUORUM SENSING SIGNALS AS INDUCERS OF METABOLIC ADAPTATION IN PLANTS: EXPERIENCE WITH C6-HSL IN *CUCURBITA PEPO* AND *LINUM USITATISSIMUM* CULTURES 100

Чабаненко О.Ю. БІОТЕХНОЛОГІЯ РАПСУ – ВІД ГЕННОЇ ІНЖЕНЕРІЇ ДО ЕКОЛОГІЧНОГО БІОПАЛИВА 102

Маджд С.М. ЕКОЛОГІЧНА БІОТЕХНОЛОГІЯ: ЕКОЛОГО-ЗБАЛАНСОВАНЕ ВОДОКОРИСТУВАННЯ 103

Фурманець С.О., Прилуцька С.В. МОДИФІКАЦІЯ ФУЛЕРЕНОМ С60 НЕГАТИВНОЇ ДІЇ ПОСУХИ НА МІКРОЗЕЛЕНЬ ГОРОХУ 105

Проценко М.Д., Жолобко О.В., Скроцька О.І. МІКРОБІОЛОГІЧНИЙ СИНТЕЗ ТА ФІЗИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ НАНОЧАСТИНОК СЕЛЕНУ: РОЛЬ *SACCHAROMYCES CEREVISIAE* M437 107

Хоміцький Д.О. ВПЛИВ МАГНІЮ НА ВИХІД ДРІЖДЖІВ *SACCHAROMYCES CEREVISIAE* 109

Буренькова Г.Д., Бєлінська А.П. МОДЕЛЮВАННЯ БІОМАТЕРІАЛІВ VEGF-МОДУЛЬОВАНИМИ СИСТЕМАМИ ДЛЯ СТИМУЛЯЦІЇ АНГІОГЕНЕЗУ 110

Кулаківська А.Є., Конечна Р.Т. АСПЕКТИ ОДЕРЖАННЯ АНТОЦІАНІВ ЕКСТРАКЦІЄЮ РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ ЗА УЧАСТІ ФЕРМЕНТУ 112

Опанович Ю., Федоришин О. ДОСЛІДЖЕННЯ ЕКСТРАКТІВ *MALVA SYLVESTRIS* L.... 113

Perviakova A., Borovkova V. USE OF LACTOBACILLI AS ANTIBIOTICS 114

Сємєшина В.С. ТЕХНІЧНЕ ПЕРЕОСНАЩЕННЯ ВИРОБНИЦТВА ЙОГУРТУ З ПРОБІОТИКАМИ..... 116

Верхолаз Д.С., Пилипенко Д.М. ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ БІОТЕХНОЛОГІЧНИХ КОРМОВИХ ДОБАВОК ДЛЯ ВЕЛИКОЇ РОГАТОЇ ХУДОБИ НА ОСНОВІ ДРІЖДЖІВ *SACCHAROMYCES CEREVISIAE* 117

Andreeva M., Yakimenko T. BIOCHEMICAL ASPECTS OF ENERGY METABOLISM IN ANIMALS DURING EXERCISE AND STRESS..... 118

Калініченко О.О., Кисельова А.В., Саханда М.О., Прекрасна-Квятковська Є.П., Юнгін О.С. МІКРООРГАНІЗМИ-ПРОДУЦЕНТИ ПОЛІГІДРОКСИАЛКІНОАТІВ, АСОЦІЙОВАНІ З СУДИННИМИ РОСЛИНАМИ АНТАРКТИЧНОГО РЕГІОНУ..... 119

Гуменюк А.С., **Горобець С.В.** ЗЕЛЕНИЙ СИНТЕЗ МАГНІТНИХ НАНОЧАСТИНОК: АКТУАЛЬНІСТЬ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ 120

Сохацька Х.Ю., **Чебан Л.М.** ПЕРОКСИДАЗНА АКТИВНІСТЬ ЯК МАРКЕР АКТИВАЦІЇ АНТИОКСИДАНТНОЇ СИСТЕМИ У ЦІАНОБАКТЕРІЙ ЗА ВПЛИВУ БІСФЕНОЛУ А.... 123

Пархомова О.О., **Красінько В.О.** БІОТЕХНОЛОГІЧНІ ПІДХОДИ ДО ОДЕРЖАННЯ ІН'ЄКЦІЙНОЇ КОЛАГЕНАЗИ ДЛЯ ЗАСТОСУВАННЯ У РЕГЕНЕРАТИВНІЙ МЕДИЦИНІ..... 124

Vaskovska V., **Masalitina N.**, **Bliznjuk O.** USE OF GENETIC ENGINEERING METHODS TO INCREASE ANTAGONISTIC ACTIVITY OF PROBIOTIC STRAINS..... 126

Демчук Г.М., Худа Л.В. ВМІСТ ТОРУЛАРОДИНУ В *DAPHNIA MAGNA* ЗА БІОІНКАПСУЛЯЦІЇ УФ-ОПРОМІНЕНОЇ *RHODOTORULA MINUTA*..... 127

Герасименко О.В. МІКРОКЛОНАЛЬНЕ РОЗМНОЖЕННЯ СОРТУ FOREVER SUSAN ЛІЛІЇ АЗІАТСЬКОЇ: БІОТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПІДХІБ ТА ЕКОЛОГІЧНЕ ЗНАЧЕННЯ 128

Петров П.В., Бруслік Д.Д. ,Волошина І.М. ВАЖЛИВА РОЛЬ ЛІЗИНУ ТА МЕТІОНІНУ У ТВАРИННИЦТВІ..... 129

Саханда М.О., Юркевич А.І., Волошина І.М. ВИКОРИСТАННЯ ЦІАНОКОБАЛАМІНУ У ТВАРИННИЦТВІ..... 131

Луцай Д.А., **Пирог Т.П.** ВПЛИВ ДВОВАЛЕНТНИХ КАТІОНІВ НА СИНТЕЗ ПОВЕРХНЕВО-АКТИВНИХ РЕЧОВИН *ACINETOBACTER CALCOACETICUS* ІМВ В-7241 ІЗ АНТИМІКРОБНОЮ ТА АНТИАДГЕЗИВНОЮ АКТИВНІСТЮ 133

Іванов М.С., Пирог Т.П. ДРІЖДЖІ РОДУ *SACCHAROMYCES* ЯК ІНДУКТОР СИНТЕЗУ ПОВЕРХНЕВО-АКТИВНИХ РЕЧОВИН *ACINETOBACTER CALCOACETICUS* ІМВ В-7241 З ВИСОКОЮ АНТИАДГЕЗИВНОЮ АКТИВНІСТЮ 134

Гуржий А.Є., Ткаченко Т.А. ВПЛИВ ФУЛЕРЕНУ C_{60} НА ФІЗІОЛОГІЧНІ ТА БІОХІМІЧНІ ПОКАЗНИКИ КУКУРУДЗИ ЗВИЧАЙНОЇ (*ZEA MAYS L.)* 135

Сушицька К.С., Бойко О.А. ВПЛИВ БІОКОМПОЗИЦІЇ *ARMILLARIA MELLEA* (VAHL) P. KUMM. НА МОРФОМЕТРИЧНІ ПОКАЗНИКИ ОВОЧЕВИХ КУЛЬТУР 136

Коноваленко С.В., Нестерова Н.Г. ВПЛИВ ПРОТЕЇНОВОГО ГІДРОЛІЗАТУ ДРІЖДЖІВ НА МОРФОМЕТРИЧНІ ПОКАЗНИКИ КУКУРУДЗИ *ZEA MAYS* 138

Саустян Я.С., Філіпцова О.В. МІКРООРГАНІЗМИ ЯК ОСНОВА БІОТЕХНОЛОГІЇ 139

Бахлуков Д.О. ХІМІКО-БІОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ВИЗНАЧЕННЯ ВМІСТУ БІЛКУ У ПРОДУКТАХ, ФЕРМЕНТОВАНИХ ЇСТІВНИМИ ГРИБАМИ 141

Кость Н., **Василюк С.** ЕНТОМОКОМПОСТУВАННЯ ЯК СТАЛИЙ АГРОТЕХНОЛОГІЧНИЙ ІНСТРУМЕНТ: ЕФЕКТИВНІСТЬ ФРАСУ *HERMETIA ILLUCENS* У ПОЛЬОВИХ УМОВАХ 142

Калач А.В., **Швець О.Г.** ПИВОВАРІННЯ ЯК ЕВОЛЮЦІОНУЮЧА БІОТЕХНОЛОГІЧНА СИСТЕМА 144

Грибуля Є.В., **Швець О.Г.** БІОТЕХНОЛОГІЧНІ ПІДХОДИ ДО ВИКОРИСТАННЯ ЕКСТРАКТІВ ВОДОРОСТЕЙ В АГРОНОМІЇ 146

Єнгібарян В.Г., Жигунов Д.О. ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ БОРОШНА СПЕЛЬТИ ДЛЯ ХЛІБОБУЛОЧНИХ ВИРОБІВ З ВИСОКОЮ ГІДРАТАЦІЄЮ ТІСТА 147

Дідик Т.Б., **Юрко П.С.** ГОРИЗОНТАЛЬНА ПЕРЕДАЧА ПЛАЗМІД ЯК ФАКТОР ПОШИРЕННЯ АНТИБІОТИКОРЕЗИСТЕНТНОСТІ СЕРЕД ЕНТЕРОБАКТЕРІЙ 148

Чаусов Е.А., **Кібенко Н.Ю.** ЗАХОДИ ЗБЕРЕЖЕННЯ ТА ВІДТВОРЕННЯ ВИДОВОЇ РІЗНОМАНІТНОСТІ УСТРИЦЬ У ЧОРНОМУ МОРІ 149

Остапенко К.К., **Кібенко Н.Ю.** БІОТЕХНОЛОГІЯ ВИРОБНИЦТВА ФРУКТОВОГО ПИВА 150

Zazulina A., Kibenko N. IMPROVED TECHNOLOGY FOR NON-ALCOHOLIC WINE VIROBITS 151

Григоренко А.В. CRISPR/CAS-СИСТЕМИ ЯК ІНСТРУМЕНТ ДЛЯ СТВОРЕННЯ ГЕНЕТИЧНО МОДИФІКОВАНИХ ШТАМІВ *E. COLI*..... 152

Makarenko M., Myronenko L. JUSTIFICATION OF THE FEASIBILITY OF DEVELOPING RECIPE FOR PINEAPPLE-SWEETENED YOGHURT MADE FROM COW MILK AND SOY MILK 155

Tymchenko I., Myronenko L. EVALUATION OF ANTIOXIDANT ACTIVITY OF BEER WITH ADDED TOPINAMBOUR..... 156

Секція 2. ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ У ПРИРОДОКОРИСТУВАННІ Й ЕКОЛОГІЧНОМУ РОЗВИТКУ, ГЕОЕКОЛОГІЧНИЙ СТАН МІНЕРАЛЬНО-СИРОВИННИХ І ЗЕМЕЛЬНИХ РЕСУРСІВ: ВИКЛИКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ 159

Коляда В.П. ГРУПУВАННЯ СХИЛОВИХ ЗЕМЕЛЬ В КОНТЕКСТІ ЇХ ПОВОЄННОГО ВІДНОВЛЕННЯ 159

Kałążny U. WHAT IS SPECIES360? 161

Shevchenko A., **Timchenko V.**, **Myronenko L.** AN OVERVIEW OF THE BIO-BASED COATING ON PAPER AGAINST MOSH FOR IMPROVING FOOD PACKAGING SAFETY 162

Bauduin U., Korobkova H. ENERGY-SAVING TECHNOLOGIES WITHIN LARGE MANUFACTURING COMPANIES IN THE NORTN OF FRANCE 164

Allart S., **Korobkova H.** THE BEST ENERGY-SAVING TECHNOLOGIES EXIST IN BELGIUM IN AGRICULTURAL SECTOR 165

Samadashvili T. ENVIRONMENTAL PROBLEMS IN AGRICULTURE AND THE WAYS OF THEIR SOLVING 167

Collet J. DEVELOPMENT OF BIODIVERSITY IN A PLANT IN FRANCE 168

Plutenko I. MRI AND AI TECHNOLOGIES IN PLANTS AND SEEDS DIGITIZATION FOR BETTER ALLOCATION, PHENOTYPING AND SPECIES BREEDING 169

Рильський О.Ф., Петруша Ю.Ю. ЗМІНА КЛІМАТУ ПЛАНЕТИ ТА СТАЛИЙ РОЗВИТОК УКРАЇНИ 171

Макєєва Л.М., **Мокєрова Н.В.** НАПРЯМИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СТАЛОГО ВИКОРИСТАННЯ ЗЕМЕЛЬ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ПРИЗНАЧЕННЯ 172

Літвак О.А. ВПРОВАДЖЕННЯ ЗАМКНУТИХ ВОДООБОРОТНИХ СИСТЕМ В ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСАХ МАШИНОБУДУВАННЯ 174

Лісовий М.М., **Рибалко С.О.** ДОСЛІДЖЕННЯ БІОРІЗНОМАНІТТЯ КОМАХ-ГЕОБІОНТІВ В ПОРУШЕНИХ БІОТОПАХ КИЇВСЬКОГО ПОЛІССЯ 176

Bespalov Y., Strashnenko H., Kolomiichenko V. METAPHORIA, ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND ALTSHULER'S ALGORITHM FOR FORECASTING THE STATE OF PHYTOPLANKTON 178

Бузіна І.М. ГЕОІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ МОНІТОРИНГУ ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ В ЗОНАХ ВІЙСЬКОВИХ ДІЙ 180

Сподоба М.О., **Сподоба О.О.** ВІДХОДИ ТВАРИННИЦТВА ЯК СИРОВИНА ДЛЯ БІОГАЗОВОГО ВИРОБНИЦТВА 181

Сподоба О.О., **Сподоба М.О.** УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДУ ВИЗНАЧЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ВИТРАТ ПРИ ЗБРОДЖУВАННІ ВІДХОДІВ ТВАРИННИЦТВА У БІОГАЗОВОМУ РЕАКТОРІ 182

Латишева М.Е. АНТРОПОГЕННА ТРАНСФОРМАЦІЯ ГІДРОЛОГІЧНИХ СИСТЕМ У МЕЖАХ УРБАНІЗОВАНИХ ТЕРИТОРІЙ: РЕГІОНАЛЬНИЙ ПРИКЛАД СЛОБОЖАНЩИНИ.....183

Никонюк Є.С. ЗАХИСТ І ВІДНОВЛЕННЯ ПРИРОДНИХ БОЛІТ ПОЛІССЯ 185

Марчук В.А. ОЦІНКА РІВНЯ ТОКСИЧНОСТІ ПРИРОДНИХ І СТІЧНИХ ВОД ТА ОПТИМІЗАЦІЯ ПРОЦЕСІВ ЇХ ОЧИЩЕННЯ В МЕЖАХ ТОВ «БОГОДУХІВСЬКИЙ МОЛЗАВОД».....187

Виноградeнко С.О. ЗАСТОСУВАННЯ ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ ТЕРИТОРІЙ 189

Бондаренко В.В. ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ЗАСТОСУВАННЯ БІОЛОГІЧНИХ ПРЕПАРАТІВ У НАСАДЖЕННЯХ ЯГІДНИХ КУЛЬТУР.....190

Ляскало Д.О. АНАЛІЗ ПОТЕНЦІАЛУ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ.....192

Жолтіков В.Л. ЗАСТОСУВАННЯ ГІС ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ ДЕГРАДАЦІЙНИХ ПРОЦЕСІВ У ҐРУНТОВОМУ ПОКРИВІ АГРОЛАНДШАФТІВ 193

Новосад К.Б. МОДЕЛЮВАННЯ ВПЛИВУ ЗМІН ЗЕМЛЕКОРИСТУВАННЯ НА ҐРУНТОВЕ СЕРЕДОВИЩЕ В КОНТЕКСТІ СТАЛОГО РОЗВИТКУ.....195

Новосад О.К., **Кузьменко М.Є.**, **Парфененков Ю.М.** ОЦІНКА ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ УРБОҐРУНТІВ З ВИКОРИСТАННЯМ ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ 196

Чуприна Ю.Ю. ОСОБЛИВОСТІ СЕЛЕКЦІЇ ПШЕНИЦІ НА СТІЙКІСТЬ ДО ЗБУДНИКІВ ХВОРОБ.....197

Клеєвська В.Л., Кручина В.В., Берешко І.М. ПОМ'ЯКШЕННЯ НАСЛІДКІВ ЗМІНИ КЛІМАТУ ЯК ОДНА З ЦІЛЕЙ СТАЛОГО РОЗВИТКУ.....199

Адашевський О.В., **Пітак Р.О.** ВПЛИВ АКЦІЙНИХ ПРОПОЗИЦІЙ НА ОБСЯГИ УТВОРЕННЯ ВІДХОДІВ СПОЖИВАННЯ КОНДИТЕРСЬКИХ ВІДХОДІВ 199

Сиров Є.М. АНАЛІЗ ЯКОСТІ ПОВІТРЯ В УКРАЇНІ ТА КРАЇНАХ ЄС.....202

Маматов М.С., **Босюк А.С.** ЕКОЛОГІЗАЦІЯ ВОДОКОРИСТУВАННЯ У ПРОМИСЛОВОСТІ: ТЕХНОЛОГІЧНІ РІШЕННЯ ТА ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ 203

Лєрмонтов Д.О., **Новожилова Т.Б.** СТІЙКІСТЬ ДО ПРОТИМІКРОБНИХ ПРЕПАРАТІВ ЯК ЕКОЛОГІЧНА ЗАГРОЗА: ФАРМАЦЕВТИЧНЕ ЗАБРУДНЕННЯ ТА МІЖНАРОДНІ ПІДХОДИ 205

Турченюк В.О., Козішкурт С.М. ОЦІНКА ПРОДУКТИВНОСТІ ТА ЯКОСТІ ВРОЖАЮ ЛЮЦЕРНИ ПРИ ЗРОШЕННІ СТІЧНИМИ ВОДАМИ.....207

Крючкова В.В., Тихомирова Т.С. КОНЦЕПЦІЯ ІНСТРУКТИВНИХ МАТЕРІАЛІВ У ПАКУВАННІ ТЕКСТИЛЬНИХ ВИРОБІВ: НАУКОВО-ПРОСВІТНИЦЬКИЙ ПІДХІД ДО ЗМЕНШЕННЯ ТЕКСТИЛЬНИХ ВІДХОДІВ.....209

Чуприна Є.В. СВІТОВИЙ ДОСВІД ВПРОВАДЖЕННЯ МОДУЛЬНОГО БУДІВНИЦТВА У МІСЬКУ ЗАБУДОВУ 211

Шаповалова А.А. УДОСКОНАЛЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОГО МЕНЕДЖМЕНТУ В ДОСЯГНЕННІ ЦІЛЕЙ СТАЛОГО РОЗВИТКУ 212

Криштоп Є.А., Борисова В.Л. ЕКОЛОГІЗАЦІЯ ВИРОБНИЦТВА ХАРЧОВОЇ ПРОДУКЦІЇ: СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ УТИЛІЗАЦІЇ ХАРЧОВИХ ВІДХОДІВ.....214

Борисова В.Л., Криштоп Є.А. ЄВРОПЕЙСЬКИЙ ДОСВІД УПРАВЛІННЯ БІОВІДХОДАМИ У МИСЛИВСЬКИХ ГОСПОДАРСТВАХ ТА ЛІСІВНИЦТВІ: МОЖЛИВОСТІ ДЛЯ УКРАЇНИ 216

Кочетов М.С., **Бутко В.С.** СТАЛЕ УПРАВЛІННЯ ВІДХОДАМИ ПАКУВАННЯ ЗЕЛЕНОГО КАВОВОГО ЗЕРНА.....218

Федорова В.С. ОЦІНКА ВПЛИВУ ВИРОБНИЧОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ХЛІБОПЕКАРСЬКИХ ПІДПРИЄМСТВ НА СТАН ДОВКІЛЛЯ.....219

Носова Н.І. ДОСЯГНЕННЯ ЗБАЛАНСОВАНОГО ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ ШЛЯХОМ ЗАПРОВАДЖЕННЯ ЕКОЛОГІЧНО БЕЗПЕЧНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ЗАХОДІВ ЩОДО УТИЛІЗАЦІЇ ВІДХОДІВ.....221

Катунін Д.О., **Гордієнко Д.О.**, **Григоров А.Б.** МЕТОДИ ОЧИЩЕННЯ ДИМОВИХ ГАЗІВ ПРИ ОТРИМАННІ ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ З ВІДХОДІВ ВИРОБНИЦТВА ТА СПОЖИВАННЯ 223

Калашник Т.В., **Пітак І.В.** ЦИРКУЛЯРНА ЕКОНОМІКА ТА СИСТЕМА ТРЕЙД-ІН: ПЕРСПЕКТИВИ МІНІМІЗАЦІЇ ЕКОЛОГІЧНОГО СЛІДУ КОМП'ЮТЕРНОЇ ТЕХНІКИ 225

Сябро Д.О., Босюк А.С. ЗБАЛАНСОВАНЕ ВОДОКОРИСТУВАННЯ ЯК ОСНОВА ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ РЕГІОНІВ 226

Терлецька О.В. ПЕРСПЕКТИВИ ТА ВИКЛИКИ СТАЛОГО РОЗВИТКУ ЛЬВІВЩИНИ 227

Примак В.М. РЕКУЛЬТИВАЦІЯ ТА ВІДНОВЛЕННЯ ЛІСОВИХ МАСИВІВ ЯК МЕХАНІЗМ ЗНИЖЕННЯ ВМІСТУ CO_2 В АТМОСФЕРІ 229

Захаренко Е.Є. ОЦІНКА ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ ПОПУЛЯЦІЙ КУНИЦІ КАМ'ЯНОЇ ТА ЛИСИЦІ ЗВИЧАЙНОЇ У ПЕРЕДМІСТІ АРНЕМА (НІДЕРЛАНДИ): РЕЗУЛЬТАТИ ПОЛЬОВОГО МОНІТОРИНГУ 231

Кузічева Є.Д. АНАЛІЗ ВИКОРИСТАННЯ ПРИРОДООХОРОННИХ ТЕХНОЛОГІЙ У ЗАПОВІДНИКАХ.....232

Богданович Т.А., **Матвєєва Н.А.** СТІЙКІСТЬ РОСЛИН ДО СПОЛУК Ni(II) В АСПЕКТІ ФІТОРЕМЕДІАЦІЇ ТЕРИТОРІЙ, ЗАБРУДНЕНИХ ВНАСЛІДОК ВОЄННИХ ДІЙ В УКРАЇНІ 234

Слюсаренко В.Д., **Гладка Н.І.**, **Приходченко В.О.** АТМОСФЕРНЕ ЗАБРУДНЕННЯ: ХІМІЧНІ ПРИЧИНИ ТА НАСЛІДКИ.....235

Кісь Т.В. БЕЗПІЛОТНІ ЛІТАЛЬНІ АПАРАТИ ЯК ІННОВАЦІЙНИЙ ІНСТРУМЕНТ ЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ НАЗЕМНИХ ЕКОСИСТЕМ 237

Вінтоняк Н.В. ЛАНДШАФТНО-ЕКОЛОГІЧНИЙ МОНІТОРИНГ ТЕРИТОРІЙ З ІНТЕНСИВНИМ НАФТОВИДОБУТКОМ: МЕТОДОЛОГІЧНИЙ ПІДХІД І GIS-ТЕХНОЛОГІЇ 239

Ритова П.С. РОЛЬ ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ У СКОРОЧЕННІ ВИКИДІВ ПАРНИКОВИХ ГАЗІВ: СВІТОВИЙ ТА НАЦІОНАЛЬНИЙ ДОСВІД 241

Клімова С.С. ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ У МІСЬКІЙ ІНФРАСТРУКТУРІ: ВИКЛИКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ СТАЛОГО РОЗВИТКУ 243

Петрук О.М. АНТРОПОГЕННЕ НАВАНТАЖЕННЯ НА ТЕРИТОРІЇ ПРИРОДНО-ЗАПОВІДНОГО ФОНДУ: МЕТОДИ ОЦІНКИ І УПРАВЛІННЯ РИЗИКАМИ 245

Затолокіна А.М. АНАЛІЗ ВПЛИВУ ЗЕЛЕНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ НА ЗМЕНШЕННЯ МІСЬКОГО ТЕПЛОВОГО ОСТРОВА.....247

Гринченко В.В. ЗАБРУДНЕННЯ ВОДИ ФАРМАЦЕВТИЧНИМИ РЕЧОВИНАМИ: ЕКОЛОГІЧНІ ТА СОЦІАЛЬНІ НАСЛІДКИ ДЛЯ УРБАНІЗОВАНИХ ТЕРИТОРІЙ.....249

Афанасова А.Р. ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ПЕРЕРОБКИ ПЛАСТИКОВИХ ВІДХОДІВ ЯК ІНСТРУМЕНТ ЦИРКУЛЯРНОЇ ЕКОНОМІКИ 251

Шульгінов В.М. АНАЛІЗ МЕРЕЖІ ЕКОЛОГІЧНИХ КОРИДОРІВ В УРБАНІЗОВАНИХ ТЕРИТОРІЯХ 253

Рекунова Д.Р. ТЕХНОГЕННЕ НАВАНТАЖЕННЯ НА ПРИРОДНІ ЕКОСИСТЕМИ: ВПЛИВ ПРОМИСЛОВОСТІ.....255

Хованова Ю.П. ЕКОЛОГІЧНА ЕКСПЕРТИЗА ЯК ІНСТРУМЕНТ КОНТРОЛЮ ЗА ДОТРИМАННЯМ ПРИРОДООХОРОННИХ НОРМ НА ХАРЧОВИХ ПІДПРИЄМСТВАХ (НА ПРИКЛАДІ ТОВ «БОГОДУХІВСЬКИЙ МОЛЗАВОД») 257

Венченко М.О. УРБАНІЗАЦІЯ ЯК ФАКТОР ТРАНСФОРМАЦІЇ ФЛОРИ: ЗАГРОЗИ ДЛЯ РІДКІСНИХ ТА ЗНИКАЮЧИХ ВИДІВ 258

Безулик С.О. БІОТЕХНОЛОГІЧНІ СТРАТЕГІЇ ПІДВИЩЕННЯ ВРОЖАЙНОСТІ КУЛЬТУР ЗА ДОПОМОГОЮ ФІТОГОРМОНАЛЬНИХ ПРЕПАРАТІВ 260

Огаркова К.В. СТІЙКІСТЬ ПРИРОДНИХ ЕКОСИСТЕМ ДО ЗМІН КЛІМАТУ: ОЦІНКА АДАПТАЦІЙНОГО ПОТЕНЦІАЛУ РОСЛИН 262

Головань Л.В. РАДІОЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ТЕХНОГЕННОГО ВПЛИВУ: ПРИКЛАДИ ЗАБРУДНЕННЯ ТА ШЛЯХИ РЕАБІЛІТАЦІЇ.....264

Воробйова В.В. РІДКІСНІ ВИДИ РОСЛИН: ВИЗНАЧЕННЯ, КРИТЕРІЇ РІДКІСНОСТІ ТА СТАТУСИ ОХОРОНИ.....267

Пеншина М.В. ОЦІНКА ВПЛИВУ ТРАДИЦІЙНИХ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ НА ЕКОЛОГІЧНУ СИТУАЦІЮ ТА ЗДОРОВ'Я НАСЕЛЕННЯ 269

Черненко А.О. АНАЛІЗ ЗМІН МІКРОКЛІМАТИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПІД ВПЛИВОМ ЛІСОВИХ МАСИВІВ.....271

Босенко А.О. МІКРОЕВОЛЮЦІЯ ТА МАКРОЕВОЛЮЦІЯ ЯК ПРОЦЕСИ ФОРМУВАННЯ ВИДУ: МЕХАНІЗМИ, ЗАКОНОМІРНОСТІ ТА ЕВОЛЮЦІЙНІ НАСЛІДКИ.....273

Полоус Р.С. ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ СИСТЕМИ ПОВОДЖЕННЯ З ТВЕРДИМИ ВІДХОДАМИ У ЛЬВОВІ: ДОСЯГНЕННЯ СТАЛОСТІ ТА ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ.....275

Клименко І.В. ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ ПРИРОДНО-ЗАПОВІДНИХ ТЕРИТОРІЙ.....276

Лавріченко Б.О. РОЛЬ ЗЕЛЕНИХ НАСАДЖЕНЬ У ПОЛІПШЕННІ ЯКОСТІ ПОВІТРЯ В УМОВАХ УРБАНІЗАЦІЇ ТА ВОЄННОГО НАВАНТАЖЕННЯ.....278

Сухіна О.М. УГОДА ІЗ США ПРО КОРИСНІ КОПАЛИНИ ТА ОЦІНЮВАННЯ ЗБИТКІВ ПРИРОДНИМ РЕСУРСАМ.....280

Сухенко О.В., Євтушенко Н.С. ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ТА СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ЗАХИСТУ ДОВКІЛЛЯ ЯК СТРАТЕГІЧНИЙ ПРІОРИТЕТ СОЦІОЕКОЛОГІЇ.....282

Коляда О.В. ВПЛИВ ВІДХОДІВ СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА НА НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ.....283

Никифорук О.І., Стасюк О.М., Федяй Н.О. ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ОСНОВНИХ ВОДОКОРИСТУВАЧІВ СУББАСЕЙНУ НИЖНЬОГО ДНІПРА.....285

Петкун А.С. БІОІНДИКАЦІЯ СТАНУ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ В ЗОНІ ВПЛИВУ ХАРЧОВИХ ПІДПРИЄМСТВ: ПОТЕНЦІАЛ ЛІХЕНОІНДИКАЦІЇ.....287

Рогожкіна Р.Є. СУЧАСНІ МЕТОДИ МІНІМІЗАЦІЇ ТА ПОПЕРЕДЖЕННЯ НЕГАТИВНОГО ВПЛИВУ МЕТАЛООБРОБКИ НА ДОВКІЛЛЯ.....289

Кучеренко О.С., Швагер О.В. РАЦІОНАЛЬНЕ ВИКОРИСТАННЯ СУЧАСНИХ ХІМІЧНИХ ЗАСОБІВ ЗАХИСТУ НА ПОСІВАХ РИСУ.....291

Korovin I., Masiuk O. MONITORING OF MINE WASTE DUMPS FOR TOXICITY.....292

Калє О.В. ЗАПОВІДНА СПРАВА В УМОВАХ ВІЙНИ: ТРАНСФОРМАЦІЯ ТА ВТРАТИ ПЗФ ДОНЕЦЬКОЇ ОБЛАСТІ У 2014-2025 РОКАХ.....293

Korotkova I., Trystan D., Lysenko B. BIOGAS PRODUCTION FROM SPENT MUSHROOM SUBSTRATE BY ANAEROBIC DIGESTION.....296

Гринь В.В., Босюк А.С. ВПЛИВ ЗМІН КЛІМАТУ НА ПРОДУКТИВНІСТЬ ВОДНИХ ЕКОСИСТЕМ ТА БІОРЕСУРСИ.....297

Тихенька А.В., Васіна Л.М. ВИЗНАЧЕННЯ ВМІСТУ НЕОРГАНІЧНИХ ФОСФАТІВ У СЕРЕДОВИЩІ КУЛЬТИВУВАННЯ *RHODOTORULA SSP.* ЗА ДІЇ N-(ФОСФОНОМЕТИЛ)ГЛІЦИНУ.....298

Старосельська Н.С. ЗАСТОСУВАННЯ КАТАЛІЗАТОРІВ РІЗНОЇ ПРИРОДИ У ПРОЦЕСАХ ПЕРЕЕТЕРИФІКУВАННЯ СОНЯШНИКОВОЇ ОЛІЇ.....300

Архипова В.В., Груздєва О.В. ЕКОЛОГІЧНІ, СОЦІАЛЬНІ ТА ЕКОНОМІЧНІ АСПЕКТИ СТАЛОГО РОЗВИТКУ.....302

Двінських Н.В., Хохленкова Н.В. СУЧАСНІ АСПЕКТИ ОЧИСТКИ СТІЧНИХ ВОД ФАРМАЦЕВТИЧНИХ ПІДПРИЄМСТВ.....304

Коваленко Л.М. ДО ПИТАННЯ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ В УКРАЇНІ.....306

Секція 3. ТЕХНОЛОГІЯ ТВАРИННИЦТВА ТА ВОДНІ БІОРЕСУРСИ.....308

Чудак Р.А. ВПЛИВ ЕХІНАЦЕЇ ПУРПУРОВОЇ НА ПРОДУКТИВНІСТЬ КОРОПА ЛУСКАТОГО 308

Саєнко І.С., Гладка Н.І. Приходченко В.О. ХІМІЧНІ ПРОЦЕСИ У ВОДНИХ ЕКОСИСТЕМАХ: ВПЛИВ ЗАБРУДНЕНЬ ТА МЕТОДИ ОЧИЩЕННЯ..... 310

Пукало П.Я., Сенечин В.В., Штинда Л.Й. РИБНЕ ГОСПОДАРСТВО УКРАЇНИ: ВИКЛИКИ ВІЙНИ ТА МОЖЛИВОСТІ РОЗВИТКУ 311

Honcharova I. DETERMINATION OF THE EFFECT OF THE PROBIOTIC FEED ADDITIVE BIOFERM ON THE PRODUCTIVITY OF EGG CROSS CHICKENS 313

Блохін О.М. ЗНАЧЕННЯ ПРОБІОТИКІВ ТА ПРЕБІОТИКІВ У ТВАРИННИЦТВІ..... 314

Керекеш А.В. ОСОБЛИВОСТІ ГОДІВЛІ КУРЧАТ БРОЙЛЕРІВ 316

Lysenko G., Leppa A., Geyda I. PROSPECTS OF USING SNAIL MEAT AS AN ALTERNATIVE SOURCE OF ANIMAL PROTEIN AND ANALYSIS OF ITS PRODUCTION IN LITHUANIA 318

Лебідь Я.Г. ЯЄЧНА ПРОДУКТИВНІСТЬ ПЕРЕПІЛОК ЗА ВИКОРИСТАННЯ ФІТОБІОТИКА 320

Гасиджак І.В., Побережець Ю.М. ВПЛИВ МІНЕРАЛЬНОЇ КОРМОВОЇ ДОБАВКИ НА ВІДТВОРЮВАЛЬНІ ПОКАЗНИКИ 322

Ткачук О.Д., Антоненко С.Ф., Барановський Д.І. ВПЛИВ МАСИ ТІЛА КОРІВ - ПЕРВІСТОК НА ПОДАЛЬШУ ЇХ МОЛОЧНУ ПРОДУКТИВНІСТЬ 323

Барановський Є.Д., Ткачук О.Д. ЕФЕКТИВНИЙ ЕНЕРГЕТИЧНИЙ ФАКТОР РОСТУ КУРЧАТ-БРОЙЛЕРІВ 324

Гноєвий І.В. ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ АКВАКУЛЬТУРИ УКРАЇНИ У ПІСЛЯВОЄННИЙ ЧАС..... 326

Кушелев Л.А. ВИКОРИСТАННЯ ОВОЧІВ У ГОДІВЛІ ВСЕЇДНИХ РИБ..... 328

Пенькова А.О. ГОДІВЛЯ БЕСТЕРА В БАСЕЙНАХ..... 329

Шевкунов О.В. АНАЛІЗ ДОСЛІДЖЕНЬ НАУКОВЦІВ З ВИВЧЕННЯ *LUMBRICULUS VARIEAGATUS* ЯК ПОВНОЦІННОГО КОРМУ ДЛЯ РИБИ 330

Шаблій Д.О. ВПЛИВ ІОНІЗОВАНОГО АМІАКУ НА ТЕМПИ ЗРОСТАННЯ МОЛОДІ АФРИКАНСЬКОГО СОМА (*CLARIAS GARIEPINUS*) В УЗВ..... 331

Безносюк А.М. ГЕМАТОЛОГІЧНІ ПАРАМЕТРИ КРОВІ СВИНЕЙ ПРИ АЛЬТЕРНАТИВНОМУ БІЛКОВОМУ ЖИВЛЕННІ..... 332

Разанова О.П., Скрипник С.В. РОЛЬ СТИМУЛЮЮЧИХ ПІДГОДІВЕЛЬ У ПІДВИЩЕННІ ПРОДУКТИВНОСТІ БДЖОЛИНИХ СІМЕЙ 334

Колісник О.І., Прудніков В.Г., Дидикіна А.І., Боднарчук І.М. МОДЕЛЮВАННЯ ПІДХОДІВ У ВИРОБНИЦТВІ ЯЛОВИЧИНИ..... 335

Секція 4. ІСТОРІЯ БІОТЕХНОЛОГІЇ, ЕКОЛОГІЇ Й АКВАКУЛЬТУРИ. ТЕОРІЯ ТА ПРАКТИКА ПІДГОТОВКИ ФАХІВЦІВ ІЗ БІОТЕХНОЛОГІЙ, ПРИРОДНИЧИХ І АГРАРНИХ НАУК 337

Безуглий М.Д., Щербак О.В. КЛОНУВАННЯ ССАВЦІВ: ШЛЯХ ВІД ПІОНЕРСЬКИХ РОБІТ ДО КОМЕРЦІЙНОГО ВИКОРИСТАННЯ 337

Царенок Б.М., Прилуцька С.В. ВПЛИВ ОКСИДУ ГРАФЕНУ НА РІСТ ЯЧМЕНЮ ОЗИМОГО ЗА УМОВ ВОДНОГО ДЕФІЦИТУ 339

Кручина В.В., Берешко І.М., Клеєвська В.Л. СУЧАСНІ ВИМОГИ ДО ПІДГОТОВКИ ФАХІВЦІВ-ЕКОЛОГІВ..... 340

Ільїна М.В. МІЖНАРОДНА СПІВПРАЦЯ У СФЕРІ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ ЯК ПРЕДМЕТ ВИКЛАДАННЯ У ВИЩІЙ ШКОЛІ..... 342

Матвєєнко А.С., Грецький І.О. МОВА ПРОГРАМУВАННЯ R ЯК ПЛАТФОРМА ДЛЯ МАШИННОГО НАВЧАННЯ І АНАЛІЗУ ДАНИХ БІОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ..... 344

Шелахова Ю.О., Масюк О.М. ФОРМУВАННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ СВІДОМОСТІ У МАЙБУТНІХ ФАХІВЦІВ ПРИРОДНИЧИХ НАУК: ДОСВІД ДАНІЇ ТА НІДЕРЛАНДІВ.. 346

Швець О.Г. ІНТЕГРАЦІЯ МІЖДИСЦИПЛІНАРНИХ ЗНАНЬ У ПІДГОТОВЦІ ФАХІВЦІВ З БІОТЕХНОЛОГІЇ: ПЕДАГОГІЧНІ СТРАТЕГІЇ ТА МЕТОДИЧНІ РІШЕННЯ..... 348

ЗВЕРНЕННЯ РЕКТОРА ДЕРЖАВНОГО БІОТЕХНОЛОГІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ КУДРЯШОВА А.І. ДО УЧАСНИКІВ КОНФЕРЕНЦІЇ

Шановні колеги!

Наш університет – це навчальний заклад європейського рівня, який забезпечує підготовку фахівців і науковців за найбільш актуальними напрямами, такими як харчова та фармацевтична біотехнологія, біотехнологія у тваринництві та ветеринарії, екологічна біотехнологія та біотехнології в рослинництві, молекулярна біотехнологія, водні біоресурси.

Ми маємо потужну наукову базу, що дозволяє не лише формувати висококваліфікованих спеціалістів, а й впроваджувати сучасні наукові розробки в практику. У час, коли країна стикається з серйозними викликами, саме спільна праця освітян, науковців і виробників здатна забезпечити сталий розвиток галузей.

Переконаний, що сьогоднішня конференція, яка присвячена актуальним питанням біотехнології, екології та природокористування, стане ефективною платформою для обговорення актуальних проблем галузі, обміну досвідом та пошуку шляхів вирішення викликів сучасності.

Особливо приємно, що в роботі конференції беруть участь провідні науковці, представники виробництва, аспіранти та студенти зі всього світу та з різних регіонів України.

Проведення таких наукових заходів уже стало доброю традицією нашого університету, що сприяє не лише обміну досвідом, а й створенню нових ідей та партнерств.

Бажаю всім учасникам плідної дискусії, конструктивних рішень та успішної реалізації наукових і практичних ініціатив!

Секція 1 БІОТЕХНОЛОГІЇ: ХАРЧОВА ТА ФАРМАЦЕВТИЧНА, БІОТЕХНОЛОГІЯ У ТВАРИННИЦТВІ ТА ВЕТЕРИНАРІЇ, ЕКОЛОГІЧНА БІОТЕХНОЛОГІЯ ТА БІОТЕХНОЛОГІЇ В РОСЛИННИЦТВІ, МОЛЕКУЛЯРНА БІОТЕХНОЛОГІЯ

EFFECT OF CRYOPRESERVATION ON THE MORPHO-FUCTIONAL CHARACTERISTICS OF MESENCHYMAL FOETAL STEM CELLS

E. Hristova[1], P. Todorov[2]

[1]Institute of Biology and Immunology of reproduction, Bulgarian Academy of Sciences, Sofia, Bulgaria, chief assistant professor, hristova.elena@gmail.com
[2]Institute of Biology and Immunology of reproduction, Bulgarian Academy of Sciences, Sofia, Bulgaria, professor, plamen.ivf@gmail.com

Stem cells have been extensively researched for the purposes of regenerative medicine since the initial reports of their isolation in 1960-ies. Today, there are more than 8000 clinical trials implementing them for various treatments (cliniclatrials.gov). Stem cells can be distinguished into different types, based on their source and method of derivation – embryonic, foetal and adult. According to their differentiation potential, they also can be divided into totipotent (the cells isolated from the first divisions of the zygote), pluripotent (embryonic and induced pluripotent stem cells), multipotent (mesenchymal and haematopoietic stem cells) and unipotent (progenitor) cells. Whereas the haematopoietic stem cells are now routinely used in clinical practice for transplantations in a variety of haematological conditions, however, mesenchymal stem cells (MSCs) have been investigated for their potential therapeutic effects for several decades until now.

Mesenchymal stem cells are promising source for cell-based therapies, because of their ability to differentiate into the osteoblast, adipocyte and chondroblast lineage. Also, they have low immunogenicity, as they have low expression of MHC-1 and lack of MHC-2. Data shows, that they possess immunomodulatory activity and can facilitate angiogenesis. In addition, they secrete a unique complex of cytokines and growth factors able to promote tissue regeneration. All those characteristics, attract the interest of scientists in biomedical research. There are numerous reports of MSCs being investigated for the treatment of wide variety of conditions, such as neurological diseases, heart failure, limb injuries, diabetes, persistent wounds, autoimmune diseases, retinal degeneration, etc.

In the current report, we will present our investigations on the influence of the process of cryopreservation on the morphological and functional characteristics (differentiation potential, level of apoptosis, electron microscopy assay, immunophenotyping, etc.) of mesenchymal stem cells, isolated from human and ovine foetal liver.

MOLECULAR BIODIVERSITY MONITORING: HOW FAR ARE WE?

K. Davydenko

Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, Sweden, researcher, Kateryna.davydenko@slu.se

Biodiversity loss at various scales has become a critical global issue, recognized by the European Union and the Convention on Biological Diversity (CBD), both of which have emphasized

the urgent need to halt biodiversity decline, including the impacts of invasive species, by 2010 [1]. Forests, with their rich genetic diversity, are critical to maintaining ecological balance and supporting adaptation to environmental changes. However, this adaptive capacity may be severely compromised if changes in the environment occur more rapidly than species' evolutionary mechanisms can absorb. Forest conservation programs traditionally focus on monitoring biodiversity, yet genetic diversity—the cornerstone of long-term forest health—has been largely neglected in these efforts due to the challenges associated with directly measuring genetic variation. International initiatives like EUFORGEN have made strides in conserving forest genetic resources, including the establishment of standards for genetic conservation units and the creation of the EUFGIS Portal, which allows for the designation and monitoring of these conservation units [1, 2].

Forest inventories play a crucial role in supporting long-term national databases for integrated monitoring, providing valuable insights into the most effective forest management practices. These inventories contribute to understanding forest structure, biodiversity, and ecosystem services, all of which are essential for promoting sustainable forest management. Such programs, while complex and costly, are fundamental for addressing the growing challenges posed by climate change, loss of biodiversity, and ecosystem degradation. Forest management plans must integrate various activities to conserve both forest stands and the ecosystem services they provide, ensuring that forests are protected while meeting the socio-economic and socio-cultural needs of local communities. In Lebanon, while research on forest stand structure and composition has been limited, the introduction of Integrated Monitoring Programs (IMPs) in the 1990s marked an important milestone in forest conservation. However, these programs have faced implementation challenges, often prioritizing rural development and eco-tourism activities over biodiversity assessments and conservation [3, 4].

In recent years, technological advancements in molecular methods have revolutionized the way environmental monitoring is conducted. The ability to detect and quantify DNA or RNA of target species, or even map entire species communities from environmental samples like water, soil, air, and sediments, represents a significant breakthrough in biodiversity monitoring. Moreover, the costs of high-throughput sequencing have decreased, and efficient pipelines for data collection and analysis have been developed, making it feasible to apply these methods on a large scale for routine monitoring. This progress offers an unprecedented opportunity to enhance biodiversity monitoring, providing more accurate, comprehensive, and cost-effective tools to assess ecosystem health and track changes over time. As global and regional policies, such as the European Biodiversity Strategy for 2030, are implemented to halt biodiversity loss and restore habitats, the quality of monitoring data will be pivotal to the success of these initiatives.

One of the most promising advancements in molecular monitoring is the use of environmental DNA (eDNA) for species detection. eDNA is a noninvasive method that enables the detection of species through genetic material found in environmental samples, such as water, soil, or air. This method has been used since the late 1980s to study microorganisms in sediments and has gained significant traction since the mid-2000s, particularly in microbiology. More recently, eDNA metabarcoding has been applied to detect the presence of macro-organisms, especially those inhabiting aquatic ecosystems, making it an invaluable tool for monitoring biodiversity and detecting species occurrences without the need for direct observation or capturing specimens [4, 6].

Despite these advancements, challenges remain in implementing molecular monitoring across all ecosystems and taxa. While molecular methods have been successfully applied in monitoring certain species, such as game animals, other crucial areas—such as biodiversity assessment, monitoring of threatened species, and detecting non-native pests—remain underdeveloped. One key

obstacle is the limited funding and fragmented expertise, which hinder the widespread application of molecular monitoring methods. Furthermore, there is a pressing need for standardized methods and tools to ensure that molecular techniques can be applied consistently and effectively across different monitoring programs. Addressing these challenges requires international coordination and collaboration, as well as the development of infrastructure, reference sequence libraries, and effective data management systems. Education and training in molecular techniques are also essential to build capacity and foster cross-sector collaboration, which will enable molecular monitoring to become a routine and integral part of environmental management and conservation efforts worldwide.

In conclusion, molecular monitoring methods offer significant potential to improve the accuracy, efficiency, and scope of biodiversity monitoring. The adoption of technologies like eDNA metabarcoding provides a powerful tool for noninvasive species detection and ecosystem assessment. However, to fully realize the potential of these methods, there must be coordinated efforts to address the challenges of funding, standardization, infrastructure, and education. With continued investment and collaboration, molecular monitoring can become an essential component of global biodiversity conservation strategies, providing critical data to guide policy decisions and management practices aimed at halting biodiversity loss and protecting ecosystems for future generations.

REFERENCES

1. Fussi B. et al. // *Environmental Monitoring and Assessment*. 2016. 188: 493 https://doi.org/10.1007/s10661-016-5489-7

2. Koskela J., et al. // Biological Conservation. 157: 39–49 https://doi.org/10.1016/j.biocon.2012.07.023

3. Katzner T. et al. // Conservation Biology. 2007. 21: 241–252. https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2006.00561.x

4. Sattout E., Peter D.S. // Diversity. 2011. 3.3: 531-546. https://doi.org/10.3390/d3030531

5. Tobler, M. et al. // Biological Conservation. 220: 245–253. https://doi.org/10.1016/j.biocon.2018.02.015

6. Mena, J. L. et al. // *Ecological Applications*. 31(5): e02335. https://doi.org/10.1093/aobpla/plac031

ТЕМПЕРАТУРНА РЕГУЛЯЦІЯ СИНТЕЗУ ПРОТЕАЗ МОРСЬКИМИ ШТАМАМИ БАКТЕРІЙ

О.В. Гудзенко

Інститут мікробіології і вірусології ім. Д.К. Заболотного НАН України, м. Київ, Україна
alena.gudzenko81@gmail.com

Протеази належать до найбільш важливих ферментів, що використовуються в промисловості, і на сьогодні охоплюють близько 60% світового ринку ензимів. Їх основною функцією є гідроліз білкових молекул до коротших пептидів або окремих амінокислот. Особливість дії протеаз полягає в їх здатності розщеплювати білки в різних ділянках поліпептидного ланцюга. За філогенетичною спорідненістю та механізмом каталізу ці ферменти поділяють на аспарагінові, цистеїнові, глутамінові, серинові, треонінові, металозалежні, змішані протеази, а також на ензими з поки що неідентифікованими

механізмами дії. У промислових технологіях ензими дедалі частіше використовуються як альтернатива хімічним реагентам. Зокрема, мікробні ферменти, займають провідне місце в харчовому виробництві. Крім того, вони є важливими компонентами миючих засобів, застосовуються у процесах переробки паперу, біодеградації відходів, а також у фармацевтичній, текстильній, шкіряній промисловості, при біоконверсії пір'я. Окремо варто згадати їх застосування у відновленні срібла з рентгенівських плівок та в медичних технологіях.

Мікробні протеази залишаються найзатребуванішими біокаталізаторами завдяки своїй низькій собівартості, позаклітинному характеру секреції, високій стабільності та доступності. Значну частку загальних витрат на виробництво ферментів — близько 30–40% — становить споживання електроенергії для культивування. У зв'язку з цим особливої уваги набуває використання мікроорганізмів, які синтезують ензими при більш низьких температурах.

Мета дослідження — встановити оптимальні температурні умови культивування трьох морських штамів *Bacillus*, необхідні для максимального виявлення еластазної, фібриногенолітичної та колагеназної активності.

Матеріали та методи. Об'єктами дослідження були три штами: *Bacillus atrophaeus* 08, *Bacillus licheniformis* 043 та *Bacillus subtilis* 248, ізольовані з донних відкладень Чорного моря на глибинах 888–2080 м. Культивування проводили при температурах 12, 28 і 42 °C упродовж 5 діб при швидкості аерації 210 об/хв. По завершенню ферментації супернатанти отримували центрифугуванням (5000 g, 30 хв). Еластазну, фібриногенолітичну та колагеназну активність визначали в культуральній рідині.

Результати. Незважаючи на подібну глибину ізоляції штамів (*B. atrophaeus* 08 і *B. subtilis* 248 — 1499 м, *B. licheniformis* 043 — 1537 м), спектри їх ферментативної активності суттєво різнилися залежно від температури культивування та стадії росту:

Для *Bacillus atrophaeus* 08 найвища еластазна та колагеназна активність спостерігалась при 28 °C на другу добу, а фібриногенолітична — при 12 °C також на другу добу.

У *Bacillus licheniformis* 043 максимальна еластазна активність виявлялась на 4-ту добу при 28 °C, колагеназна — на 2-гу добу при тій же температурі, а фібриногенолітична — при 42 °C на 2-гу добу.

Bacillus subtilis 248 проявляв найвищу еластазну активність при 12 °C (2-га доба), фібриногенолітичну — при 28 °C (4-та доба), а колагеназну — при 42 °C (4-та доба).

Висновки. Температура вирощування істотно впливає на рівень синтезу протеаз морськими бактеріями. Оптимізація цього параметра дозволяє значно підвищити продукцію еластази, колагенази та фібриногенази. Різні штами мають індивідуальні температурні профілі активності, що слід враховувати при розробці біотехнологічних процесів.

ВИДО- ТА ШТАМОСПЕЦИФІЧНІСТЬ АНТИОКСИДАНТНОЇ АКТИВНОСТІ БАЗИДІЄВИХ ГРИБІВ

Т.А. Круподьорова[1], Т.О. Зайченко[2], В.Ю. Барштейн[3]

Державна установа «Інститут харчової біотехнології та геноміки Національної академії наук України», Відділ рослинних харчових продуктів та біофортифікації, Київ, Україна
[1]с.н.с., krupodorova@gmail.com
[2]аспірант, провідний інженер, zaychenko.t@ukr.net
[3]т.в.о. завідувача відділу, провідний науковий співробітник, barmash14@gmail.com

Антиоксидантна активність грибів є перспективним напрямом сучасних досліджень, що поєднує прикладні аспекти біотехнології, медицини та харчової промисловості. В умовах поширення захворювань, пов'язаних з оксидативним стресом, нейродегенеративних, онкологічних, атеросклерозу, запальних процесів, зростає потреба у безпечних

антиоксидантах природного походження. Базидієві гриби мають широкий спектр вторинних метаболітів із вираженою антиоксидантною активністю, описаних у ґрунтовних оглядах [1-3]. До таких метаболітів належать поліфеноли, флавоноїди, аскорбінова кислота, токофероли, каротиноїди, а також унікальні для грибів сполуки – ерготіонеїн, меланін, глюкани та інші. У багатьох видів виявлено здатність не тільки нейтралізувати активні форми кисню, а й регулювати внутрішньоклітинний редокс-гомеостаз, що робить їх цінними об'єктами для подальшого вивчення [3]. Актуальність таких досліджень зумовлена не лише багатим біохімічним потенціалом базидіоміцетів, а й їх доступністю, можливістю культивування у контрольованих умовах та екологічною безпекою цього процесу, що створює ґрунт для подальшої розробки ефективних природних антиоксидантів нового покоління. Метою дослідження було оцінити антиоксидантний потенціал базидієвих грибів.

Об'єктом дослідження були чисті культури 27 базидієвих видів (разом 49 штамів), люб'язно наданих з Колекції культур шапинкових грибів Інституту ботаніки ім. М. Г. Холодного НАН України [4]. Антиоксидантний потенціал визначали шляхом оцінки відсотка поглинання вільних радикалів (за DPPH) та вмісту фенольних сполук (реакція з реактивом Фоліна-Чокальтеу) і полісахаридів в екстрактах міцелію та культуральної рідини досліджуваних грибів із застосуванням загальноприйнятих методик. Оптимізацію параметрів культивування (температури, тривалості, способу культивування, джерел азоту та вуглецю), спрямованих на підвищення продукування міцеліальної біомаси, накопичення фенольних сполук та зростання антиоксидантної активності, здійснювали методом однофакторного аналізу. Для встановлення кореляційних зв'язків між досліджуваними показниками застосовували коефіцієнт кореляції Пірсона та аналіз головних компонент.

Синтез метаболітів з антиоксидантною активністю є природною та есенціальною фізіологічною функцією грибів, оскільки ці сполуки відіграють ключову роль у захисті клітин від оксидативного стресу та забезпеченні адаптації до мінливих умов довкілля. Отримані результати засвідчують значний біосинтетичний потенціал досліджених культур, що проявився у їх здатності до росту та продукування метаболітів в контрольованих умовах культивування. Аналіз експериментальних даних виявив значні видо- та штамоспецифічні відмінності у рості культур, продукуванні досліджуваних метаболітів та рівні антиоксидантної активності, а також їх залежність від типу досліджуваного біологічного матеріалу (міцелій або культуральна рідина). Здатність до знешкодження вільних радикалів варіювала у досліджених зразках у межах 4,30–96,66 %. Вміст фенольних сполук знаходився в діапазоні від слідових кількостей до 25,35 мг еквівалента галової кислоти на грам сухої маси. Концентрація ендополісахаридів у міцелії становила 1,56–10,32 %, тоді як вміст екзополісахаридів у культуральних рідинах коливався від слідових значень до 2,24 г/л.

Результати кореляційного аналізу Пірсона продемонстрували достовірну сильну кореляцію ($r = 0,66$) між антирадикальною активністю (інактивацією DPPH) та кількістю міцеліальної біомаси 27 видів грибів, що вказує на вагому роль внутрішньоклітинних сполук у забезпеченні антиоксидантного ефекту екстрактів, попри відносно низький вплив ендополісахаридів та загального вмісту фенольних сполук, який визначали окремо. На рівні штамів, на прикладі *Fomitopsis betulina*, встановлено високу кореляцію ($r = 0,90$) між знешкодженням вільних радикалів та вмістом фенольних сполук у біомасі, а також між міцеліальною біомасою. Водночас виявлено позитивну, але слабку кореляцію між вмістом фенольних сполук та екзополісахаридів у культуральній рідині. Така різниця може бути зумовлена наявністю інших біологічно активних сполук, синергією компонентів або особливостями їхньої просторової організації та біодоступності. Результати аналізу головних компонент показали, що існує сильна кореляція між фенолами, які є найперспективнішими антиоксидантними сполуками грибів, та активністю поглинання DPPH. Серед полісахаридів, екзополісахариди не демонструють сильного групування зі змінними антирадикальної активності, на противагу ендополісахаридам, для яких виявлено кореляцію. Відсутність групування екзополісахаридів вказує на їх слабкий зв'язок із антирадикальною активністю у досліджуваних видах. Враховуючи зазначене, існує потреба в подальшій поглибленій оцінці

антиоксидантного потенціалу кожного виду та штаму грибів окремо за комплексом біосинтетичних характеристик. З цією метою було відібрано дві культури – *F. pinicola* 1523 та *F. betulina* 2777 – для виявлення їхніх видових та штамових особливостей росту, метаболічної активності та антиоксидантного потенціалу.

Результати дослідження впливу умов культивування різних видів одного роду дозволили визначити оптимальні параметри для продукування міцеліальної біомаси, синтезу фенольних сполук та прояву антиоксидантної активності. Отримані дані виявили як видові відмінності, так і певні закономірності, що становлять значний науковий інтерес. Простежується тенденція, що умови, які сприяють максимальному росту біомаси, не завжди є оптимальними для накопичення фенольних сполук та досягнення найвищої антиоксидантної активності. Для кожного з досліджуваних параметрів культивування існує певний діапазон або окреме значення, при якому досягається пік продукування біомаси, фенолів або знешкодження вільних радикалів. Ці оптимальні значення можуть не збігатися. Джерела вуглецю та азоту мають значний вплив на всі досліджувані показники (ріст та продукування метаболітів), що підкреслює важливість підбору оптимального поживного середовища для цілеспрямованого отримання біомаси та біологічно активних сполук.

Встановлено високий біосинтетичний потенціал досліджуваних штамів та їхню виражену антиоксидантну активність, що підтверджує перспективність використання базидієвих видів як джерела біологічно активних метаболітів. Отримані результати дослідження підкреслюють доцільність використання комплексного підходу до вивчення біологічної активності макроміцетів з урахуванням як внутрішньоклітинних, так і позаклітинних метаболітів, а також видо- і штамоспецифічних особливостей кожної культури. Встановлено складну взаємодію між умовами культивування та метаболічною активністю грибів, що вказує на необхідність цілеспрямованої оптимізації окремих параметрів з метою досягнення бажаного рівня біомаси, вмісту фенольних сполук та антиоксидантної активності. При цьому важливим є досягнення балансу між цими показниками, оскільки умови, що сприяють активному росту, не завжди є оптимальними для синтезу вторинних метаболітів.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Mwangi R. W., Macharia J. M., Wagara I. N., Bence R. L. // Biomed. Pharmacother. 2022. 147: 112621. https://doi:10.1016/j.biopha.2022.112621

2. Podkowa A., Kryczyk-Poprawa A., Opoka W. et al. // Eur Food Res Technol. 2021. 247: 513–533. https://doi.org/10.1007/s00217-020-03646-1

3. Quintero-Cabello K.P., Lugo-Flores M.A., Rivera-Palafox P., Silva-Espinoza B.A., González-Aguilar G.A., Esqueda M., Gaitán-Hernández R., Ayala-Zavala J.F. (2021). // Journal of Fungi. 7(3):196. https://doi.org/10.3390/jof7030196

4. Bisko N., Lomberg M., Mykchaylova O., Mytropolska N. IBK Mushroom Culture Collection. Version 1.8. – The IBK Mushroom Culture Collection of the M.G. Kholodny Institute of Botany, 2024. Kyiv.

ГЕНЕТИЧНІ МАРКЕРИ ТА ВЕКТОРИ, ЩО ВИКОРИСТОВУЮТЬСЯ ДЛЯ ТРАНСФОРМАЦІЇ *E. COLI*

А. В. Григоренко

Державний біотехнологічний університет, Харків, здобувачка 4-го курсу бакалаврського рівня вищої освіти, hryhorenko.anna.v@gmail.com
Науковий керівник: старший викладач кафедри біотехнології, молекулярної біології та водних біоресурсів Кібенко Н.Ю.

Escherichia coli (*E. coli*) є одним із найважливіших модельних організмів у молекулярній біології та біотехнології. Її популярність зумовлена низкою переваг: швидким ростом, простотою культивування, добре вивченим геномом та високою генетичною пластичністю, яка дозволяє ефективно маніпулювати її генетичним матеріалом у лабораторних умовах. Саме ці властивості зробили *E. coli* незамінним інструментом для дослідження базових процесів клітинної біології — таких як реплікація ДНК, транскрипція та трансляція [1].

Трансформація *E. coli* — це процес введення чужорідної ДНК, найчастіше у вигляді плазмід, до бактеріальної клітини з метою зміни її генетичних властивостей. Цей метод є фундаментальним у молекулярній біотехнології та широко використовується з кількома основними цілями. По-перше, він дозволяє здійснювати експресію рекомбінантних білків, включаючи ферменти, гормони, терапевтичні агенти та вакцини, що має велике значення для медицини та промисловості. По-друге, трансформація *E. coli* є ефективним способом функціонального аналізу генів та регуляторних елементів, що сприяє глибшому розумінню генетичних механізмів. По-третє, трансформовані клітини використовуються як "біофабрики" для біосинтезу цінних речовин — амінокислот, вітамінів, біопалива та інших метаболітів.

Для успішної трансформації необхідно використовувати спеціальні вектори — зазвичай плазміди — які містять ключові генетичні елементи. Серед них важливими є гени-індикатори або селективні маркери, що дають змогу відбирати лише трансформовані клітини. Крім того, плазміди містять точку реплікації, полілінкер і регуляторні елементи, які забезпечують ефективну транскрипцію та трансляцію введеного гена. Без цих елементів процес трансформації був би малоефективним, а ідентифікація рекомбінантних колоній — практично неможливою.

Плазміди — це автономні, кільцеві молекули ДНК, здатні до самостійної реплікації в бактеріальних клітинах, що робить їх ключовими елементами у процесі трансформації Escherichia coli. Вони широко використовуються як вектори для перенесення та експресії рекомбінантних генів, оскільки забезпечують стабільне збереження, розмноження та контроль над експресією введеної ДНК. Завдяки своїм властивостям, плазміди дозволяють ефективно маніпулювати генетичним матеріалом бактерій у лабораторних умовах.

Серед основних типів векторів, які використовуються для трансформації E. coli, виокремлюють три основні групи. Перша — це клонувальні вектори, що призначені для вставлення, збереження та реплікації фрагментів ДНК. Одним із найвідоміших представників цієї групи є вектор pBR322, який містить два гени стійкості до антибіотиків — *ampicillin* (amp^R) та *tetracycline* (tet^R), а також має низький копійний номер (~20 копій на клітину), що дозволяє контролювати рівень експресії гена-вставки [2]. Іншим популярним прикладом є вектори серії pUC (наприклад, pUC19), які характеризуються високим копійним числом, наявністю мультиклонального сайту (MCS) і гена *lacZ*, що дозволяє здійснювати синьо-білий скринінг для відбору колоній із рекомбінантною ДНК.

Друга група — експресійні вектори, які розроблені для сильної та контрольованої експресії білків у клітинах E. coli. Вектори pET-серії використовують потужний *T7-промотор,* який активується РНК-полімеразою фага T7 і забезпечує високий рівень продукції білків — ідеально підходить для отримання великих кількостей цільових білків. pBAD-серія векторів

(наприклад, pBAD322) регулює експресію за допомогою *арабінозного промотора*, що дозволяє точно контролювати рівень білка, індукуючи його за допомогою арабінози [3]. Ще одним прикладом є вектори pGEX, які дозволяють експресію білків, злитих з глутатіон-S-трансферазою (GST), що значно полегшує подальше очищення білків за допомогою афінної хроматографії.

Третя важлива категорія — це вектори широкого спектру, які можуть реплікуватися не лише в E. coli, а й в інших бактеріальних видах, що робить їх універсальними інструментами у генетичних дослідженнях, зокрема у трансформації не-модельних організмів. Прикладами таких векторів є плазміди на основі pBBR1, RSF1010 та RK2. Вони містять специфічні точки реплікації, які функціонують у широкому колі господарів, забезпечуючи стабільність плазміди та можливість перенесення генетичної інформації між різними бактеріями [4].

Генетичні маркери — це спеціальні гени, які включаються до складу плазмідних векторів з метою ідентифікації та селекції трансформованих клітин. Їх основна функція полягає в тому, щоб дозволити дослідникам ефективно відрізнити клітини, які успішно отримали рекомбінантну ДНК, від тих, які не зазнали трансформації. Генетичні маркери забезпечують вибіркове зростання лише модифікованих клітин або дозволяють візуалізувати їх у середовищі, що значно спрощує подальшу роботу з трансформантами.

Залежно від механізму дії, генетичні маркери поділяються на кілька основних типів. Найпоширенішими є маркери стійкості до антибіотиків, які дозволяють селекцію на середовищах, що містять відповідний антибіотик. Наприклад, amp^R — це ген, що кодує β-лактамазу, фермент, який інактивує ампіцилін, забезпечуючи виживання клітин, що несуть плазміду з цим маркером [5]. kan^R відповідає за синтез амінофосфотрансферази, що надає стійкість до канаміцину, а tet^R забезпечує резистентність до тетрацикліну. Ці гени використовуються для надійного відбору трансформованих клітин у лабораторних умовах [6].

Іншу важливу групу становлять метаболічні маркери, які пов’язані з метаболізмом і дозволяють здійснювати селекцію за допомогою хімічних реакцій. Найбільш відомий серед них — lacZ, який кодує фермент β-галактозидазу [7]. Його активність використовується в методі синьо-білого скринінгу: у присутності індуктора IPTG та субстрату X-gal клітини, що мають функціональний lacZ, утворюють сині колонії, тоді як у разі рекомбінації з порушенням цього гена формуються білі колонії. Також використовується araC, що кодує регулятор арабінозного оператора, важливий для індукованої експресії під контролем арабінозного промотора.

Третю категорію складають флуоресцентні або флуоромічні маркери, які дозволяють візуалізувати трансформовані клітини завдяки випроміненню флуоресцентного сигналу. Найпоширеніші серед них — це GFP (зелений флуоресцентний білок), який світиться зеленим під УФ-світлом, та RFP (червоний флуоресцентний білок), який випромінює червоне світло. Ці маркери дозволяють не лише візуалізувати трансформанти, але й досліджувати просторову експресію генів у реальному часі.

Щодо механізмів селекції, то найпоширенішим є посів трансформованих клітин на селективні середовища, які містять відповідний антибіотик. Виживають лише ті клітини, які отримали вектор із геном стійкості. Іншим поширеним методом є синьо-білий скринінг, що базується на активності β-галактозидази. Плазміда містить ген *lacZα*, який кодує фрагмент β-галактозидази [8]. У присутності IPTG та X-gal клітини з непорушеним геном *lacZα* синтезують активну β-галактозидазу та утворюють сині колонії. Якщо ж у цей ген було вставлено фрагмент ДНК, що порушує синтез ферменту, колонії

Правильний вибір векторів і генетичних маркерів є критичним фактором для ефективної трансформації *Escherichia coli* та подальшої експресії цільових генів. Від цього залежить не лише рівень продукції рекомбінантних білків, але й стабільність експресії, безпечність роботи та можливість масштабування процесу в біотехнологічних застосуваннях.

Одним із ключових аспектів є баланс між числом копій плазміди та силою промотора. Надмірна експресія може призвести до метаболічного навантаження на клітину, що знижує продуктивність та може викликати агрегацію білків. Наприклад, вектори серії pET з

промотором T7 забезпечують високу експресію, але вимагають ретельного контролю умов індукції.

Безпечність роботи з трансформованими *E. coli* також залежить від вибору векторів та маркерів. *E. coli* відноситься до мікроорганізмів другого рівня біобезпеки (BSL-2), тому необхідно дотримуватись відповідних протоколів, включаючи використання захисного одягу, стерильних технік та належної утилізації відходів . Використання маркерів стійкості до антибіотиків вимагає особливої уваги, щоб уникнути поширення генів стійкості в навколишнє середовище [9].

Трансформовані *E. coli* широко застосовуються в біотехнології, медицині, фармації та аграрному секторі. У медицині вони використовуються для виробництва рекомбінантних білків, таких як інсулін та інші терапевтичні агенти. У сільському господарстві трансформовані бактерії можуть сприяти підвищенню родючості ґрунтів або захисту рослин від патогенів.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. American Society for Microbiology. What is a Model Organism? Moving Beyond *E. coli* [Електронний ресурс] // ASM.org. 2025. URL: https://asm.org/articles/2025/february/what-is-a-model-organism-moving-beyond-e-coli

2. SnapGene. pBR322 Sequence and Map // SnapGene.com. URL: https://www.snapgene.com/plasmids/basic_cloning_vectors/pBR322

3. NovoPro. pBAD322 vector (V009294) // NovoPro Bioscience. URL: https://www.novoprolabs.com/vector/Vgmzdqnq

4. Neuhaus A. // Plasmids 101: Broad Host Range Plasmids. Addgene Blog. 2024. URL: https://blog.addgene.org/plasmids-101-broad-host-range-plasmids

5. Stroik S. // Plasmids 101: Choosing an Antibiotic Resistance Gene. Addgene Blog. 2023. URL: https://blog.addgene.org/plasmids-101-choosing-an-antibiotic-resistance-gene

6. Howell, E. E., Foster, P. G., Foster, L. M. // *Journal of bacteriology*. 1988. 170(7): 3040–3045. https://doi.org/10.1128/jb.170.7.3040-3045.1988

7. Hamed A. A., Khedr M., Abdelraof M. // *Journal of Genetic Engineering and Biotechnology*. 2020. 18(1). Article 80. DOI: 10.1186/s43141-020-00096-w

8. Grooms K. // *Promega Connections*. 2019. URL: https://www.promegaconnections.com/selecting-the-right-colony-the-answer-is-there-in-blue-and-white/

9. Tuttle A. R., Trahan N. D., Son M. S. // *Current protocols*. 2021. 1(1): e20. https://doi.org/10.1002/cpz1.20

TOWARDS A CIRCULAR ECONOMY IN UKRAINE: MAKING NUTRIENT RECYCLING WORK

O. Valetska[1,3], O. Nalobina[2], M. Holotiuk[3]

[1]Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, Sweeden,
Researcher, oksana.valetska@slu.se
[2]National University of Water and Environment Engineering, Rivne, Ukraine,
Professor, o.o.nalobina@nuwm.edu.ua
[3]National University of Water and Environment Engineering, Rivne, Ukraine,
Docent, m.v.holotiuk@nuwm.edu.ua

Sustainable nutrient management is at the core of resilient food systems, and nutrient recycling is gaining global attention as a strategy to close nutrient loops, reduce dependence on synthetic fertilisers, and mitigate environmental impacts [1]. In Ukraine, as one of Europe's largest agricultural producers, adopting nutrient recycling approaches is both a strategic necessity and a significant opportunity [2]. With rising fertilizer prices, disrupted import routes, and increasing pressure to restore degraded soils, Ukraine needs to develop systems that allow it to use local nutrient sources and reduce waste [3]. The aim of this work is to explore feasible pathways and enabling conditions for implementing effective nutrient recycling strategies in Ukraine, helping to transition towards a more circular and resilient agricultural economy.

Nutrient recycling involves recovering nutrients from organic residues, such as animal manure, crop residues, food waste, or municipal biosolids, and converting them into plant-available forms [4]. Technologies like composting, anaerobic digestion, thermochemical treatment (e.g., pyrolysis), and chemical recovery of phosphorus (e.g., struvite) are well-established globally [5-7]. The European Union's Circular Economy and Farm to Fork strategies provide important policy momentum, aiming to reduce nutrient losses by 50 % by 2030 [8]. Ukraine, facing unique challenges from conflict and reconstruction needs, has high biomass potential and a strong agricultural base that can support innovative recycling systems aligned with EU integration goals.

Circular economy (CE) pathways for nutrient recycling typically follow two main approaches: direct land application and targeted recycling technologies. Direct application, such as the use of untreated manure, sewage sludge, or source-separated urine, offers a simple and low-cost option but requires careful risk management due to potential contaminants [9]. Although it should not be allowed on soils affected by military operations. Advanced recycling technologies, including anaerobic digestion and composting, are widely applied to stabilize organic waste and enhance nutrient availability. Co-digestion and co-composting approaches allow better adjustment of nutrient ratios, improving fertilizer quality. Furthermore, chemical precipitation technologies like struvite recovery are key for targeted phosphorus recycling, while ash-based recycling technologies can manage contaminated residues by recovering phosphorus from incineration ashes. These technologies, although more complex, offer higher environmental and product quality benefits but demand investment and technical expertise [3, 7, 9].

However, several barriers hinder the scaling of nutrient recycling in Ukraine. Technically, there is a lack of adapted infrastructure and appropriate recovery technologies, especially for decentralized and small-scale applications. For example, favourable conditions for the implementation of biogas technologies have been identified among large livestock producers (dairy, pig, and poultry farming), while small-scale production faces economic and technical obstacles [10]. Economically, recycled products often struggle to compete with conventional fertilizers without dedicated incentives. Institutionally, regulatory frameworks are incomplete, with no harmonized quality standards or certification systems for recycled fertilizers. Socially, low farmer trust and limited awareness restrict the uptake of new nutrient sources.

To make nutrient recycling work in Ukraine, several strategic steps are recommended. These include aligning national regulations with EU fertiliser and waste directives; introducing targeted

subsidies, certification schemes, and public procurement incentives; investing in decentralized processing infrastructure; and establishing multi-actor innovation platforms to build trust among farmers, processors, and regulators. Strong monitoring systems and public communication campaigns are essential. Emphasising a systemic approach that integrates CE technologies with environmental risk management will help build a resilient nutrient recycling sector in Ukraine.

In conclusion, nutrient recycling offers a practical and scalable pathway for Ukraine's green recovery and agricultural resilience. By addressing technical, economic, institutional, and social challenges, and by selecting the right mix of direct application methods and advanced recycling technologies, Ukraine can transition toward a circular, climate-smart, and self-reliant agricultural system.

REFERENCES

1. McConville J., et al. // Sustainability: Science, Practice and Policy. 2015. 11.2: 33-43.
2. Dovhal O., et al. // Romanian agricultural research. 2024. 41: 99-108.
3. Sniatala B., et al. // Science of the Total Environment. 2023. 856: 159283.
4. Sharma B., et al. // International journal of environmental research. 2019. 13: 409-429.
5. Zhu Y., et al. // Chemosphere. 2022. 291: 133053.
6. Cerda A., et al. // Bioresource technology. 2018. 248: 57-67.
7. Ahring B. K. // Biomethanation i. 2003. 1-30.
8. Boix-Fayos C., J. de Vente // Agricultural Systems. 2023. 207: 103634.
9. Chunyu M., Zeller V. // Science of The Total Environment. 2025. 965: 178623.
10. Boyko O., et al. // Biosystems Diversity. 2024. 32.2: 260-269.

БІОТЕХНОЛОГАМ ПРО РОЗРОБЛЕННЯ ЖИВИЛЬНОГО СЕРЕДОВИЩА ДЛЯ КУЛЬТИВУВАННЯ ПРЕДСТАВНИКІВ РОДУ *BIFIDOBACTERIUM*

С.О. Гужвинська

ННЦ «Інститут експериментальної і клінічної ветеринарної медицини», м. Харків, Україна,
к. с.-г. н., с. н. с., провідний науковий співробітник, biotechvet2024@gmail.com

З кожним роком у нашій країні створюють все більше біологічно активних добавок і пробіотичних препаратів, основу яких складають культури представників нормальної мікрофлори [1]. Для розробки біопрепаратів використовують різні штами біфідобактерій, лактобактерій, ентерококів та непатогенні штами кишкової палички. Останнім часом значно зріс інтерес до біфідобактерій. Дослідники повідомляють, що для виробництва пробіотиків застосовують культури *Bifidobacterium adolescentis, B. animalis, B. bifidum, B. infantis, B. longum* та *B. thermophillus* [2]. Відомо, що основна частина пробіотиків для тваринництва це препарати на основі біомаси цих мікроорганізмів. Провідні вчені світу, стверджують, що підбір та оптимізація живильних середовищ для вирощування молочнокислих бактерій є важливим етапом на шляху розробки пробіотичних препаратів [3]. Правильний підбір складу живильного середовища забезпечує можливість виділення біфідобактерій, здобуття чистих культур, ідентифікації, вивчення їх морфологічних і фізіологічних особливостей. У своїх статтях дослідники аргументовано й усебічно висвітлюють, що живильні середовища необхідні для підтримки колекцій молочнокислих бактерій у високоактивному стані і для виготовлення пробіотиків [4]. Субкультивування, або періодичне пересівання на свіжі агаризовані середовища, відноситься до найстаріших і давно вже традиційних методів підтримки і збереження бактеріальних культур як в лабораторних, так і промислових умовах.

Метою нашої роботи було оптимізувати живильне середовище для культивування біфідобактерій, яке буде прискорювати накопичення бактеріальної маси і забезпечуватиме більш тривалий термін збереження культур.

Матеріали і методи досліджень. При досліджені використовували штами родів *Bifidobacterium.* Було досліджено п'ять варіантів живильних середовищ, які розрізнялись поміж собою концентрацією джерел азоту і вуглецю. Для всіх досліджених середовищ спільними були такі складові: глюкоза, лактоза, цитрат та ацетат натрію, сульфати магнію і марганцю. До основи у різних співвідношеннях вводили інші компоненти. Як контроль було обрано середовище Блаурока. Підбір та оптимізацію живильних середовищ проводили за такими критеріям: pH середовища, температури культивування та кількістю мікробних клітин після інкубації. Так, pH середовища та температурний режим культивування визначали загальноприйнятими методами, а кількість живих мікробних клітин - методом серійних розведень.

Результати досліджень. Біфідобактерії дуже вибагливі до складу поживних середовищ, особливо до легкозасвоюваних азотистих сполук, амінокислот, вуглеводів, ненасичених жирних кислот, вітамінів, мінеральних елементів. В результаті проведених досліджень були визначені компоненти живильного середовища, щоб забезпечити високий вихід біфідобактерій. Для виготовлення середовища для культивування біфідобактерій були підібрані компоненти при наступному співвідношенні мас. %: агар мікробіологічний – 0,2-2,7; глюкоза – 1,0-1,7; калій фосфорнокислий однозамінений – 0,2-0,6; лактоза – 1,0-1,7; магній сірчанокислий семиводневий – 0,02-0,06; марганець сірчанокислий чотирьохводневий – 0,005-0,007; натрій лимоннокислий – 0,5-0,8; натрій фосфорнокислий двозамінений – 0,2-0,6; цистін – 0,01-0,05; цитрат амонію – 0,2-0,6; вода – решта. Підібрані інгредієнти розчиняли і додавали дистильовану воду до 100 %. Живильне середовище кип'ятили, а потім доводили pH до 6,2-6,7. Готове середовище фільтрували через паперовий фільтр. Потім живильне середовище для біфідобактерій стерилізували та перевіряли на стерильність шляхом утримання в термостаті за температури 37 °С протягом 3 діб.

Дослідження показали, що всі зразки дослідних живильних середовищ для культивування біфідобактерій характеризувались гарною біохімічною активністю. Експериментально встановлено, що оптимальним для культивування культур *Bifidobacterium adolescentis 17* та *Bifidobacterium adolescentis 17-316* є живильне середовище № 3. При культивуванні культур на запропонованому середовищі отримали найвищий вихід бактеріальної маси біфідобактерій 6,4 ± 0,23 х 10^8 КУО/см^3 та 5,9 ± 0,22 х 10^8 КУО/см^3 відповідно, а на контрольному середовищі 4,7 ± 0,22 х 10^7 КУО/см^3. Також було вивчено ріст штамів *B. adolescentis 17* та *B. adolescentis 17-316* за різних параметрах pH і температури. Показано, що залежність питомої швидкості росту від pH середовища у біфідобактерій знаходиться у межах 6,5 – 6,7, а оптимальний ріст за температурою у межах 37 – 38 °С.

Висновки. Запропоновано склад живильного середовища для культивування представників роду *Bifidobacterium.* Середовище для культивування біфідобактерій забезпечує накопичення бактеріальної маси і підвищує вихід мікроорганізмів від 5,9 ± 0,22 х 10^8 до 6,4 ± 0,23 х 10^8 КУО/см^3. Опрацьовано технологічні параметри культивування біфідобактерій: температура 37 °С та кислотність ростового живильного середовища pH–6,5.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Даниленко С.Г. // Nauka i studia .2013: 19-22.
2. Полтавська О.А., Коваленко Н.К. // Молодь і поступ біології. 2006: 315-316.
3. Полтавська О. А. Біологічні властивості біфідобактерій, ізольованих з різних природних джерел. 2006: 132 с.
4. Старовойтова С.О., Скроцька О.І., Пенчук Ю.М., Пирог Т.П. // Технологія пробіотиків: підручник. 2012: 318 с.

БІОТЕХНОЛОГІЯ ОДЕРЖАННЯ КОМПЛЕКСНОЇ ВАКЦИНИ ПРОТИ РЕСПІРАТОРНИХ ЗАХВОРЮВАНЬ ВЕЛИКОЇ РОГАТОЇ ХУДОБИ

М.О. Фоменко[1], Д.М. Пилипенко[2]

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна,
[1]здобувач кафедри біотехнології, молекулярної біології та водних біоресурсів,
fomenkomira0@gmail.com
[2] доцент кафедри біотехнології, молекулярної біології та водних біоресурсів,
pdmforwork@btu.kharkiv.ua

Респіраторні захворювання великої рогатої худоби є проблемою охорони здоров'я тварин на фермах по всьому світі, оскільки вони спричиняють захворюваність та смертність молодняку, що завдає значних економічних збитків виробнику. Респіраторні захворювання найчастіше виникають протягом 4 тижнів після відлучення, що вважається стресовим періодом для телят. При цьому вірусна інфекція поєднується з бактеріальними агентами та посилюється стресом. Серед таких вірусів важливе місце посідають включають в інфекційний ринотрахеїт великої рогатої худоби (ІРТ), вірус парагрипу великої рогатої худоби 3 типу (ПГ-3), вірусної діареї великої рогатої худоби (BVDV), респіраторно-синцитіальний вірус великої рогатої худоби (ВРСВ) та ін. [1, 2]. Сьогодні вакцинація є одним із головних інструментів боротьби з вірусними інфекціями у тваринництві.

Живі вакцини містять ослаблені (атенуйовані) віруси, що зберігають здатність до реплікації і спричиняють легке, контрольоване інфікування організму, стимулюючи потужну імунну відповідь. Серед найпоширеніших живих вакцин: «Rispoval IBR-Marker» (Pfizer, США) – вакцина проти ІРТ; «Bovela» (Boehringer Ingelheim, Німеччина) – двовалентна вакцина проти BVDV-1 і BVDV-2; «HIPRABOVIS IBR + BVD» (HIPRA, Іспанія) – комбінована вакцина проти герпесвірусу і BVDV. Основною перевагою живих вакцин є формування тривалого імунітету (до 1–2 років), висока ефективність у плановій вакцинації молодняка, але використання таких препаратів заборонене для вагітних тварин та потребує ретельного епізоотичного контролю при застосуванні.

Інактивовані вакцини містять інактивований (вбитий) вірус, який не здатен викликати захворювання, але зберігає імуногенність. На українському ринку зареєстровано низку інактивованих вакцин вітчизняного і зарубіжного виробництва: «Івервак-ІРТ» (ТОВ «Біо-Тест-Лабораторія», Україна) – вакцина проти ІРТ; «Bovilis BVD» (MSD Animal Health, Нідерланди) – вакцина проти BVDV типу 1 та 2; «Paravac-3» (Bioveta, Чехія) – вакцина проти парагрипу-3, ІРТ і BVDV. Хоча тривалість імунітету після щеплення коливається від 6 до 12 місяців, для інактивованих вакцин характерна висока безпечність, відсутність ризику повернення вірулентності, можливість застосування у вагітних тварин, а також можливість створення комбінованих препаратів, що особливо важливо в умовах множинної інфекційної загрози в стаді.

Основні етапи виробництва комплексної інактивованої вірусної включають [3]: накопичення культур клітин (наприклад, MDBK або Vero) для вирощування вірусів; інфікування клітин вірусами (вирощування кожного з трьох вірусів проводиться окремо); збір та інактивація вірусів (наприклад, інкубуванням із формаліном, β-пропіолактоном або бінарним етиленіміном); контроль вірусів *in bulk*; змішування інактивованих антигенів у відповідних концентраціях; додавання ад'ювантів (наприклад, гідроксиду алюмінію або масляних емульсій) для підвищення імунної відповіді; контроль готової вакцини (зокрема, стерильності, безпечності та імуногенності).

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ:

1. Abd El Fadeel M.R. et al. // Clinical and experimental vaccine research. 2020. 9(2): 119-125.
2. Radostits O.M. et al. // Veterinary Medicine: A Textbook of the Diseases of Cattle, Horses, Sheep, Pigs and Goats (10th ed.). 2007: 2180 p.
3. Шаповал О.М. // Науковий вісник ветеринарної медицини. 2022. 2(54): 17–22.

ВИКОРИСТАННЯ СУБКРИТИЧНИХ ЕКСТРАКТІВ ЛИСТЯ ГІНГКО БІЛОБА В ТЕХНОЛОГІЇ ВАРЕННЯ З АЙВИ

В.О. Сукманов[1], І.А. Ліхоліп[2]

[1] Полтавський державний аграрний університет, Полтава, Україна,
професор кафедри харчових технологій, Sukmanovvaleri@gmail.com.
[2] Відокремлений структурний підрозділ «Полтавський фаховий коледж Національного університету харчових технологій, Полтава, Україна,
викладач хімії, ir1407@ukr.net.

За результатами діяльності харчової промисловості України у 2021 році було виготовлено 53110 т джему, мармеладу, пюре, желе, повидла та конфітюру та за наступні 4 роки має місце позитивна динаміка у розвитку овочеконсервної промисловості. Аналіз глобальної інформації ринку айви свідчить, що світовим лідером з експорту айви є Франція з об'ємом 3,16 мільярди дол. та лідером з імпорту айви є США з об'ємом 2,373 мільярди дол.

Висока харчова цінність даного продукту стала причиною до різкого зростання у вирощуванні айви, дослідження та розвиток нових технологій, які передбачають використання різноманітних інгредієнтів та розробку нових технологій виготовлення варення з айви. На нашу думку, інгредієнтом, що підвищить якість варення з айви, можуть бути екстракти з листя гінгко білоба (ГБ), яким притаманні безліч цінних харчових та профілактично-оздоровчих властивостей. Серед технологій отримання екстрактів біологічно активних речовин з рослинної сировини, на даний час, можна вважати найбільш інноваційною технологію екстрагування субкритичною водою, яка має низку переваг у порівнянні з традиційними технологіями.

Мета роботи – дослідження ефективності використання субкритичних водних екстрактів листя ГБ в технології варення з айви.

Об'єкт досліджень – технологія варення з айви, збагачене додаванням екстрактів листя ГБ, отриманих у субкритичному водному середовиші.

Предмет дослідження: параметри екстрагування листя ГБ субкритичною водою (тиск, температура, гідромодуль, розмір фракції, тривалість процесу), реологічні властивості варення (в'язкість, напруга та швидкість зсуву), антиоксидантні властивості, вміст поліфенолі та флавоноїдів органолептичні властивості.

В якості сировини було обрано листя гінгко білоба, придбане в інтернет-магазині горіхів, сухофруктів та спецій nuts.kiev.ua (м. Київ). Виробник – Китай (D&I Retail Group). Зразки свіжої айви (*Cydonia oblonga Mill.*) були придбані в торговельній мережі «Метро», м. Полтава. Екстрагування сухого листя гінгко білоба проводили на Сокслет-екстракторі (75% етанол, або дистильована вода; 6–10 годин при температурах 30, 50 та 80 ^{0}C) та установці РВД-2-500 у середовищі субкритичної води при варіюванні параметрів: температура, тиск, тривалість екстрагування, розмір фракції та гідромодуль. Дослідження проведені у науково-дослідній лабораторії ПДАУ «Субкритичні технології у харчових виробництвах».

При аналізі зразків варення було використано стандартні методики дослідження.

Зразки варення без пектину було використано як контроль. Виробництво варення без пектину здійснювалося з використанням двох різних концентрацій (0,05 % і 0,1 %) сухого екстракту ГБ, а також група була виготовлена з комерційним пектином (0,8 %).

При Сокслет-екстрагуванні, найвище значення виходу сухих речовин було при екстрагуванні етанолом. У порівнянні з результатами екстрагування дистильованою водою тривалість екстрагування до досягнення максимального виходу зменшилася з 12 годин до 10 годин. При цьому, максимальне значення виходу цільової речовини збільшилося з 511 до 624 мг/г сухої речовини.

Аналіз отриманих залежностей при субкритичному екстрагуванні показав, що вихід сухих речовин залежить, по-перше – від температури екстрагування: при 120^0С максимальне значення становило 475 мг/г сухої речовини; при 140^0С – 587 мг/г сухої речовини; при 160^0С – 649 мг/г сухої речовини та при 180^0С – 798 мг/г сухої речовини відповідно. Наступним чинником, який суттєво впливав на результати екстрагування, була тривалість процесу. Відповідно, максимальне значення вилучення цільової речовини було досягнуто після 35 хв екстрагування (при 120^0С); після 33 хв. (при 140^0С); після 32 хв. (при 160^0С) та після 26 хв. (при 180^0С).

Результати визначення вмісту флавоноїдів і фенолів в дослідних зразках екстрактів при оптимальних параметрах процесу наступні:

- Сокслет екстракція (дистильована вода) при параметрах процесу: розмір фракції - 1±0,5 мм, 20 ^{0}С, 12 год - загальний вміст фенолів - 434.24 мг екв. галової кислоти/100 г сухої сировини; загальний вміст флавоноїдів - 318.22 мг екв. рутину/100 г сухої сировини;
- Сокслет екстракція (етанол 75%) при параметрах процесу: розмір фракції - 1±0,5 мм, 20 ^{0}С, 10 год - загальний вміст фенолів - 571.06 мг екв. галової кислоти/100 г сухої сировини; загальний вміст флавоноїдів - 574.572 мг екв. рутину/100 г сухої сировини;
- екстракція субкритичною водою при параметрах процесу: розмір фракції - 1±0,5 мм, 180^0С, тиск – 6 МПа, гідромодуль – 1:25, 26 хв. - загальний вміст фенолів - 611.90 мг екв. галової кислоти/100 г сухої сировини; загальний вміст флавоноїдів - 756.781 мг екв. рутину/100 г сухої сировини.

Екстракт листя гінкго білоба значно підвищив антиоксидантну активність варення у порівнянні з контролем (0.49 ± 0.50 mM Trolox/100г) і виявив її наступні значення у зразку: з пектином (0.50 ± 0.50 mM Trolox/100г); з 0,05 ГБ (0.85 ± 0.1 mM Trolox/100г); та у 0,1 (1.8 ± 0.1 mM Trolox/100г).

В’язкопружні властивості продуктів є вирішальними для уявлення про їх поведінку під час процесу виготовлення, зберігання та споживання. Дослідження показали, що реологічні властивості контрольного зразка та зразка з додаванням пектину, мають суттєву різницю, у порівнянні зі зразками з додаванням екстрактів з ГБ, які продемонстрували поведінку, ближчу до ньютонівської рідини (розрідження при зсуві), тоді як зразок з пектином продемонстрував псевдопластичну поведінку. Напруга зсуву варення зростала зі збільшенням швидкості зсуву. Уявна в’язкість варення зростала зі збільшенням концентрації екстракту. Крім того, в'язкість була знижена від зразка з пектином до зразка з 0,05 ГБ зі збільшенням значень pH.

Оцінка мікробіологічної якості досліджуваних зразків варення при їх зберіганні при двох різних температурах (4 ± 1˚С і 20 ± 2˚С) за такими показниками, як мезофільні аеробні і факультативно анаеробні мікроорганізми КУО в 1 г продукту; дріжджі, плісеневі гриби, КУО; бактерії групи кишкових паличок (коліформні); патогенні мікроорганізми, зокрема роду *Salmonella* продемонструвала, що додавання субкритичних екстрактів листя гінгко білоба до варення з айви суттєво підвищує гарантовані терміни зберігання даного продукту.

Органолептичні властивості досліджуваних зразків варення оцінювали за наступними показниками: загальний вигляд, колір, смак, запах, консистенція (текстура) та загальний вигляд (загальне сприйняття). За результатами оцінювання показано, що зразок з додаванням 0,1 ГБ мав найвищі органолептичні властивості.

Таким чином, в роботі вперше було науково обґрунтовано та експериментально доведено доцільність вдосконалення технології варення з айви шляхом його збагачення екстрактами з листя ГБ, отриманими методом субкритичного екстрагування.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Collins, B.J., Kerns, S.P., Aillon, K. et al. // Anal Bioanal Chem. 2020. 412: 6789–6809.
2. R. Sharma, V. Joshi, J. Rana // Indian Journal of Natural Products and Resources. 2011. 2(3): 354-357.
3. Siddiqui N., Azhar I., Tarar O., Masood S., Mahmood Z. // World Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences. 2015. 4(6): 68-77.

ВИКОРИСТАННЯ CRISPR-ТЕХНОЛОГІЙ У СТВОРЕННІ НОВИХ ШТАМІВ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ПРОБІОТИКІВ

К.С. Малишко

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків, Україна,
студентка бакалаврського рівня вищої освіти кафедри біотехнології, біофізики та аналітичної хімії, Kateryna.Malyshko@ihti.khpi.edu.ua

Останні роки позначені стрімким зростанням інтересу до пробіотичних мікроорганізмів як компонентів функціонального харчування, що безпосередньо впливають на метаболічне, імунне та навіть нейропсихічне здоров’я людини. Пробіотики застосовуються не лише у харчовій промисловості, а й у медицині, ветеринарії, дитячому харчуванні та клінічних дослідженнях. Проте важливо розуміти, що ефективність пробіотичних препаратів залежить не лише від виду мікроорганізму, а й від його генетичних особливостей — здатності виживати у жорстких умовах ШКТ, колонізувати слизові оболонки, синтезувати біологічно активні речовини, бути безпечними та стабільними в технологічному процесі.

В умовах сучасної біотехнології надзвичайно важливо мати інструменти, що дозволяють швидко і точно вдосконалювати такі штами. CRISPR-Cas-системи стали справжнім проривом у сфері геномного редагування, адже на відміну від класичних методів трансформації, вони дозволяють здійснювати прицільне редагування ДНК із мінімальними позацільовими ефектами. Це дає змогу створювати нові пробіотичні культури з оптимальними властивостями для різних груп населення — від немовлят до осіб із захворюваннями шлунково-кишкового тракту.

Метою дослідження було розроблення ефективного підходу до створення високоефективних пробіотичних штамів Lactobacillus із застосуванням CRISPR-Cas9 для посилення їх функціональних властивостей, зокрема виживаності в агресивному середовищі, здатності до колонізації кишківника та антимікробної активності.

Базовими об’єктами дослідження були лабораторно адаптовані штами *L. plantarum* DSM 20174 та *L. rhamnosus* GG ATCC 53103, які вже мають підтверджені пробіотичні властивості. Конструювання CRISPR-касет здійснювалось на основі плазміди pCRISPR-Cas9 з індукцією трансформації за допомогою електропорації.

Редагування проводилося у трьох напрямках: (1) підвищення експресії білків теплового шоку (groEL, dnaK), (2) посилення адгезивних властивостей шляхом вставки посилених промоторів до fbpA, (3) інтеграція додаткових копій plnEF для синтезу бактеріоцинів.

Після модифікації штами культивували у середовищі MRS, далі проводили оцінку:

– виживаності при pH 2.0–3.0 та в присутності 0,3% жовчних кислот,

– адгезії до клітин Caco-2 за допомогою світлової мікроскопії та аналізу CFU,

– антагоністичної активності до *E. coli, S. enterica, C. difficile* методом подвійного посіву,

– стабільності змін після 10 пасажів.

Порівняння з контрольними штамами показало статистично достовірне ($p < 0.05$) зростання функціональних показників. Виживаність у кислому середовищі зросла на 70–85 %, тоді як контрольні культури втрачали до половини популяції. За результатами адгезійного тесту, кількість прикріплених клітин модифікованих штамів зросла в середньому на 1,5 раза.

Особливо яскравим був ефект посилення антимікробної дії: зони пригнічення росту патогенів сягали 12–18 мм у модифікованих штамів проти 6–9 мм у вихідних. При цьому бактеріоцинову активність вдавалося зберегти навіть після п’яти циклів заморожування та розморожування.

Молекулярне підтвердження успішного редагування проводилось методом PCR із подальшим секвенуванням. Після 10 пасажів зміни зберігалися без втрати активності, що підтверджує стабільність конструйованих штамів.

Ці результати демонструють, що CRISPR-підхід відкриває можливість створення так званих "дизайнерських" пробіотиків, які можна налаштувати під потреби конкретних споживчих груп.

Застосування CRISPR-технологій у біотехнології пробіотичних мікроорганізмів дозволяє вивести розробку нових штамів на якісно новий рівень. Отримані штами не лише мають покращені фізіологічні властивості, але й демонструють стабільність, безпечність і високу ефективність у in vitro тестах. У подальшому це відкриває можливості для розробки адаптивних функціональних продуктів, що враховують індивідуальні особливості споживача.

З огляду на зростаючі потреби у продуктах з доказовою дією, впровадження CRISPR-підходів у промислову практику має стратегічне значення для розвитку біотехнологічного та фармацевтичного секторів. Надалі перспективним є дослідження in vivo моделей, реєстрація штамів як GRAS та оцінка їх ефективності у клінічних випробуваннях.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Barrangou R., Doudna J.A. // Nature Biotechnology. 2016. 34(9): 933–941.
2. Zhang F. // Annu. Rev. Pharmacol. Toxicol. 2021. 61: 681–704.
3. van Pijkeren J.P., Britton R.A. // Curr. Opin. Biotechnol. 2014. 29: 70–75.
4. Papadimitriou K. et al. // Front. Microbiol. 2015. 6: 654.
5. Denou E. et al. // J. Appl. Microbiol. 2008. 104(5): 1407–1416.
6. Kommineni S. et al. // Nat. Commun. 2015. 6: 8384.
7. Rodríguez J.M. et al. // Int. J. Food Microbiol. 2009. 130: 45–56.
8. Liu Y. et al. // Appl. Microbiol. Biotechnol. 2020. 104(9): 3783–3796.

POSSIBILITIES OF REGENERATIVE MEDICINE IN REPRODUCTIVE TECHNOLOGY

N. Brechka[1,2,3], V. Bondarenko[1], Y. Korenieva[2], I. Marakhovskyi[2], O. Shcherbak[4], O. Dehtiariova[1], Nur Sabrina Mohd Shalyadi Che Ali[1]

[1]Private establishment of higher education «Kharkiv institute of medicine and biomedical sciences», Kharkiv, Ukraine, natalia.brechka@khim.edu.ua
[2] SI «V. Danilevsky institute for endocrine pathology problems of NAMS of Ukraine», Kharkiv, Ukraine korni1@ukr.net, Ihor1marahovskiy@gmail.com
[3] Hospital district named after Dr. Jan Gawlik, Sucha Beskidzka, Poland natalia.brechka@khim.edu.ua
[4] State biotechnological university, Kharkiv, Ukraine, elenasherbak@ukr.net

Introduction. Stem cells are unique cells in the body with the remarkable ability to develop into many different cell types. They serve as a repair system, dividing essentially without limit to replenish other cells. There are several types of stem cells, categorized based on their origin and potential to differentiate.

Stem cells play a significant and growing role in reproductive medicine, offering promising possibilities for treating infertility, understanding early human development, and even generating gametes (sperm and eggs) in the lab. Stem cells have the ability to self-renew. Elucidating the mechanisms that regulate stem cell self-renewal and fate determination is essential for advancing both basic biological understanding and the development of regenerative therapies. These processes govern critical transitions during embryonic development, tissue homeostasis, and disease progression, including oncogenesis and age-related degeneration. By identifying the intrinsic and extrinsic factors that maintain pluripotency and prevent spontaneous differentiation, researchers aim to enhance in vitro culture methods and ensure consistent expansion of stem cells for clinical and research applications. Continued exploration in this area will significantly inform the design of scalable, reproducible stem cell-based interventions.

The aim. The aim of this work is to present literature data of the role of stem cells in regenerative medicine, and more specifically of male reproductive system.

Materials and methods. The collection of relevant data were done using the scientific databases Pubmed, Google Scholar. A manual search on reproductive endocrinology and pharmacology sources were also conducted for related published studies. Selected keywords (“stem cells” OR “regenerative medicine”) AND (“Leydig cells and gametes”) AND (“reproductive system”) were used to collect data.

Results. There are many types of Stem Cells Used in different medical branches.

Embryonic Stem Cells (ESCs): Pluripotent cells derived from early-stage embryos. They can differentiate into any cell type, including germ cells (eggs/sperm).

Also used Induced Pluripotent Stem Cells (iPSCs): Adult cells reprogrammed to a pluripotent state. These are ethically favorable alternatives to ESCs and can be patient-specific.

Mesenchymal Stem Cells (MSCs) found in bone marrow and other tissues; most common are used for regenerative therapies, including repairing reproductive tissues.

Key Applications in Reproductive Medicine are fertility preservation and restoration.

This is very relevant for cancer patients. Stem cells can help regenerate ovarian or testicular function after chemo/radiotherapy.

MSCs are widely used in ovarian rejuvenation. MSCs have shown promise in restoring ovarian function in women with premature ovarian insufficiency (POI).

The fashion trend now is Gamete Generation. ESCs and iPSCs can potentially be directed to become sperm or egg cells in vitro. This could offer solutions for individuals with no viable gametes due to genetics or disease. Cell precursors are well suited for treatment of endometrial disorders. Stem cells are being investigated for repairing damaged endometrial tissue in conditions like Asherman’s syndrome or endometriosis, potentially improving implantation and pregnancy success.

Stem cells have also found wide application in modeling human reproduction.

Creating organoids or embryoid models from stem cells helps researchers understand implantation, early embryo development, and causes of miscarriage or infertility.

Conclusions. Howewer using of embryonic stem cells remains controversial in many regions. Germline modification (e.g., altering genes in lab-created gametes) raises significant ethical questions.

In this connection we can see a future directions of applications of stem cells to regenerate damaged tissues of reproductive system.

БІОТЕХНОЛОГІЧНІ ПІДХОДИ ДО СТВОРЕННЯ БЛАКИТНОГО СИРУ

Н.В. Хохленкова[1], Є.Є. Рогачова[2]

Національний фармацевтичний університет, Харків, Україна,
[1]завідувачка кафедри біотехнології, hohnatal@gmail.com
[2]здобувачка вищої освіти 4 курсу ОП «Біотехнологія», rogacevaelizaveta69@gmail.com

Вступ. Блакитні сири займають особливе місце серед ферментованих молочних продуктів завдяки своєму пікантному смаку, вираженому аромату та характерному зовнішньому вигляду. Вони мають давню історію: походять із Франції, Італії та інших європейських країн, а сьогодні відомі в усьому світі під назвами Рокфор, Горгонзола, Стилтон, Дор Блю та ін. Блакитні сири виготовляють із коров'ячого, овечого або козячого молока. Ключовим етапом їх виробництва є дозрівання в присутності плісняви, яка розвивається всередині сирної маси за наявності кисню. Саме завдяки цьому формуються характерні синьо-зелені прожилки, а також відбувається складний процес утворення смакових і ароматичних компонентів.

На сучасному етапі виробництво блакитного сиру є складним багаторівневим процесом, що потребує глибоких знань у галузі мікробіології та біотехнології. Тому дослідження біотехнологічних аспектів виготовлення цього виду сиру є актуальним напрямом у харчовій промисловості.

Мета дослідження. Аналіз біотехнологічних підходів до виробництва блакитного сиру типу Дор Блю на основі вивчення літературних джерел та сучасних наукових публікацій.

Матеріали та методи. У роботі використано методи теоретичного аналізу та узагальнення наукової літератури з біотехнології молочнокислого сироваріння, зокрема сучасних біотехнологічних підходів до виробництва блакитних сирів.

Результати дослідження. На підставі аналізу наукової літератури встановлено, що для виробництва блакитного сиру необхідне поєднання класичних технологічних етапів сироваріння з цілеспрямованим використанням мікробіологічних культур.

Основу технології становлять: підготовка сировини, стандартизація молока, внесення заквасок, коагуляція, формування сирного згустку, інокуляція спорами плісняви *Penicillium roqueforti* та забезпечення умов для її росту під час дозрівання.

Молоко повинно бути високоякісним, з достатнім вмістом жиру (не менше 3,5%) і білка (близько 3%). Перед використанням його пастеризують для знищення патогенних і небажаних мікроорганізмів, що забезпечує мікробіологічну безпеку. На цьому етапі можлива стандартизація молока за жирністю для отримання стабільного складу продукту.

Наступним етапом є внесення молочнокислих заквасок – культур *Lactococcus lactis, Lactobacillus spp.* та інших, які ферментують лактозу до молочної кислоти. Це сприяє зниженню pH середовища, що полегшує дію сичужного ферменту. Окрім того, ці бактерії формують специфічні ароматичні речовини та пригнічують небажану мікрофлору.

Далі додається сичужний фермент тваринного або мікробіологічного походження (наприклад, з *Rhizomucor miehei*), який викликає коагуляцію казеїну – головного білка молока. Утворений згусток розрізають, перемішують і частково видаляють сироватку.

Найважливіший біотехнологічний етап – внесення культури *Penicillium roqueforti*. Спори гриба можуть додаватися в молоко до коагуляції або безпосередньо в сирну масу. Культура має бути чистою, активною, генетично стабільною та здатною продукувати ліпази й протеази. У сучасному виробництві застосовуються відібрані штами за такими ознаками: швидкість росту, інтенсивність утворення прожилок, смаковий профіль, відсутність мікотоксинів.

Сирні головки формують, пресують і солять (сухим способом або в розсолі). Сіль регулює вологість, пригнічує ріст небажаної мікрофлори, впливає на текстуру та смак. На цьому ж етапі проводять проколювання головок довгими голками — для доступу кисню вглиб сиру, необхідного для росту *P. roqueforti.* У цих каналах утворюються синьо-зелені прожилки.

Дозрівання відбувається в спеціальних камерах з контрольованим мікрокліматом: температура 8–12 °С, вологість 90–95%. У цей період ферменти плісняви розщеплюють білки до пептидів і амінокислот, а жири – до вільних жирних кислот. Саме ці речовини формують смак і аромат блакитного сиру. Наприклад, метилкетони надають гострого аромату, а леткі сполуки – спирти, альдегіди, ефіри – формують складний букет.

Біотехнологічний контроль є невід'ємною частиною виробництва: здійснюється мікробіологічний моніторинг чистоти культур, відсутності контамінації, стабільності смакових властивостей. Використовуються методи ПЛР, газової хроматографії, електрофорезу тощо.

Висновки. Блакитний сир – результат складного контрольованого біотехнологічного процесу, що поєднує традиції сироваріння з сучасними науковими досягненнями. Усі етапи – від підбору молока до дозрівання – залежать від точного управління мікроорганізмами, ферментативними реакціями та фізико-хімічними умовами. Саме завдяки цим біотехнологічним підходам створюється продукт із унікальним смаком, ароматом і текстурою, що користується високим попитом на світовому ринку.

THE POTENTIAL OF LUPIN PROTEINS IN THE FOOD INDUSTRY

M. Stets[1], V. Havryliak[2]

Lviv Polytechnic National University, Institute of Chemistry and Chemical Technologies, Lviv, Ukraine
[1]PhD student, maksym.h.stets@lpnu.ua
[2] professor, viktoria.v.havryliak@lpnu.ua

Lupin proteins, particularly from varieties such as *Lupinus angustifolius* and *Lupinus albus*, have garnered significant attention in the food industry due to their rich nutritional profile and potential health benefits. With protein content ranging from 28 % to 48 % depending on species and cultivars [1], lupin seeds are emerging as a valuable protein source for both human and animal nutrition. Recent studies have emphasized their favorable amino acid composition, particularly their high concentrations of essential amino acids, which makes them a beneficial alternative to other legumes such as soy [5]. Furthermore, these proteins exhibit properties that contribute to functional benefits in food products, such as improving texture and enhancing bioavailability [3].

Research has shown that lupin proteins possess unique bioactive peptides that may confer health benefits, including the regulation of blood glucose levels and modulation of cholesterol metabolism, which is crucial for combating lifestyle-related diseases like obesity, diabetes, and cardiovascular disease [4]. Specifically, peptides derived from lupin and soy have been identified as potential inhibitors of dipeptidyl-peptidase IV, which plays a role in glucose homeostasis [4]. The inclusion of

lupin protein in the diet has been linked to lower levels of total and non-HDL cholesterol, bolstering its reputation as a functional food ingredient [2]. This notion is reinforced by the incorporation of lupin flour into various baked goods, which has been associated with improvements in the nutritional profile and health implications of the end products [9].

Moreover, lupin flour stands out as a promising functional ingredient in the formulation of baked goods and snacks, owing not only to its high protein and dietary fiber content but also because it is a low-fat alternative that enhances overall product nutrition [8]. The addition of lupin flour to wheat-based products has demonstrated potential in reducing markers for chronic diseases, thus elevating its value in preventive nutrition strategies [9].

Despite the impressive nutritional credentials of lupin proteins, the food industry also faces challenges related to the allergenic potential of lupin-based products. The emergence of cases of allergic reactions, particularly in individuals with a history of legume allergies, highlights the need for industry awareness and consumer education regarding proper labeling and allergen management in lupin-containing foods [6]. Though the allergenic nature of lupin is an important consideration, advancements in processing techniques such as debittering and hypoallergenic formulations are being explored to broaden its acceptability in food applications [5].

Furthermore, ongoing research emphasizes the significance of breeding programs aimed at optimizing lupin varieties for enhanced protein yield and nutritional quality as well as reduced levels of antinutritional factors, such as alkaloids, that can limit their utilization [6]. The dual focus on improvement of agronomic traits and enhancement of nutritional profiles will be crucial for positioning lupin as a staple protein source in diets globally [7]. As interest in sustainable and plant-based diets grows, lupin seeks to leverage its multipronged advantages: being a high-protein, low-fat, and fiber-rich food ingredient that is beneficial for human health and also displays positive implications for environmental sustainability through nitrogen fixation and lower carbon footprints in agricultural practices [8, 5, 6].

In conclusion, lupin proteins represent a cutting-edge option for the food industry, marked by their high nutritional value and various health benefits. They emerge as central components in the development of functional foods that cater to modern dietary requirements while simultaneously being integrated into sustainable agricultural practices. By navigating challenges related to allergenicity and enhancing their intrinsic properties through research and innovation, lupin proteins can potentially transform the landscape of food manufacturing and consumer dietary practices.

REFERENCES

1. Abdel-Samie M., Abdulla G. // Journal of Food and Dairy Sciences. 2016. 7:71-79.
2. Arnoldi A., Boschin G., Zanoni C., Lammi C. // Journal of Functional Foods. 2015. 18: 550-563.
3. Boukid F., Pasqualone A. // European Food Research and Technology. 2021. 248: 345-356.
4. Lammi C., Zanoni C., Arnoldi A., Vistoli G. // Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2016. 64(51): 9601-9606.
5. Lucas M. et al. // Frontiers in Plant Science. 2015. 6.
6. Pereira A., Ramos F., Sanches-Silva A. // Molecules. 2022. 27(23): 8557.
7. Riga F. et al. // International Journal of Agronomy. 2021. 1-10.
8. Sedláková K., et al. // Acta Veterinaria Brno. 2016. 85(2): 165-175.
9. Villarino et al. // Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 2015. 56(5): 835-857.

УДОСКОНАЛЕННЯ БІОТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА ФЕРМЕНТНОГО ПРЕПАРАТУ ФІТАЗА

О.Г. Пісклова[1], І.А. Бєлих[2], С.І. Самойленко[3]

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Харків, Україна,
[1]здобувач вищої освіти кафедри біотехнології, біофізики та аналітичної хімії, helenpisklova@gmail.com
[2] доцент кафедри біотехнології, біофізики та аналітичної хімії, Iryna.Bielykh@khpi.edu.ua
[3] доцент кафедри біотехнології, біофізики та аналітичної хімії, Serhii.Samoilenko@khpi.edu.ua

Фітаза – це фермент класу фосфоргідролаз (офіційна назва ферменту: міо-інозитол-гексафосфат-фосфогідролаза, КФ 3.1.3.8), який каталізує поступове відщеплення фосфатних залишків від молекули фітинової кислоти. В результаті гідролізу утворюються менш фосфорильовані інозитоли і неорганічний фосфат. Фітази можуть бути кислими, нейтральними або лужними, що впливає на їх застосування в кормах. Наприклад, фітази виділені з *Aspergillus niger* мають оптимальний pH близько 5,5, що добре підходить для шлункового середовища тварин.

Біологічна роль фітази полягає у вивільненні фосфору з фітату, завдяки чому підвищується поживна цінність рослинних кормів. Фітин зв'язує до 80 % загального фосфору в рослинній сировині, а також формує комплекси з білками та мінералами, знижуючи їх біодоступність. Додавання фітази до кормів покращує засвоєння поживних речовин, знижує використання мінеральних фосфатів та навантаження на довкілля [1].

Виробництво фітази здебільшого здійснюється шляхом мікробного синтезу, зокрема, грибів *Aspergillus niger* (*A. niger*), *Aspergillus oryzae* (*A. oryzae*), *Aspergillus ficuum* (*A. ficuum*), бактерій *Bacillus subtilis* (*B. subtilis*), дріжджів *Pichia pastoris* (*P. pastoris*) [2]. Порівняльна продуктивність мікробних продуцентів фітази представлена в таблиці.

Таблиця – Порівняння продуктивності мікробних джерел фітази [2]

Мікроорганізм	Фітазна активність (U/мл)	Термостабільність
A. niger	1200–1400	50 °C, 15 хв
A. oryzae	900–1100	50 °C, 10 хв
A. ficuum	1300–1500	55 °C, 25 хв
P. pastoris (рекомбінантний)	2200	60 °C, 20 хв
B. subtilis	800	70 °C, 10 хв

Завданням сучасної біотехнології є підвищення рентабельності виробництва цього ферменту через оптимізацію умов ферментації, вибір штамів-продуцентів та застосування генної інженерії.

Мета роботи. Спираючись на літературні джерела інформації, запропонувати підвищення ефективності біосинтезу фітази за рахунок удосконалення умов культивування та застосування методів рекомбінантної ДНК для створення високопродуктивних штамів-продуцентів.

Для досягнення мети були поставлені наступні завдання:

- Вивчити ключові параметри ферментації для дикого штаму гриба *A. niger* та рекомбінантних дріжджів *P. pastoris*.
- Запропонувати рекомбінантну систему для експресії гена фітази з *A. niger* у дріжджах *P. pastoris* та оцінити рівень експресії отриманих штамів.
- Порівняти питому активність ферментів, виділених з різних штамів мікроорганізмів.
- Порівняти термостабільність фітази, отриманої з різних джерел.

- Оцінити стабільність експресії рекомбінантного ферменту протягом кількох поколінь.

В ході роботи були вивчені та проаналізовані продуценти фітази: *A. niger* (дикий штам) та трансформовані дріжджі *P. pastoris*. Для оптимізації процесу ферментації досліджували вплив температури, pH, джерел вуглецю (глюкоза, мальтоза, крохмаль), азоту (пептон, амонійні солі) та аерації в біореакторі об'ємом 5 л [4].

Генно-інженерні модифікації проводились шляхом клонування гена фітази зі штаму гриба *A. niger* у вектор pPICZαA з промотором AOX1. Трансформацію здійснювали електропорацією в клітини *P. pastoris* X-33 [3]. Відбір позитивних клонів проводили на середовищах із зеоцином. Рівень експресії контролювали за допомогою SDS-PAGE і спектрофотометричної оцінки активності за методом *Engelen* [4].

Аналіз впливу технологічних параметрів показав, що максимальна продуктивність фітази досягається при температурі 30 °C, pH 5,5–6,0, використанні глюкози як джерела вуглецю та соєвого гідролізату – як джерела азоту. Рівень активності ферменту у культуральній рідині досягав 1200–1400 U/мл [4].

Рекомбінантні штами дріжджів *P. pastoris* забезпечили вищий рівень продукції – до 2200 U/мл за індукції метанолом у ферментері. Проведена часткова очистка фітази (осадження сульфатом амонію та діаліз) дозволила досягти питомої активності понад 1000 U/мг білка [4].

Дослідження термостабільності показали, що фітаза виділена з дріжджів *P. pastoris* стабільна при 60°C протягом 20 хвилин, що робить її придатною для пелетованих кормів. Рекомбінантні штами зберігали стабільність експресії до 15 поколінь [4].

Отримані результати підтверджують, що удосконалення умов ферментації та генно-інженерні підходи дозволяють значно підвищити вихід фітази. Порівняно з дикорослими штамами, рекомбінантні дріжджі *P. pastoris* мають вищу продуктивність і адаптивність до масштабованого виробництва [4].

Висновки.

1. Оптимізація фізико-хімічних умов культивування дозволяє підвищити продуктивність природних продуцентів фітази до 40 %.

2. Застосування генно-інженерних методів у системі *P. pastoris* забезпечує до двократного зростання продуктивності ферменту порівняно з природними штамами.

3. Запропоновані зміни в біотехнології фітази можуть бути використані для розробки промислових технологій виробництва кормових ферментних препаратів.

4. Перспективним напрямом є подальший розвиток ферментації фітази на твердому середовищі (SSF), застосування мутагенезу, а також біоінформатичних методів оптимізації послідовності гену фітази з метою підвищення експресії в гетерологічних системах [5].

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Lei X.G., Porres J.M. // Biotechnol Lett. 2003. 25(21): 1787–1794.
2. Vats P., Banerjee U.C. // Enzyme Microb Technol. 2004. 35(1): 3–14.
3. Cereghino J.L., Cregg J.M. // Microbiol Rev. 2000. 24(1): 45–66.
4. Engelen A.J. et al. // J AOAC Int. 2001. 84(3): 629–633.
5. Singh B. et al. / Appl Biochem Biotechnol. 2011. 165(6): 920–932.

АСПЕКТИ ЗАСТОСУВАННЯ ЯЛІВЦЮ ЗВИЧАЙНОГО У ФАРМАЦІЇ ТА БІОТЕХНОЛОГІЇ

А.Г. Григоренко[1], Р.Т. Конечна[2]

Кафедра технології біологічно активних сполук, фармації та біотехнології Національного університету "Львівська політехніка", м. Львів, Україна,
[1]студент, anastasiia.hryhorenko.fr.2021@lpnu.ua
[2]кандидат фармацевтичних наук, доцент, roksolana.t.konechna@lpnu.ua

Ялівець звичайний (*Juniperus communis L.*), що належить до родини *Cupressaceae* та здавна використовується в народній медицині для лікування захворювань нирок, сечовивідних шляхів, запалень, порушень менструального циклу. Його біологічно активні сполуки, такі як феноли, терпеноїди та леткі речовини, забезпечують широкий спектр корисних властивостей. Дослідження, проведені науковцями з різних країн світу, підтверджують антимікробну, антиоксидантну, протизапальну, протидіабетичну, антигіперхолестеринемічну, нейропротекторну дії та інші корисні властивості цієї рослини.

Дослідники з Португалії проаналізували літературні дані щодо використання ялівцю звичайного як джерела біологічно активних сполук та встановили, що ефірні завдяки вмісту α-пінену, пригнічують ріст штамів малярії, а наночастинки срібла, отримані на основі екстрактів ялівцю, мають протипухлинну активність. Ялівець звичайний ефективний у терапії раку легень, молочної залози, печінки та товстої кишки. Вчені з Тайваню підтвердили, що екстракт ялівцю звичайного пригнічує ріст клітин раку ротової порожнини, не впливаючи на здорові клітини. Непальські дослідження вказують на перспективність ялівцю звичайного у терапії гепатоцелюлярної карциноми. Дослідники із медичного коледжу Сямень (Китай) встановили, що етанольні екстракти хвойних дерев *Cupressaceae* забезпечують швидкий захист від серцевої аритмії, викликаної хлоридом барію.

Європейські науковці підтвердили протипухлинну дію ефірної олії ялівцю звичайного на ракові клітини HeLa та HCT 116. Флавоноїд гіполаетин сприяє зниженню синтезу меланіну, що дозволяє застосовувати ялівець звичайний при лікуванні шкірних захворювань.

Об'єднанням науковців з Австрії, Болгарії та Німеччини доведена здатність ефірної олії плодів ялівцю підвищувати адаптивність до активних форм кисню *in vivo*. Сербські вчені встановили, що ялівець звичайний з очевидним антиоксидантним потенціалом може бути використаний як часткова заміна нітриту натрію при переробці ферментованих ковбас. Дослідники із Хорватії стверджують, що синергетичні комбінації ефірних олій ялівцю звичайного та цмину італійського потенційно можуть бути застосовані новими способами для запобігання адгезії та утворенню біоплівки не лише в системі водопостачання, але також на штучних матеріалах, що використовуються в медицині, або у випадку інфекцій, пов'язаних з утворенням біоплівки.

Вчені біологічного факультету Університету Латвії (Рига, Латвія) встановили значний потенціал використання комплексу ялівцю звичайного та ромашки лікарської для подальшого використання як косметичного інгредієнта засобів для захисту шкіри та запобігання старінню. Крім того, численні дослідження свідчать про перспективність використання ялівцю звичайного в аромотерапії, як засобу для зниження рівня стресу та поліпшення психоемоційного стану. Фітонциди ефірних олій рослини мають виражену антимікробну активність, що дозволяє їх використання у створенні засобів для очищення повітря та антисептичних препаратів. Інші дослідження показують потенційні можливості застосування 70% етанольного та ацетонового екстрактів однорічних ягід ялівцю звичайного для розробки біопестицидних продуктів. У харчовій промисловості екстракти ялівцю застосовують у виробництві напоїв, спецій і функціональних продуктів, що сприяють травленню та загальному зміцненню здоров'я.

У літературі представлено численні дані про дослідження хімічного складу екстрактів та ефірної олії з плодів та хвої ялівцю звичайного, які застосовуються для захисту організму від інфекцій та як загальнозміцнюючий засіб, а також володіють відхаркувальною, пом'якшувальною та протизапальною діями.

Результати проведеного аналізу літератури визначають потенціал застосування ялівцю звичайного для виробництва лікувально-профілактичних, косметичних засобів та харчових добавок. Окрім того, актуальним завдання сучасної біотехнології є дослідження щодо аспектів застосування біотехнологічних підходів до вилучення біологічно активних речовин, зокрема ферментної екстракції.

Ялівець звичайний – це унікальна рослина, яка, завдяки високому вмісту цінних біологічно активних сполук, знайшла застосування не лише у фармацевтичній, а й у харчовій, косметологічній, парфумерній та біотехнологічній промисловості. Перспективність для подальших досліджень та розробки нових продуктів не викликає сумніву та дозволяє розглядати рослину як важливий природний засіб для покращення якості життя та зміцнення здоров'я людини.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Ч.-Ч. Лі , Ч.-Є. Сяо, Ш-Ч. Лі, С.-Ф. Хуан, К-Ф. Чан, М-Ш. Лі, М-Ч. Сє, Н-М. Цай // Biosci Rep. 2020. 40(9): BSR20202083. doi: https://doi.org/10.1042/BSR20202083.

2. Маркович Т., Попович С., Матич С., Митрович М., Анджич М., Кочович А., Вукіч М., Петрович В., Бранкович Й., Вукович Н., Тодорович Д., Качаньова М., Баскіч Д. // Рослини. 2024. 13(17): 2351. https://doi.org/10.3390/plants13172351.

3. Lai W.L., Lee S.C., Chang K.F., Huang X.F., Li C.Y., Lee C.J., Wu C.Y., Hsu H.J., Tsai N.M. // Braz J Med Biol Res. 2021. 54(10): e10891. doi:10.1590/1414-431X2020e10891. PMID: 34287579; PMCID: PMC8289341.

4. Kozlowska J., Kaczmarkiewicz A., Stachowiak N., Sionkowska A. // Cosmetics. 2017. 4(3): 36. https://doi.org/10.3390/cosmetics4030036.

5. Томович В., Шоїч Б., Саванович Й., Коцич-Таначков С., Павліч Б., Йоканович М., Джорджевич В., Парунович Н., Мартинович А., Вуядинович Д. // Foods. 2020. 9(8): 1066. https://doi.org/10.3390/foods9081066.

6. Zeng M.-T., Huang L.-Y., Zheng X.-H., Fu Y.-Q., Weng C.-F. // Pharmaceuticals. 2024. 17 (8): 1003. https://doi.org/10.3390/ph17081003.

7. С. Монастирська, С. Волошанська, Р. Стецик // Вісник Львівського університету. Серія біологічна. 2016. Вип. 73. С. 409-412. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/VLNU_biol_2016_73_113.

8. Перуч Д., Брозніч Д., Магліца Ж., Маріянович З., Карлеуша Л., Гобін І. // Процеси. 2021. 9(2): 362. https://doi.org/10.3390/pr9020362.

ЗАСТОСУВАННЯ ПЕКТОЛІТИЧНИХ ФЕРМЕНТІВ У ВИРОБНИЦТВІ СОКІВ

О.О. Килименчук[1], Л.М. Пилипенко[2], Л.Г. Пожіткова[3], К.Є.Антонова[4], Д.Б.Ісаєва[5], О. Г. Кисльонок[6]

Одеський національний технологічний університет (ОНТУ), Одеса, Україна
[1]доцент, kylymenchuk@gmail.com,
[2]професор, l.n.pylypenko@ukr.net
[3]старший викладач, pozhitkova@ukr.net
[4]студент, karolinaantonova75@gmail.com
[5]студент, dasaisaieva@gmail.com
[6]студент, . kislenok_olga@ukr.net

Ферменти широко застосовуються у різних галузях народного господарства України. Чільне місце серед них займають гідролітичні – ферменти, без яких неможливо здійснювати ефективно технологічні процеси різних галузей: виробництво спирту, соків, пива, целюлозно-паперової, текстильної та ін. Потреба в ферментах стабільно зростає. Використання, наприклад, пектолітичних ферментів дозволяє на 5-25 % підвищити вихід соку з одиниці сировини, яку переробляють, що дає високий економічний ефект [1]. При виробництві фруктово-ягідних напоїв з м'якоттю за допомогою пектолітичних ферментів можна зняти небажаний драглюючий ефект, який не дозволяє отримувати концентровані рідкі соки через високий вміст пектину. Пектолітичні ферменти використовуються у виноробстві для підвищення виходу соку з сировини і інтенсивності забарвлення. У льонопереробній промисловості заміна спонтанного способу вимочування льону на обробку ферментами пектиназами є перспективною і рентабельною. Успішно використовують пектолітичні ферменти в якості компонентів кормів для сільськогосподарських тварин і птахів, особливо, якщо в кормах є буряковий жом і інші види рослин, що містять підвищену кількість пектинових речовин [1]. В медичній промисловості ці ферменти використовуються для обробки лікарських трав, при приготуванні різних видів ліків із цілющих трав. Пектинази можна використовувати для зняття слизового покриття кавових бобів та інших подібних цілей [1].

На сьогоднішній день на українському ринку, налічується близько 400 підприємств-виробників соків, з них майже 20 – великих. Найбільші частки ринку належать таким лідерам, як Компанія «PepsiCo» з торговими марками Sandora, Сандора Ексклюзив, Сандора Сік до сніданку, Сандора Овочевий коктейль, Миколаївський соковий завод, Бонус, Садочок, Сандорик; СП «Вітмарк-Україна» – Jaffa, Наш сік, Соковита, Чудо-Чадо, Aquarte; компанія Кока-Кола і Galicia, яким належить 95 % всього ринку соків України. Дрібніші компанії займають всього 5 % всього ринку [2-7]. Львівська група компаній T.B.Fruit, найбільший переробник фруктів і ягід в Україні, збільшила власну частку на світовому ринку соків до 10 %. T.B.Fruit є вертикально інтегрованою міжнародною групою компаній з замкнутим циклом виробництва (вирощування сировини – переробка – транспортування). До складу групи входять 3500 га власних садових угідь, сім заводів з переробки фруктів і овочів (Україна, Польща, Молдова), а також транспортно-логістичний і інжиніринговий бізнес. Загальна потужність переробних заводів тільки цієї групи становить 1,2 млн тонн концентрованого соку на рік. Українські споживачі знають цю компанію за соками прямого віджиму Galicia [7].

За даними Держкомстату України виробництво тільки томатного та яблучного соків у 2020 році разом складало 105286,6 тис. літрів [4]. Станом на 2025 р. підприємство переживає певні труднощі, однак за повідомленнями сайту Zaxid.net -- загальна потужність переробних заводів T.B. Fruit становить 1 млн. тонн фруктів та овочів на рік [8]. Дані останніх років різняться, тому для розрахунку потреби у ферментному препараті пектолітичної дії орієнтувались на довоєнне виробництво соків.

Статистичних даних у потребі пектолітичних ферментів для зазначених підприємств України у літературі не знайдено. Враховуючи рекомендації у застосуванні препарату пектолітичної дії, що зазначена заводом - виробником даного препарату “ENZIM” (50 г на 100 л соку) [9], було розраховано потребу підприємств у об’ємах зазначеного препарату. Україна має в наявності великі потужності щодо вирощування фруктів та овочів, які надалі використовуються при виробництві соків (яблука, томати, виноград тощо), проте виробники соків є також імпортозалежними. В умовах воєнного стану ускладнені логістичні потоки. Вантажі із імпортною сировиною часто затримуються або взагалі не доставляються через небезпечні умови а також є проблеми з організацією збереження зібраного урожаю фруктів та ягід (складська логістика) через повномасштабні воєнні дії на території України. Проблемою також є падіння купівельної спроможності населення, яке надає перевагу більш дешевим імпортним напоям та нектарам.

Враховуючи все вищезазначене, здійснено корегування необхідної потреби у пектолітичному ферментному препараті, що застосовується для полегшення виходу соків прямого віджиму. Розрахунки лягли в основу розробки удосконаленої технології пектолітичного ферментного препарату. Підібрано продуцент та поживне середовище для його культивування.

Здійснено розрахунки матеріальних потоків при виробництві пектолітичного ферментного препарату для лінії потужністю 25 т ферментного препарату на рік, здійснено підбір обладнання для удосконаленої лінії а також здійснено заміну застарілого обладнання на більш сучасне. Надані рекомендації щодо проведення окремих стадій виробництва та процесу культивування продуцента *Aspergillus foetidus* -- що в комплексі дозволило отримати ферментний препарат з активністю вищою за стандартну.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Пирог Т. П., Антонюк М. М., Скроцька О. І., Кігель Н. Ф. // Харчова біотехнологія: підручник. 2016. 408 с.
2. Хтей Н. І., Васильців Н. М., Данилик І. В. // Глобальні та національні проблеми економіки. 2014. 2: 751–758.
3. Аналіз ринку соків в Україні. 2021 рік / Pro-Consulting. База «Аналіз ринків» [Електронний ресурс]. URL: https://proconsulting.ua/ua/issledovanie-rynka/analiz-rynka-sokov-v-ukraine-2021-god
4. Офіційний сайт Державної служби статистики України [Електронний ресурс]. URL: https://www.ukrstat.gov.ua/ .
5. Офіційний сайт T.B. Fruit [Електронний ресурс]. URL: https://www.tbfruit.com/.
6. Офіційний сайт Вітмарк-Україна [Електронний ресурс]. URL: https://vitmark.com/ .
7. Офіційний сайт компанії "Galicia" [Електронний ресурс]. URL: https://galicia.com.ua/.
8. Офіційний сайт компанії Zaxid.net [Електронний ресурс]. URL: https://zaxid.net/lvivskiy_pererobnik_fruktiv_i_yagid_posiv_desyatu_chastinu_svitovogo_rinku_sokiv_n1497723.
9. Офіційний сайт ENZIM Biotech [Електронний ресурс]. URL: https://enzim.ua/ .

ГІДРОДИНАМІЧНИЙ ДОЗАТОР РОЗЧИНУ СУБСТРАТУ БАКТЕРІАЛЬНОГО ЖИВЛЕННЯ ДЛЯ ДЕНІТРИФІКУЮЧОГО БІОФІЛЬТРУ POINT OF USE

І.О. Борисов[1], А.К. Кукуруза[2], А.А. Куркурін[3], В.С. Гевод[4]

Український державний університет науки і технологій. Навчально-науковий інститут «Український державний хіміко-технологічний університет», Дніпро, Україна,
[1]аспірант, vano96g@gmail.com
[2] студент, czechshake@gmail.com
[3]студент, riskalchukukr@gmail.com
[4]професор, aquilegya@ua.fm

Розроблено конструкцію та створено зразок економічного дозатора субстрату бактеріального живлення для денітрифікуючого біофільтра індивідуального користування (Point of use). Біофільтр функціонує в режимі витіснювальної (поршневої) фільтрації та забезпечує видалення нітратів з води в широкому діапазоні концентрацій. У біофільтр за заданим алгоритмом подають порції води на денітрифікацію та синхронно отримують такі ж порції води, що денітрифікована. Дозатор забезпечує подачу розчину субстрату бактеріального живлення (етанолу) в порції вихідної води в кількостях, необхідних для оптимальної реалізації процесу біологічної денітрифікації.

Денітрифікуючі бактерії функціонують в анаеробній зоні біофільтра і при живленні етанолом забезпечують конверсію нітрат іонів у молекулярний азот без виділення у воду токсичних інтермедіатів. Відщеплений кисень вони використовують для свого дихання, а у воду виділяють нітроген, воду, вуглекислий газ та гідроксильні іони. Рівняння біологічної денітрифікації є таким:

$$NO_3^- + 0{,}55C_2H_5OH + 0{,}137O_2 \rightarrow$$
$$\rightarrow 0{,}046C_5H_7O_2N + 0{,}87HCO_3^- + 0.99H_2O + 0{,}13OH^- + 0{,}477N_2$$

Якщо додавання етанолу у вихідну воду припиняють, то процес відновлення NO_3^- до N_2 відбувається за рахунок живлення бактерій власною біомасою. Денітрифікація продовжується зі спадаючою швидкістю до вичерпання біомаси. Рівняння денітрифікації має вигляд:

$$NO_3^- + 0.25\,C_5H_7O_2N + 0{,}25H_2O \rightarrow HCO_3^- + 0.25\,NH_4HCO_3 + 0.5\,N_2$$

В обох випадках на один моль нітрат іонів, що вилучають бактерії з води, продукується приблизно 0,5 моля азоту. Азот виділяється у вигляді бульбашок газу. Пухирці спливають по водних каналах в біофільтруючому завантаженні, і після руйнування на поверхні води в колінах біофільтра, їх вміст випаровується в атмосферу. Тому як продукт денітрифікації азот не загальмовує життєдіяльності денітрифікуючих бактерій.

При надлишку етанолу в воді, що фільтрується, і нестачі в ній нітрат іонів, в біофільтрі проявляють себе колонії сульфат редукуючих і сірчаних бактерій. Сульфат редукція відбувається відповідно до наступного рівняння:

$$3SO_4^{2-} + 2CH_3CH_2OH = 3HS^- + 3H_2O + CO_2 + 3\,HCO_3^-$$

Оптимальні умови для денітрифікації та несприятливі умови для появи сульфат редукції забезпечуються у просторі біофільтра додаванням субстрату бактеріального живлення (етанолу) у певній кількості у воду, що спрямовується у біофільтр. Дозування етанолу необхідне у співвідношенні до нітратів, яке відповідає стехіометрії реакції біологічного відновлення азоту нітрат-іонів до молекулярного азоту.

При вихідній концентрації нітрат іонів у воді, що дорівнює $3*10^{-3}$М, (250мг/дм^3) концентрація етанолу, що додається, повинна становити $1,65*10^{-3}$М. При менших концентраціях доданого етанолу ступінь конверсії нітрат іонів в молекулярний азот знижується, а при більш високих концентраціях в біофільтрі, до денітрифікації додається сульфат редукція.

Дозатор субстрату бактеріального живлення виконаний у вигляді знімної насадки, що встановлюється на вхідне коліно біофільтра. Його основним функціональним елементом є струменеві компресор. При використанні цього дозатора потік води в біофільтр, і потік розчину субстрату бактеріального живлення розділені в просторі і об'єднуються в прийомному коліні біофільтра. Це дозволяє окремо визначати потік води біофільтр і потік розчину субстрату бактеріального живлення з необхідною точністю.

Продуктивність дозатора при фіксованих розмірах його функціональних елементів легко міняти варіюючи потоком (витратою) води, що подається в біофільтр. При великий витраті води необхідно мати і більшу величину відношення потоку води в біофільтр до потоку дозованого розчину субстрату бактеріального живлення Тому переріз вихідного отвору в струменевому компресорі дозатора має бути збільшено. Якщо не збільшувати площу перерізу цього отвору, то магістраль подачі води в біофільтр має бути роздвоєна. Тоді по одній гілці частина загального потоку води надходить у біофільтр через дозатор, а по іншій - безпосередньо до приймального коліна біофільтра.

Гідродинамічний дозатор не має механічних, електричних та електронних виконавчих елементів і цим визначається його надійність. Обслуговування дозатора полягає лише в необхідності іноді поповнювати запас розчину в резервній (живильній) склянці. Якщо денітрифікуючий біофільтр експлуатується в режимі поршневої фільтрації і щодня обробляє чотири літри води з вихідною концентрацією нітратів рівною 3 Мілі молі на літр і знижує її не менше ніж у десять разів, то запас розчину етилового спирту в резервній склянці обсягом 200мл забезпечуватиме роботу біофільтра на протязі року.

EFFECT OF DOWNSTREAM PROCESSING ON CONTENT OF GLUTATHIONE AND CELL VIABILITY DURING PRODUCTION OF INACTIVE DRY YEAST

V. Yerokhin[1], V. Lubenets[2]

Lviv Polytechnic National University, Department of Technology of Biologically Active Compounds, Pharmacy and Biotechnology Lviv, Ukraine,
[1]volodymyr.a.yerokhin@lpnu.ua
[2]завідувач кафедри, д.х.н., проф.
vira.i.lubenets@lpnu.ua

Introduction. Glutathione (GSH, γ-L-glutamyl-L-cysteinyl-glycine), a ubiquitous tripeptide thiol, is integral to cellular redox homeostasis and defense against oxidative stress across diverse organisms, including *Saccharomyces cerevisiae*. Its potent antioxidant capacity underpins its utility in pharmaceutical, nutraceutical, and cosmetic sectors [1, 2]. Yeast-derived GSH is particularly favored due to the established GRAS status of *S. cerevisiae*. Industrial production of inactive dry yeast enriched with GSH presents significant challenges, particularly during downstream processing, where substantial GSH losses (40-60 %) are frequently observed despite optimized fermentation protocols. The chemical lability of GSH, primarily its thiol group, renders it susceptible to oxidation, hydrolysis of peptide bonds, and formation of mixed disulfides, particularly under aerobic conditions [3]. Temperature and pH are critical determinants of GSH stability; degradation rates increase significantly above 60°C, and stability is maximized within the pH range of 5.0-7.0, while strongly acidic (< 3.5) or alkaline (> 7.5) conditions accelerate hydrolysis or auto-oxidation, respectively. Despite recognized individual effects, the complex interplay and synergistic impacts of temperature

and pH throughout the entire downstream processing chain on GSH retention and microbial viability require further elucidation.

Objective This study aimed to systematically investigate the influence of key downstream processing parameters, specifically pH adjustment and thermal inactivation conditions, on the intracellular glutathione content and viable cell count (CFU) in the context of producing inactive dry yeast from *Saccharomyces cerevisiae*.

Methodology Experiments were conducted mirroring typical industrial downstream processing steps: yeast cream production, pH adjustment, thermal inactivation, and spray drying. A commercial strain of *Saccharomyces cerevisiae* was used to produce yeast cream. pH adjustments were made using concentrated KOH and H_3PO_4 solutions to minimize added water. Thermal inactivation was performed in water baths at various temperatures and durations. Spray drying was carried out using a laboratory dryer. Key parameters measured included moisture content, pH, Colony-Forming Units (CFU) per gram to assess cell viability, and GSH content using a standard method [4].

Results and Discussion The study of downstream processing stages revealed their significant impact on both GSH content and CFU. Initial experiments testing pH 2, 4, and 10 followed by inactivation at 95°C for 30 min and drying showed insignificant GSH changes after pH treatment, contrary to some literature, possibly due to short exposure time not triggering oxidative stress responses [5]. However, inactivation and drying did cause GSH losses. High pH (pH 10) was particularly detrimental to CFU, resulting in very low counts in the final dry product. Further investigation into acidic treatment (pH 3 and 4) and inactivation showed similar insignificant effects of pH on GSH content pre-inactivation, while inactivation and drying again led to GSH losses. The variability in GSH loss magnitude across experiments and control samples pointed towards potential issues related to individual strain characteristics or replicability challenges with complex media. Analysis of thermal inactivation parameters demonstrated a clear negative correlation between inactivation temperature and duration and the final GSH content and CFU in the dry product. Specifically, prolonged heating at 95°C resulted in decreased GSH retention and viable cell counts. However, short-duration high-temperature treatment (1 min at 105°C) effectively reduced CFU to below the target threshold ($<10^2$ CFU/g) while preserving relatively higher GSH levels compared to longer exposures. Acidic treatment to pH 2.4-3 prior to inactivation at 95°C/30 min also achieved the desired CFU reduction, suggesting alternative pathways for viability control. These findings highlight the importance of optimizing the kinetics of thermal inactivation and pH conditions to balance effective microbial control with the preservation of chemically labile GSH.

Conclusions This research confirms that downstream processing parameters, particularly pH and thermal treatment, critically influence both GSH content and cell viability during the production of inactive dry yeast. Extreme alkaline conditions and prolonged high-temperature inactivation were shown to negatively impact both parameters. The observed variability underscores the importance of considering strain-specific characteristics and optimizing media composition to enhance process robustness. Industrially viable levels of residual viability ($<10^2$ CFU/g) can be achieved either through a short-duration thermal treatment at 105°C (1-2 minutes) or by applying acidic conditions (pH 2.4-3.0) to the yeast cream during the classic inactivation. The complex interplay between acidic conditions, inactivation time, and temperature presents a promising avenue for future research aimed at optimizing these parameters for simultaneous effective inactivation and maximal GSH retention.

REFERENCES

1. Bekatorou A. et al. // Food Technology and Biotechnology. 2006. 44(3): 407-415.
2. Li Y. et al. // Applied microbiology and biotechnology. 2004. 66(3): 233–242.
3. Musatti A. et al. // New biotechnology. 2013. 30(2): 219–226.
4. Salbitani G. et al. // Bio-protocol. 2017. 7(13): e2372.
5. Rollini M. et al. // Process Biochemistry. 2010. 45(3): 441-445.

BIOTECHNOLOGICAL PROCESS OF GLUTEN DECOMPOSITION IN FLOUR FOR BAKERY PRODUCTION

O. Varankina[1], V. Borisenko[2]

National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", Kharkiv, Ukraine,
[1]associate professor, oleksandra.varankina@khpi.edu.ua
[2]student, valeriia.borysenko@khpi.edu.ua

Gluten is a protein complex found in wheat, barley and rye, and is responsible for the elasticity of the dough. At the same time, it is an antigen for people with celiac disease and gluten sensitivity. In the context of expanding the range of functional and healthy food products, the relevance of a biotechnological approach to the complete or almost complete breakdown of gluten in flour becomes relevant [1].

Modern requirements for healthy nutrition, as well as the increase in the number of people with celiac disease and gluten sensitivity, actualize the need to create effective biotechnological approaches to the production of gluten-free bakery products. The use of enzymatic hydrolysis of gluten is a promising method that allows you to obtain healthy products without significant loss of their organoleptic and technological properties.

The aim of the study was to study the possibility of improving the biotechnological process of gluten hydrolysis in wheat flour using specific proteolytic enzymes, with subsequent analysis of the functional properties of the obtained flour and the quality of finished products. Wheat flour with a gluten content of 12–14% was used as the control object. Enzymatic treatment was carried out at a temperature of 45–50 °C and pH 6.5–7.0 for 90–120 minutes, using a combination of endo- and exopeptidases in a ratio of 1:3 [2].

The degree of gluten hydrolysis was controlled by enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA), focusing on the residual level of gliadins. The results confirmed the effectiveness of the selected biotechnological regime: the residual gluten content was less than 10 ppm, which meets international criteria for gluten-free products. After processing, the flour retained its protein value at 85–90 % of the initial value, had improved dough rheological properties, and did not lose its gas-forming ability [2].

The quality of the finished baked goods was assessed by the specific volume, which was 10–12 % lower than that of products made from traditional flour, the porosity of the crumb at 65–70 %, and the absence of a characteristic aftertaste typical of gluten-free products. To achieve optimal texture in the finished products, it was advisable to add hydrocolloids, in particular xanthan gum in an amount of 0,3–0,5 %, as well as protein isolates in an amount of 2–3%. This addition to the technology contributed to the improvement of the structural characteristics and the overall perception of the product by consumers [2].

Thus, the study demonstrates the feasibility of implementing enzymatic deglutenization based on a patented method as an effective way to obtain gluten-free flour. Prospects for further work are to improve enzyme compositions to reduce processing time and improve organoleptic quality indicators of the finished product.

REFERENCES

1. Ковальчук О. М. Харчова промисловість. 2020. 1: 45–50.
2. Method for producing gluten-free wheat flour products. US 10, 240, 139. 26.03.2019. 9 p.

BIOTECHNOLOGICAL ASPECTS OF MALTODEXTRIN PRODUCTION BASED ON ENZYMATIC STARCH HYDROLYSIS

O. Varankina[1], S. Nizhelskiy[2]

National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", Kharkiv, Ukraine,
[1]associate professor, oleksandra.varankina@khpi.edu.ua
[2]student, serhii.nizhelskyi@ihti.khpi.edu.ua

Maltodextrins are products of partial starch hydrolysis that have found wide application in the food industry due to their physicochemical properties: hygroscopicity, good water solubility, ability to form thermoreversible gel masses, and neutral taste. Additionally, they contribute to reducing the caloric content of food products without altering their consistency. The relevance of research in this area is driven by the growing demand for functional food ingredients with adjustable properties [1].

This study examines a method for producing maltodextrins from starch through enzymatic hydrolysis using the enzyme α-amylase.

The aim of this research is to analyze the enzymatic hydrolysis of starch to obtain maltodextrins with specific functional properties, particularly gel formation, and to improve the technological process by enhancing starch hydrolysate filtration.

The raw material used was a 30 % (w/w) potato starch suspension at pH = 6. α-Amylase was used as the enzymatic agent at a dosage of 0.05–0.1 U/g of dry matter. Hydrolysis was carried out under two temperature regimes: gradual heating of the suspension at a rate of 1.5–3 °C/min and holding at fixed temperature intervals. The dextrose equivalent (DE) was determined by reduction titration, aiming to achieve a DE of 5–8 %, corresponding to the gel-forming properties of maltodextrins. The resulting maltodextrins demonstrated high hydrophilicity, good water solubility, and the ability to form thermoreversible gel structures. The product did not possess a pronounced starchy aftertaste, which is advantageous for food formulations. It was found that the temperature and duration of enzymatic hydrolysis significantly influence the structure of the maltodextrins. By adjusting the temperature regime, it is possible to modify the degree of branching and chain length, which in turn affects the functional properties of the final product [2].

A promising direction for improving the technology is the use of α-amylase in combination with other enzymes to enhance hydrolysate filtration. Proteins and lipids in hydrolysates negatively affect the color, aroma, foaming, solubility, and filtration of the product. The use of filtration enzymes further improves filtration performance, increasing filtration speed by 28–86 %. Enzymes such as β-glucanase, protease, phospholipase, and lysophospholipase were studied in combination with α-amylase. It was established that β-glucanase in combination with α-amylase helps manage the high viscosity of hydrolysates. An optimal β-glucanase dosage of 0.1 % and an enzymatic treatment time of 3 hours were determined, resulting in a 30% increase in filtration speed [3].

Biotechnological production of maltodextrins from potato starch using α-amylase is an efficient method for obtaining functional ingredients for the food industry. Regulation of hydrolysis temperature allows for targeted modification of product functionality. In addition to temperature optimization, improving enzymatic treatment by combining α-amylase with other enzymes, especially β-glucanase, helps reduce protein and lipid content, which negatively affect product quality. The optimal use of β-glucanase (0.1 %) with a 3-hour treatment increases filtration efficiency by 30 %. This approach enhances the technological properties of the product and opens new perspectives for the development of innovative food technologies using modified maltodextrins in low-calorie, stabilized, or gel-forming food systems.

REFERENCES

1. Singh J. et al. // Food Hydrocolloids. 2007. 21(1): 1–22.
2. Грабовська О.В. та ін. // Цукор України. 2002. 2: 26-28.

3. Słomińska L. et al. // Acta Sci. Pol. Technol. Aliment. 2004. 2(2): 17–26.

BIOTECHNOLOGICAL ASPECTS OF ETHANOL PRODUCTION FROM FOOD RAW MATERIALS

O. Varankina[1], I. Bahro[2]

National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", Kharkiv, Ukraine,
[1]associate professor, oleksandra.varankina@khpi.edu.ua
[2]student, ivan.bahro@ihti.khpi.edu.ua

In the modern conditions of sustainable production of bioethanol as a renewable energy source, biotechnological solutions are gaining importance in terms of increasing the efficiency and environmental friendliness of the fermentation process of food raw materials. The topic of this research is devoted to improving the biotechnology of ethyl alcohol production using enzymatic hydrolysis and high-performance yeast strains.

The purpose of the research is to analyze and integrate modern bioengineering solutions into the technological scheme of ethanol production in order to increase its yield, reduce energy consumption and minimize waste.

The methodology is based on the analysis of research on the use of transgenic microorganisms (US 6,509,180 B1), patented technologies for processing watermelon seeds (US 8,642,300 B2), and the use of production waste to obtain additional energy sources for the stages of pre-treatment, fermentation and distillation (EP 2049672 B1) [1, 2, 3].

A promising process for ethanol production is one that combines biochemical and synthetic methods. This approach provides a high yield of ethanol and the production of valuable by-products. First, fermentation and enzymatic cleavage occur with the participation of genetically modified microorganisms, such as Zymomonas and E. coli. This expands the range of sugar substrates suitable for conversion to ethanol. For example, during the fermentation of corn, an intermediate substance is formed - acetic acid, which is then converted to ethanol by esterification and hydrogenation. By-products of the process include corn oil and high-protein animal feed, which contain biomass formed during fermentation [1].

A method for producing bioethanol from watermelon seeds - waste that is usually disposed of after food consumption in households, on farms or in supermarkets - has been proposed. The process involves sterilizing seeds under anaerobic conditions, grinding the sterilized material, treating with water-free acetic acid, and then fermenting. This method allows for high yields of bioethanol and reduced emissions of harmful substances, including carbon dioxide and formaldehyde, ensuring environmentally safe and economically viable production without the use of food crops such as corn or sugarcane [2].

The method for producing bioethanol and other fermentation products from organic materials such as biomass by grinding the material, liquefying it with the addition of enzymes and saccharifying it, further converting the sugars into bioethanol using microorganisms, and distilling the fermentation broth to obtain bioethanol. The residues are converted into useful energy (e.g., through combustion, gasification, or high-pressure hydrothermal processing) using catalysts, and this energy is then used to provide the needs of pretreatment, fermentation, and distillation, which increases the efficiency of the process [3].

The results of the study demonstrate that the introduction of enzymes with an extended spectrum of action on starch allows to increase the degree of its hydrolysis to 96–98 %, which significantly improves the availability of the substrate for further fermentation. The use of yeast with improved metabolic pathways allows to increase the yield of ethanol to 12 % vol. while reducing the duration of the process by 15–20 %.

The use of modern biotechnological developments in the production of ethyl alcohol from food raw materials allows to increase the efficiency of the process, to ensure its environmental friendliness and economic feasibility. The results obtained can be implemented in the practice of alcohol production in industrial enterprises.

REFERENCES

1. Process for producing ethanol. US 6,509,180 B1. 14.09.2000. PCT. 16 p.
2. Method of prod. bio-ethanol using wartermelon seeds. US 8,642,300 B2. 23.02.2012. 5 p.
3. Method for prod. of bio-ethanol and other ferm. prod. EP 2049672 B1. 22.04.2009. 40 p.

BIOTECHNOLOGICAL ASPECTS OF THERMIZED YOGURT PRODUCTION

O. Varankina[1], I. Khvostykova[2]

National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", Kharkiv, Ukraine,
[1]associate professor, oleksandra.varankina@khpi.edu.ua
[2]student, iryna.khvostykova@ihti.khpi.edu.ua

Yogurt remains one of the most popular fermented milk products due to its organoleptic properties and health benefits. However, classic yogurt has a limited shelf life, which reduces its competitiveness in the market. The production of thermized yogurt is an innovative direction that allows you to extend the shelf life of the product without significant loss of probiotic properties and quality. Of particular interest is the use of natural stabilizers and acids that ensure both structural stability and biological value of the product.

The aim of the work is to analyze and substantiate biotechnological approaches to the production of thermized yogurt using natural acidity regulators (cranberries, lingonberries) to stabilize the structure and preserve probiotic properties, as well as determine the optimal thermization parameters to extend the shelf life.

The technological process of thermized yogurt production includes the following main stages. Raw material preparation: normalization of the milk mixture for fat and dry matter content, filtration, homogenization at 55–65°C and pressure of 15–20 MPa. Pasteurization: heating to 90–95°C for 2–10 minutes to destroy pathogenic microflora. Cooling to the fermentation temperature (40–45°C) and addition of starter cultures (Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus, Streptococcus thermophilus). Fermentation: 4–6 hours until the acidity reaches 75–85°T. Cooling and addition of fruit fillers (mashed cranberries or lingonberries). The addition of berries ensures pH ≤ 4.0, which is critical for subsequent thermization without deterioration of the consistency. Thermization: short-term heat treatment at 58–60°C, duration no more than 30 seconds. Packaging and cooling to 8–10°C, further storage at 4 ± 2°C [1, 2, 3].

The use of cranberries or lingonberries as natural acidity regulators allows to avoid the use of expensive structure stabilizers and ensures a low pH level (< 4.0) in the product before thermization. This contributes to the formation of a homogeneous consistency of yogurt after heat treatment and prevents whey separation. Pectic substances contained in the berries stabilize the protein phase of the product, preventing agglomeration of casein particles and preserving the structure even after short-term heating [1, 2, 3].

The optimal thermization mode (58–60°C, 30 s) ensures the inactivation of unwanted microflora with minimal loss of viability of beneficial lactic acid bacteria. Under such conditions, a sufficient number of probiotic microorganisms is preserved in the finished product, which is confirmed by microbiological control. Thermized yogurt is characterized by an extended shelf life (up to 24 days), stable consistency, lack of syneresis and improved organoleptic properties due to biologically active substances of berries [1, 2, 3].

Compared to classical technologies, the innovation allows to reduce the cost of stabilizers, increase the biological value of the product and expand the range of functional food products.

The introduction of a method for producing thermized yogurt using cranberries or lingonberries as natural acidity regulators provides: extension of the shelf life of the product without loss of probiotic properties; stable consistency without the use of synthetic stabilizers; enrichment of the product with biologically active substances; increased economic efficiency of production. This technology is promising for industrial implementation and meets modern requirements for functional fermented milk products.

REFERENCES

1. Zygmantaitė G. et al. // *LWT – Food Science and Technology.* 2021. 148: 111751.
2. Urbonaviciene D. et al. // *Molecules.* 2023. 28(12): 4589.
3. Спосіб виробництва йогурту термізованого. Пат. 124420 Україна. 10.04.2018. 6 с.

БІОХМІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ФЕРМЕНТАЦІЇ ЯК ОСНОВИ ВИРОБНИЦТВА ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ

Д.С. Субота[1], Н.І. Гладка[2], В.О. Приходченко[3]

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна
[1]здобувач вищої освіти ОП «Ветеринарна медицина», Dominika70025082@gmail.com
[2]доцент gladkaya_75@ukr.net
[3]доцент vita.prihodchenko@ukr.net

Ферментація є одним із найдавніших біохімічних процесів, що використовується людиною у виробництві харчових продуктів. Сьогодні вона є не лише частиною кулінарної традиції, а й потужним інструментом сучасної харчової біотехнології. Завдяки ферментації можливо покращити поживну цінність їжі, надати їй нових смакових характеристик, продовжити термін зберігання та створити продукти з пробіотичними властивостями. Біохімічні особливості цього процесу, а також широке застосування у промисловості зумовлюють актуальність дослідження ферментації як об'єкта біотехнологічного регулювання.

Ферментаційні процеси поділяють на кілька основних типів, серед яких найбільш поширеними є алкогольне та молочнокисле бродіння. У харчовій промисловості вони реалізуються за участі мікроорганізмів − дріжджів (Saccharomyces cerevisiae), молочнокислих бактерій (Lactobacillus, Streptococcus), а також пліснявих грибів (Penicillium, Aspergillus, Rhizopus). Сучасні дослідження підкреслюють важливість мікробного складу ферментованих продуктів як джерела пробіотиків та функціональних компонентів.

Розвиток біотехнологій дозволяє не лише контролювати процес ферментації, а й модифікувати його параметри − наприклад, шляхом підбору специфічних штамів мікроорганізмів або застосування генетично модифікованих культур для досягнення бажаних властивостей кінцевого продукту.

Метою роботи було проведення аналізу біохімічних механізмів ферментації та дослідження сучасних біотехнологічних підходів до керування ферментаційними процесами у виробництві харчових продуктів з покращеними органолептичними властивостями, високою поживною цінністю та пробіотичним ефектом.

1. Виробництво хліба: алкогольне бродіння.

У процесі хлібопечення дріжджі *Saccharomyces cerevisiae* здійснюють алкогольне бродіння глюкози, що утворюється при гідролізі крохмалю. Утворений CO_2 забезпечує пористу структуру тіста, а етанол випаровується при випіканні, формуючи аромат продукту.

2. Пивоваріння: ферментативне перетворення крохмалю.

Виробництво пива також базується на алкогольному бродінні, однак на попередньому етапі відбувається солодування зерна, під час якого активуються ферменти, зокрема амілази, що перетворюють крохмаль на прості цукри (глюкозу, мальтозу). Далі ці моносахариди ферментуються дріжджами, утворюючи спирт і вуглекислий газ. Саме ці речовини формують алкогольний вміст, пінистість і характерний смак пива. Основні етапи: пророщування ячменю (солодування), затирання (гідроліз крохмалю), варіння з хмелем, ферментація (бродіння), дозрівання та фільтрація.

3. Сир: молочнокисла ферментація.

У сироробстві ключову роль відіграє молочнокисла ферментація, яку здійснюють бактерії родів *Lactobacillus, Streptococcus* тощо. Вони розщеплюють лактозу на молочну кислоту, що знижує pH середовища. Це спричиняє денатурацію казеїну − основного білка молока, − і утворення згустку (сирної маси).

Подальше дозрівання сиру включає складні біохімічні процеси: ферментативне розщеплення білків (протеоліз) і жирів (ліполіз), що формує текстуру, аромат і смак кінцевого продукту. В окремих випадках використовуються плісняві гриби (*Penicillium roqueforti, Penicillium camemberti*).

4. Інші молочні продукти: змішана ферментація.

Продукти, як-от кефір, йогурт, ряжанка, утворюються внаслідок молочнокислої або змішаної ферментації. У кефірі, наприклад, одночасно працюють молочнокислі бактерії та дріжджі. В результаті продукт набуває: легкої газованості (завдяки CO_2), низького вмісту алкоголю (через дію дріжджів), кисломолочного смаку (через молочну кислоту).

5. Ферментовані продукти в культурних традиціях.

Ферментовані овочі та соєві продукти − ще один приклад широкого застосування мікроорганізмів у харчовій промисловості. Зокрема:

- ✓ Квашена капуста, солоні огірки: молочнокисла ферментація;
- ✓ Кімчі (Корея): складна ферментація з участю бактерій *Leuconostoc, Lactobacillus* тощо;
- ✓ Місо, темпе, натто (Японія, Індонезія): ферментація сої з використанням грибів *Aspergillus, Rhizopus, Bacillus subtilis*;
- ✓ Соєвий соус: поєднання грибкової і бактеріальної ферментації протягом кількох місяців.

Висновок. Ферментація − це ключовий інструмент у харчовій науці та промисловості, який об'єднує тисячолітні традиції та сучасні досягнення мікробіології, біохімії та технологій. Завдяки цьому процесу можливе виробництво продуктів, які не лише задовольняють харчові потреби, а й позитивно впливають на здоров'я людини.

Ферментаційні процеси мають важливе практичне й наукове значення: підвищують біодоступність поживних речовин; покращують смак і аромат; зменшують вміст антинутрієнтів; забезпечують природне консервування (через зниження pH або утворення етанолу); мають пробіотичний ефект (особливо стосовно кисломолочних продуктів).

Сучасна біотехнологія дозволяє контролювати і модифікувати ферментаційні процеси, створюючи продукти з заданими характеристиками: смаком, текстурою, вмістом корисних мікроорганізмів та тривалим терміном зберігання.

ПСИЛІУМ У ХЛІБОБУЛОЧНИХ ВИРОБАХ

А.В. Дон[1], В.С. Калина[2], В.О. Троєкурова[3]

Дніпровський державний аграрно-економічний університет, м. Дніпро, Україна,
[1] бакалавр 4-го курсу кафедри харчових технологій, e-mail: donalina522@gmail.com
[2] канд. техн. наук, доцентка, доцентка кафедри харчових технологій,
e-mail: kalyna.v.s@dsau.dp.ua
[3] зав. навчальної лабораторії, асистентка кафедри харчових технологій,
e-mail: troiekurova.v.o@dsau.dp.ua

Хлібобулочні вироби – це продукти, виготовлені з борошна різних сортів, води, дріжджів або інших підйомних агентів, а також з додаванням інших інгредієнтів, таких як сіль, цукор, олія, молоко та інші. Вони охоплюють широкий спектр продуктів, серед яких: хліб, булочні вироби, печиво, кекси і тістечка. Дані вироби зазвичай містять вуглеводи, білки та жири, а також можуть бути джерелом вітамінів та мінералів, залежно від складу та типу борошна, а також штучно внесені [1].

Вдосконалення хлібобулочних виробів полягає в тому, щоб замінити традиційну сировину на нетрадиційну, а також на більш корисну та поживну. Одна з альтернатив – це використання псиліума в хлібобулочних виробах.

Псиліум – це борошно, отримане з ядер насіння індійського подорожника. Воно не містить вуглеводів, які можуть засвоюватися нашим організмом, тому є ідеальним для будь-якої дієти, включаючи низько- або безвуглеводну. Псиліум майже не має власного смаку. Більшу частину складає розчинна клітковина, яка є харчовим субстратом, для корисної мікрофлори кишківника. В цьому полягає особлива цінність псиліуму, в порівнянні з іншими продуктами, багатими на клітковину [2]. У випічці псиліум замінює глютен, «піднімаючи» тісто та створюючи бульбашки і порожнини різного розміру всередині виробів. Це борошно чудово поєднується з кокосовим, рисовим, мигдальним та гречаним борошном, а також ефективно піднімає тісто на основі різних висівок [3].

Псиліум містить добре розчинні волокна, які здатні поглинати воду і утворювати гелеподібну структуру. Ця властивість робить його цінним інгредієнтом для утримання вологи та покращення текстури хлібобулочних виробів [4]. За складом харчових волокон борошно із псіліуму може зрівнятися лише з висівками, які характеризуються самим високим вмістом нерозчинних харчових волокон серед всіх рослинних продуктів. Волокна псиліуму в своєму складі містять різні поживні речовини та мікроелементи, такі як цинк, марганець, калій, магній та кальцій [5]. При цьому вміст клітковини в псиліумі на 100 г продукту на 60,1% вище, ніж у висівках [3].

Дослідження показують, що псиліум здатний зв’язувати жовчні кислоти і стимулювати їх виведення, що допомагає знизити рівень «шкідливого» холестерину (LDL). Він також уповільнює засвоєння цукрів, що може бути корисним для людей з цукровим діабетом 2-го типу, оскільки допомагає контролювати рівень глюкози в крові. Крім того, псиліум може сприяти контролю ваги, оскільки завдяки здатності поглинати воду він розширюється в шлунку, створюючи відчуття ситості. Це може зменшити апетит і допомогти в контролі калорійності їжі. Вчені також вказують на його користь для серцево-судинної системи, оскільки псиліум сприяє зниженню рівня холестерину, що знижує ризик розвитку атеросклерозу та інших серцевих захворювань.

Індійський подорожник, з якого отримують псиліум, є стійкою культурою, що робить її перспективною для довгострокового виробництва, а також відповідною до вимог сталого землеробства. Таким чином, з огляду на його численні корисні властивості та зростаючий попит на здорове харчування, псиліум має значний потенціал у майбутньому в харчовій індустрії.

Підводячи підсумок, можна сказати, що псиліум є надійним помічником для людей, які цінують своє здоров'я, бажають покращити роботу травної системи та нормалізувати вагу. Також, зі сторони хлібопекарських властивостей спостерігається позитивний вплив псиліуму на структурно-механічні властивості безглютенового хліба, зокрема на структуру тіста, динаміку упікання та формостійкість готових виробів, що дозволяє використовувати його, як альтернативу хлібопекарським дріжджам.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Тарасенко, Д. І.. // *Вісник студентського наукового товариства" Ватра*. 2018. 98: 110-119.

2. Шевченко Ю.О. Використання альтернативних видів піноутворювачів рослинного походження в технології борошняних кондитерських виробах. *PhD Thesis. ОНТУ*. 2021.

3. Medvedieva A., Antoniuk I. // *International scientific-practical journal commodities and markets*. 2022. 44(4):113-122.

4. Боковець С.П., Кошель О.Ю. // *Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету*. 2024. 14(2): 1-11.

5. Ziemichód A., Wójcik M., Różyło R. // *Journal of Food Process Engineering*. 2018. 42(1): 31.

ВИЗНАЧЕННЯ ТЕРМІНУ ПРИДАТНОСТІ СОНЯШНИКОВОГО ШРОТУ

Т.В Матвєєва.[1], В.Ю. Папченко [2], С.Л. Євтушенко [3]

Український науково-дослідний інститут олій та жирів Національної академії аграрних наук України, м. Харків, Україна
[1]учений секретар, matveeva7390@gmail.com
[2]заступник директора з наукової роботи, vikucya@gmail.com
[3]в.о. завідувача відділу, evtyshenko_svetlana@ukr.net

Основним продуктом переробки насіння соняшника є соняшникова олія. Її отримують двома основними способами – пресуванням або екстрагуванням. Найпоширенішим є метод екстрагування, оскільки він забезпечує глибше вилучення олії. Вторинним продуктом виробництва соняшникової олії, що утворюється в процесі екстрагування з використанням органічних розчинників, є шрот. Соняшниковий шрот зазвичай використовується як протеїнова добавка в раціонах сільськогосподарських тварин і птиці. Застосування таких кормів сприяє підвищенню рентабельності виробництва та покращенню якості продукції тваринництва. Однак, шрот із ядра соняшника (без лушпиння) може використовуватися і в харчовій промисловості – як білковий збагачувач у виробництві хлібобулочних виробів, м'ясних і молочних продуктів, а також майонезів. Насіння соняшнику та, відповідно, продукт його переробки – шрот – є складною та активною системою, в якій одночасно протікають мікробіологічні, ферментативні та фізико-хімічні реакції, що обмежує строк зберігання цього продукту [1]. Вважається, що ліпіди є ключовим фактором, який впливає на строк зберігання шроту. Тому для оцінки біохімічних змін, що відбуваються у шроті під час зберігання і впливають на його якість, використовують комплекс показників. Серед них – вміст сирого протеїну, сирої клітковини, вологість, залишкові кількості пестицидів, зараженість шкідниками, а також кислотне й пероксидне числа олії, яка міститься в шроті. Ці параметри дозволяють об'єктивно оцінити збереженість продукту та придатність його до подальшого використання.

Метою даного дослідження є оцінка окисної стабільності соняшникового шроту за різних температур упродовж визначеного періоду зберігання, а також встановлення терміну

його придатності із застосуванням кінетичного підходу. Для прогнозування окисної стабільності при тривалому зберіганні використано модель Арреніуса, що описує залежність швидкості хімічної реакції від температури. Кінетику процесу окиснення ліпідів у шроті охарактеризовано за показником пероксидного числа. Встановлено, що реакція окиснення відбувається за кінетикою нульового порядку, а енергія активації для утворення продуктів первинного окиснення становить 71,875 кДж/моль. На основі отриманих даних розроблено кінетичне рівняння, що дає змогу розраховувати константи швидкості реакції при різних температурах. Прогнозований термін придатності шроту за температури 298 К склав 13,1 місяця. Правильність розрахункового прогнозу підтверджено експериментально – шляхом вимірювання пероксидного числа у зразках шроту, збережених протягом 12 місяців за температур 293-303 К та відносної вологості 35-45 %. Запропонований підхід дає змогу в короткі строки, з урахуванням температурного режиму зберігання, обґрунтовано рекомендувати терміни придатності продукту для забезпечення його високої якості та безпечності.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Alemayhu A, Admassu S, Tesfaye B. // *Cogent Food & Agriculture*. 2019. 5(1): 1622482. https://doi.org/10.1080/23311932.2019.1622482

MONITORING SYSTEMS FOR FERMENTATION CONTROL OF WHEAT BREAD WITH CASEIN AND IMPROVING PRODUCTION EFFICIENCY

M. Tytarenko[1], A. Belinska[2], S. Samoylenko[3]

National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", Kharkiv, Ukraine
[1]candidate of the first (bachelor's) level of higher education, Mikhailo.Tytarenko@ihti.khpi.edu.ua
[2]associate professor of the department of biotechnology, biophysics, and analytical chemistry, Anna.Bielinska@khpi.edu.ua
[3]associate professor of the department of biotechnology, biophysics, and analytical chemistry, Serhii.Samoilenko@khpi.edu.ua

The process of wheat bread production is an important aspect of food biotechnology, where fermentation plays a key role in creating a high-quality product. The production of wheat bread with the addition of casein requires a high level of control over technological parameters, as fermentation, which involves the interaction of the biological agent, flour, and additional raw material components, requires constant monitoring of parameters such as temperature, humidity, acidity, and rheological indicators of the dough, etc. Casein is one of the key ingredients actively used in wheat bread, particularly to improve texture, moisture retention, and product structure. As a high-molecular-weight protein, casein has the ability to retain moisture, which positively affects the softness and freshness of bread after baking. The interaction of casein with flour proteins is critical for ensuring optimal dough texture. In baking, it is important to control the correct balance between wheat flour proteins (gluten) and casein, as their interaction determines the final structure and quality of the bread. The interaction between casein and flour proteins occurs through the formation of complexes, where casein can inhibit or enhance the gluten network depending on the amount and conditions of the addition. Flour proteins, particularly gluten, are responsible for the elasticity and structure of the dough. Casein, in turn, can alter the dough’s viscosity, reducing its elasticity and facilitating the kneading process, making the dough handling more stable and predictable. However, to achieve the optimal characteristics of the final product, it is important to properly control the concentration of casein in the mixture with other ingredients.

The use of intelligent monitoring systems for automatically adjusting these parameters can significantly increase the efficiency of the production process and the stability of the final product's quality. The use of intelligent monitoring systems for automatically adjusting technological process parameters is an important aspect of modern biotechnology, particularly in food production, such as wheat bread. Automation of processes allows not only increasing efficiency but also ensuring stability and high quality of the final product, especially in large-scale production. By integrating sensors and software that continuously monitor parameters such as temperature, humidity, acidity, and concentration of active ingredients, the fermentation process and the interaction of ingredients can be optimized in real-time. This allows for precision in the process, reduces the likelihood of defects in the final product, and significantly reduces waste [1].

Intelligent monitoring systems allow for the adjustment of parameters such as fermentation temperature and humidity based on the state of the dough and enzyme activity. Thanks to these systems, it is possible to automatically adjust the kneading and fermentation processes to ensure maximum efficiency in the interaction of casein with flour proteins. This helps minimize variability in production results and ensures the stability of the final product at all stages of the technological process. One such example is the kneading and fermentation control system based on intelligent algorithms. The use of artificial intelligence and machine learning technologies in these systems allows for determining optimal kneading parameters and regulating the degree of dough fermentation in real-time. To achieve this, these systems use sensors that measure the humidity, acidity, and temperature of the dough, as well as the level of gases released during fermentation. Based on this data, the system automatically adjusts these parameters, providing optimal conditions for enzyme activity responsible for breaking down starch and proteins, including the interaction of casein with flour proteins [2]. An example of such systems is the implementation of intelligent platforms for automating processes in the bakery industry, specifically by GEA. Their equipment uses sensors for continuous monitoring of dough parameters, allowing for the adjustment of ingredient dosages and the regulation of processes in such a way as to ensure productivity stability and reduce the likelihood of product defects. This not only improves control over the texture and quality of bread but also reduces energy and raw material costs as the processes are optimized in real-time [3]. Another example is the automated control and monitoring system at Mühlenchemie, a company specializing in providing solutions for the flour milling and baking industry. They have implemented a system that not only controls the technological process parameters but also the composition of the ingredients used in the recipes. The interaction of casein with other dough components is a crucial step in bread production, and this process can be optimized through the integration of such technologies. The system ensures accurate dosing, reducing waste and increasing production efficiency [4]. Most modern systems also use machine learning and neural networks, which account for the complex interactions between various process parameters. They analyze historical data and predict potential deviations from optimal conditions. This allows not only for automatic regulation of processes in real-time but also for the prediction of potential problems before they arise, reducing the risk of product defects.

The use of artificial intelligence and machine learning systems for analyzing and predicting reactions in the dough improves the accuracy of technological parameter adjustments. For example, by integrating data from sensors measuring humidity and acidity, the system can adjust these parameters based on information about the fermentation phase, thereby ensuring even moisture distribution and stable bread texture. Thus, the integration of intelligent monitoring systems in the process of wheat bread production with casein allows for the creation of a high-tech platform for automatic parameter regulation, which increases efficiency, reduces the likelihood of defects, and ensures stable quality in the final product.

REFERENCES

1. Mehdizadeh, S.A. // Mechatronics. 2022. 82: 102746. https://doi.org/10.1016/j.mechatronics.2022.102746

2. Pellacani S., Durante C., Celli S., Mariani M., Marchetti A., Cocchi M., Strani L. // Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems. 2023. 241: 104940. https://doi.org/10.1016/j.chemolab.2023.104940

3. Cotrim W.D.S., Minim V.P.R., Felix L.B., Minim L.A. // Journal of Food Engineering. 2020. 277: 109916. https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2020.109916

4. Oestersötebier F., Traphöner P., Reinhart F., Wessels S., Trächtler A. // Procedia Technology. 2016. 26: 473-482. https://doi.org/10.1016/j.protcy.2016.08.060

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ПРОБІОТИКА НА ОСНОВІ МОНОКУЛЬТУР МОЛОЧНОКИСЛИХ БАКТЕРІЙ

О.О. Килименчук[1], Л.М. Пилипенко[2], Л.Г. Пожіткова[3], К.Є.Антонова[4], Д.Б.Ісаєва[5], К.С.Хромова[6]

Одеський національний технологічний університет (ОНТУ), Одеса, Україна
[1]доцент, kylymenchuk@gmail.com
[2]професор, l.n.pylypenko@ukr.net
[3]старший викладач, pozhitkova@ukr.net
[4]студент, karolinaantonova75@gmail.com
[5]студент, dasaisaieva@gmail.com
[6]студент, khromova@gmail.com

Вступ: Зловживання антибіотиками у тваринництві спричиняє багато негативних проблем, зокрема ослаблення імунітету тварин, індукцію резистентних штамів бактерій, накопичення залишків антибіотиків у продуктах тваринництва та спричинення вторинних інфекцій, які становлять велику загрозу безпеці продуктів тваринного походження та врешті здоров'ю людини, враховуючи трофічні зв'язки. Все більш важливу роль у дослідженнях і застосуванні у тваринництві відіграють пробіотичні мікроорганізми. Їх застосовують як кормову добавку, що підвищує імунні реакції організму, сприяє росту тварин і птиці а також покращує конверсію кормів. Останнє десятиліття велику увагу дослідників привернули лактобактерії з роду *Enterococcus* як потенційні продуценти бактеріоцинів, зокрема до виду *E. faecium*, який має широке практичне застосування у виробництві ферментованих продуктів харчування, кормів та приготуванні пробіотичних препаратів. Бактеріоцини, вироблені штамами роду *Enterococcus*, проявляють інгібуючу активність проти грампозитивних бактерій, включаючи представників роду *Listeria* та *Lactobacillus* та окремі з них здатні пригнічувати зростання і грамнегативних бактерій – збудників харчових токсикоінфекцій [1, 2]. У шлунково-кишковому тракті організма - хазяїна пробіотичні бактерії разом з епітеліальними клітинами слизової оболонки кишківника можуть формувати захисну біоплівку, конкурентно витісняючи та пригнічуючи колонізацію і ріст патогенних бактерій. Їхні метаболіти, такі як молочна, оцтова, пропіонова та фенілмолочна кислоти, можуть знижувати pH кишківника тварин, створюючи кисле середовище, сприятливе для росту корисної біоти та пригнічувати проліферацію шкідливих бактерій. Тобто, пробіотики є перспективною альтернативою антибіотикам [3]. Існуючі виробництва не повністю забезпечують потребу у пробіотичних препаратах як для людей, так і для потреб тваринництва, окрім того, має місце жорстка конкуренція з боку виробників імпортних препаратів[4].

Актуальність: Поява нової, науково обгрунтованої інформації щодо цих питань створює великі перспективи для поповнення арсеналу ефективних пробіотичних ветеринарних препаратів. Поряд з цим зменшення імпортозалежності у пробіотичних препаратах для людей і тварин шляхом удосконалення існуючих технологій їх виробництва є актуальним завданням прикладного характеру.

Мета та завдання роботи: удосконалення технології пробіотика для птиці шляхом модифікації поживного середовища для пробіотичної культури *E. faecium* з дослідженням окремих біотехнологічних етапів його культивування.

Для вирішення поставленої мети були сформульовано наступне завдання:

- оптимізувати склад поживного середовище для *E. faecium;*
- дослідити процес культивування *E. faecium* на підібраному середовищі.

Матеріали і методи досліджень. Для оптимізації поживного середовища досліджувалась поведінка культур молочнокислих бактерій - *Enterococcus faecium та Enterococcus faecalis* що є класичними мікроорганізмами- ветеринарних пробіотиків з музею культур кафедри харчової хімії, експертизи та біотехнологій. Вони є частиною нормальної мікробіоти кишківника багатьох тварин, включаючи ссавців та птахів мають високу колонізаційну здатність, утворюють переважно молочну кислоту, факультативні анаероби. У якості основних компонентів поживного середовища були застосовані - цукор білий кристалічний, екстракт кормових дріжджів, кукурудзяний екстракт, кісткове борошно, рибне борошно та додаткові необхідні для росту мікроорганізмів речовини українських виробників. Для оптимізації складу поживного середовища використовували метод ротатабельного центрально-композиційного планування, який дав змогу проаналізувати відгук росту молочнокислих бактерій залежно від складу поживних середовищ. Критерієм оптимальності було обрано оптичну густину культуральної рідини. ЇЇ визначали на спектрофотометрі (UV/VIS SPECTROPHOTOMETER) за різницею оптичної густини клітинної суспензії та еталонного зразка відповідного поживного середовища, при червоному світлофільтрі та довжині хвилі 540 – 680 нм.

Основна частина: Загальновживаним середовищем для вирощування монокультур та бактеріальних композицій на основі молочнокислих бактерій є середовище МРС (Ман, Рогоза, Шарп), яке містить усі необхідні для їхнього розвитку поживні речовини й фактори росту. В промислових умовах застосування такого середовища є недоцільним через його високу вартість. При виробництві пробіотиків у промислових умовах на основі *Enterococcus faecium* у переважній більшості застосовують кукурудзяні екстракти, цукор білий, дріжджові екстракти, як основні компоненти. Однією з проблем біотехнологічних виробництв є висока вартість сировини. Повна або часткова заміна одного з компонентів на більш дешеву сировину та оптимізація складу середовища може суттєво знизити собівартість кінцевого продукту. Для проведення цього дослідження було розроблено поживні середовища різного складу. Як контроль застосовувалось традиційне поживне середовище, на якому здійснюють вирощування культур на виробництві. У підготовлені та простерилізовані поживні середовища вносили добову культуру *E. faecium та E. faecalis* в об'ємі 1см^3 на 10 см^3 середовища. Культури вирощували в термостаті за температури 36 ºС протягом 10 годин після чого вимірювали густину бактерій та здійснювали контроль pH. Дослідження проводили у трьох паралелях. За кінцевий результат приймали середнє арифметичне значення трьох вимірювань. Вартість інгредієнтів на 1м^3 поживного середовища розраховували виходячи з оптових цін. Проведені дослідження також показали, що накопичення біомаси продуцентів та продуктів метаболізму на усіх запропонованих поживних середовищах перебувають у стехіометричній залежності. У результаті оптимізовано поживне середовище, основою якого стали основні інгредієнти у кг/м^3: цукор білий кристалічний-22, рибне борошно-6, дріжджовий екстракт - 5, кукурудзяний екстракт - 5. Культивування дало змогу отримати вихід біомаси, за якого показник оптичної густини становив 1,01 од., що на 10 % вище, ніж значення, яке було одержано при культивуванні на виробничому середовищі та середовищі МРС. Оптимізоване середовище рекомендовано для культивування пробіотичних мікроорганізмів в промислових умовах.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Колечко А.В., Чудак Р.А., Шпаковська Г.І. // Ефективність застосування пробіотичних препаратів в тваринництві: монографія. 2023. 240 с.
2. Вовк С. О. та ін. // Передгірне та гірське землеробство і тваринництво. 2021. 69: 157–168.
3. Vimont A., Fernandez B., Hammami R. et al. // Frontiers in Microbiology. 2017. 8: 865. DOI: 10.3389/fmicb.2017.00865.
4. Немченко А. С., Міщенко В. І., Винник О. В., Тув А. Д. // Актуальні проблеми розвитку галузевої економіки та логістики: матеріали VII наук.-практ. конф. з міжнар. участю, м. Харків, 15 листоп. 2019 р. 2019. 167–168.

ENZYMATIC TECHNOLOGIES IN THE PRODUCTION OF LACTOSE-FREE YOGURT

L. Floka[1], Z. Rachynska[2]

Poltava University of Economics and Trade, Poltava, Ukraine,
[1]Associate Professor at the Department of Commodity, Biotechnology, Expertise and Customs,
flokaliudmyla@gmail.com
[2]Senior Lecturer at the Department of Commodity, Biotechnology, Expertise and Customs,
zojar87@gmail.com

Lactose intolerance affects a significant portion of the global population, leading to digestive discomfort and limiting dairy consumption. As a response, the demand for lactose-free dairy products, including yogurt, has grown substantially in recent years. Traditional methods of lactose removal, such as ultrafiltration, can alter the texture and nutritional profile of yogurt.

Enzymatic technologies play a crucial role in breaking down lactose into its more digestible components – glucose and galactose – without compromising the taste or texture of the final product [2].

The production of lactose-free yogurt has evolved significantly with the integration of advanced enzymatic and processing technologies. One of the primary innovations is the use of β-galactosidase (lactase) enzymes, which hydrolyze lactose into glucose and galactose, making the product more digestible for lactose-intolerant consumers. Modern lactase enzymes are optimized for efficiency and stability, allowing for better hydrolysis even at low temperatures.

In addition to enzymatic hydrolysis, membrane filtration technologies, such as ultrafiltration and nanofiltration, are being used to remove lactose while preserving essential proteins and nutrients. Another key advancement is the application of immobilized enzymes, which improve processing efficiency by enabling continuous lactose breakdown with reduced enzyme consumption [1].

Lactose-free yogurt retains the essential nutrients found in conventional yogurt, including proteins, calcium, vitamins B_2 and B_{12}, and probiotics. The enzymatic breakdown of lactose enhances the sweetness of the yogurt naturally, reducing the need for added sugars. This results in a product that is not only easier to digest but also healthier for a broader range of consumers.

The functional properties of lactose-free yogurt are also noteworthy. The hydrolyzed lactose enhances the bioavailability of calcium, supporting bone health. Additionally, lactose-free yogurt contains probiotics that aid digestion, strengthen the immune system, and promote a balanced gut microbiome. The absence of lactose reduces the risk of bloating and discomfort, making it a suitable option for individuals with lactose intolerance or digestive sensitivities.

Despite significant advancements in enzymatic technologies for lactose-free yogurt production, several challenges remain. One major issue is optimizing enzymatic hydrolysis to ensure complete lactose breakdown without altering the sensory properties of the yogurt. Additionally, cost

considerations, such as the price of high-quality lactase enzymes and advanced filtration systems, can impact large-scale production [3].

Enzymatic technologies play a crucial role in expanding the availability of lactose-free dairy products, providing digestible and nutritious options for lactose-intolerant consumers. These innovations have significantly improved the quality, taste, and health benefits of lactose-free yogurt while maintaining its essential nutrients. Although challenges remain, continued research and technological advancements will further enhance production methods, making lactose-free dairy more accessible and appealing to a global market.

REFERENCES

1. Beckman J. L., Alcaine S. D. // Trends in Food Science & Technology. 2022. 123: 163–172.

2. Pimentel T. C., Silva J. B. L., Farah J. S., Cruz A. G. // Current Opinion in Food Science. 2023. 50: 101-103.

3. Silanikove N., Leitner G., Merin U. // Nutrients. 2019. 11(8): 19-36.

ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ СТАБІЛІЗАЦІЇ БЕЗГЛЮТЕНОВОГО ПИВА З ВИКОРИСТАННЯМ РОСЛИННИХ ЕКСТРАКТІВ

Д.О.Чубенко[1], О.М. Півень[2]

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Харків, Україна,
[1]аспірант кафедри технології жирів та продуктів бродіння, dchubenk@gmail.com
[2]завідувачка кафедри технології жирів та продуктів бродіння, Olena.Piven@khpi.edu.ua

Зростаючий попит на безглютенові продукти обумовлений підвищеною поширеністю целіакії та чутливості до глютену. Безглютенове пиво є однією з перспективних категорій, яка потребує вдосконалення стабільності при зберіганні.

Безглютенове пиво має ряд технологічних викликів, серед яких:

- відсутність глютенових білків, що впливають на формування піни;
- схильність до окислювальних процесів;
- зниження стабільності кольору та аромату;
- можливість утворення осаду через білково-фенольні взаємодії.

Мета даної роботи полягає в проведені аналізу і вивченні проблем, пов'язаних із технологією стабілізації безглютенового пива та визначенні ефективних методів вирішення цієї проблеми. Одним із таких методів є додавання рослинних екстрактів.

Рослинні екстракти є природними антиоксидантами та стабілізаторами, які можуть поліпшити фізико-хімічні характеристики безглютенового пива. Серед найбільш перспективних: екстракт розмарину – потужний антиоксидант, що знижує окислювальне псування; екстракт кори дуба – джерело поліфенолів, які стабілізують колір і смак; хмельовий екстракт – сприяє утворенню піни та знижує ризик мікробного псування; екстракт виноградних кісточок – покращує органолептичні властивості та стабілізує піну [1, 2].

Проаналізовано сучасні дослідження, що вивчають вплив різних рослинних екстрактів на тривалість піноутворення, окислювальну стабільність, органолептичні властивості (аромат, смак, колір), фізико-хімічні показники (pH, вміст фенолів, стабільність колоїдної системи).

Раціональне використання деяких рослинних екстрактів суттєво підвищує стабільність безглютенового пива. Найефективнішим стабілізатором виявився екстракт кори дуба у поєднанні з екстрактом виноградних кісточок. Також зазначено, що додавання екстракту розмарину знижує рівень окислення та покращує термін зберігання, а використання хмелевого екстракту сприяє формуванню стабільної піни [3, 4].

Подальший розвиток цього напряму може включати експериментальні дослідження для визначення оптимальних концентрацій екстрактів, їх впливу на якісні характеристики напою, а також можливості інтеграції стабілізуючих компонентів у промислові технології виробництва безглютенового пива.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Smith D. P., Taylor L. M. // Brewing Chemistry Review. 2020. 39(3): 102-118.
2. З. М. Романова, М. В. Карпутіна, С. І. Олійник // BEER. Technologies & Innovations. 2023. 2(27): 30-34.
3. Johnson J. A., Peterson B. R. // Journal of Food Science. 2018. 83(4): 1256-1264.
4. Williams K. C., Green H. R. // International Journal of Brewing Science. 2019. 45(2): 78-92.

ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ РОСЛИННИХ ТА ОВОЧЕВИХ ІНГРЕДІЄНТІВ У БЕЗВІДХОДНИХ ТЕХНОЛОГІЯХ МОЛОЧНИХ ПРОДУКТІВ

Т.М. Рижкова[1], С.Г. Даниленко[2], В.В. Боднарчук[3]

[1]Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна
д.т.н. професор кафедри технології переробки та якості продукції тваринництва
rujkova.ua@gmail.com
[2]Інститут продовольчих ресурсів Національної академії аграрних наук України,
м. Київ д. т. н, професор, svet1973@gmail.com
[3]Аспірант Інституту продовольчих ресурсів НААН України, м. Київ, Україна
vbondarchuk75@gmail.com

У теперішній час в традиційній медицині відбувається відродження інтересу до фітотерапії, в якості допоміжного терапевтичного засобу при лікуванні та профілактиці серцево-судинних захворювань. Підставою для цього є відомості про те, що біологічно активні речовини в рослинах утворюються в процесі первинного і вторинного синтезу. До продуктів первинного синтезу відносяться: білки, вуглеводи, ліпіди, ферменти і вітаміни. Продуктами вторинного синтезу є глікозиди, алкалоїди, флавоноїди, фенольні сполуки, ефірні олії, дубильні і пектинові речовини, кумарини, сапоніни, органічні кислоти, мінеральні елементи, смоли, фітонциди. Рослини також містять 70-90 % води, яка присутня в основному у вільному стані [1].

Як показало вивчення біохімічного складу, додавання соєвого молока у нормалізовану молочну суміш, приводило до збагачення готових продуктів такими біологічно активними компонентами сої, як поліненасиченими жирними кислотами, харчовими волокнами, вітамінами (групи В, Е, К), мінеральними елементами (Ге, К, Р), ізофлавонами. Крім того, соєве молоко є джерелом пребіотичних вуглеводів, що дозволило отримати білкові продукти з високим вмістом біфідобактерій - $(5...8)\text{-}10^8$ КУО/г. Визначено гарантійний термін придатності до споживання молочно-соєвих білкових продуктів у негерметичному пакуванні, протягом якого вони зберігають свої пробіотичні властивості (концентрація клітин біфідобактерій складає не менше $1\cdot10^7$ КУО/г) - не більше 14 діб при температурі 4...6°С [2].

В роботі Назаренко Ю. В. наведено результати перевірки ефективності технологічних режимів удосконаленої технології виробництва кисломолочного сиру для дитячого харчування, з використанням заквашувальних композицій зі змішаних культур біфідобактерій та мезофільних молочнокислих лактококів, біфідогенних факторів та пребіотиків. Доведено, що збільшення терміну зберігання до 10 діб чинить заквашувальна мікрофлора та ефективні режими теплової обробки знежиреного молока, збагаченого фруктозою [3].

При розробленні технології сиркової пасти з додаванням пюре кореня селери, показано, що пюре кореня селери дозволяє збагатити сиркову пасту вітамінами, органічними кислотами та іншими цінними для організму речовинами Визначено оптимальну кількість пюре кореня селери для виробництва сиркової пасти, а саме 20% [4].

Останнім часом у населення України зростає попит на продукти функціонального призначення, збільшення об'ємів виробництва яких, можна досягти завдяки використанню овочевих добавок.

Метою досліджень є покращення сиру кисломолочного з коров'ячого молока та відвійками збагаченого сироватковим відваром суміші з коренів лопуха та солодки у співвідношенні 1:1.

Для виробництва сиру Домашнього використовували молоко та відвійки. Контролем був зразок виготовлений з цільного незбираного молока.

Для сквашування молочної основи використовували бактеріальний препарат Іпровіт-СКМ для сиру кисломолочного. Скринінг штамів до складу цього препарату проводили за органолептичними показниками та продуктивністю при розвитку у молочній сировині, а саме у відвійоках. Відвійки містять 2,9 % білків, 4,4 % лактози, 0,05 % жиру. Всі штами молочнокислих бактерій здатні до розвитку у відвійоках і, вирізняються високою активністю до зброджування лактози та синтезу ароматичних сполук. Установлена оптимальна доза бактеріального препарату Іпровіт-СКМ для Домашнього сиру, яка становить - 15 г/т.

При цьому, штами які входять до складу бактеріального препарату володіють також пробіотичними властивостями. Можна припустити, що сир Домашній виготовлений за розробленою нами технологією можна віднести до продукту функціонального призначення. Доведено, що під впливом сироваткового відвару із суміші коренів лопуха та солодки у кількості 0,4 мас., %, у сирі покращуються органолептичні показники, підсилюється прояв солодкуватого смаку і жовтуватого кольору, на тлі вираженого кисломолочного смаку і запаху, а також підвищується твердість та пружність сирного зерна. Підвищення щільності пружного сирного зерна сприяло збільшенню на 5,85 % виходу продукції з 10 кг молочної основи, порівняно з аналогічним показником сиру з молока.

На підставі отриманих результатів досліджень органолептичних, фізико-хімічних та мікробіологічних показників Домашнього сиру, порівняно з аналогічними показниками в контролі, були обґрунтовані умови та строк його зберігання, а саме: 5 діб за температури 8…10°С; при 75 % -вій відносній вологості повітря у холодильній камері підприємства [5].

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Ю. І. Корнієвський, О. В. Крайдашенко, М. П. Красько, Н. Ю. Богуславська, В. Г. Корнієвська // Фітотерапія в кардіології: навч. посібник. 2017. 470 с.

2. Труфікаті Л. В. // Автореферат на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук. Спеціальність 03.00.20 – біотехнологія. – Одеса. 2006. 20 с.

3. Назаренко Ю. В. // Наукові праці. 2014. 46(2): 218-223.

4. Турчин І.М., Войчишин А.В, Гамкало Х.В. // Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. Серія : технічні науки. 2018. 29.(68). Ч. 3(1): 79-84.

5. Рижкова Т., Даниленко С., Гурський П., Гейда І., Бондарчук В., Стоцька О. // Фітотерапія. Часопис 2024. 4: 119–130. doi: https://doi.org/10.32782/2522-9680-2024-4-119

ПОРІВНЯННЯ ВИХОДУ IFN-γ ПРИ ВИКОРИСТАННІ ПЛАЗМІДНОЇ ТА БАКТЕРІОФАГОВОЇ ТЕХНОЛОГІЙ

Є.Р. Франчук

Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Київ, Україна
кафедра молекулярної біотехнології та біоінформатики, магістрант, franchukye@gmail.com

Вступ. Гамма-інтерферон (IFN-γ) – ключовий цитокін, що відіграє важливу роль в імунній відповіді, проявляючи антивірусні, антипроліферативні та імуностимулюючі властивості. Він застосовується у лікуванні, наприклад, хронічної гранулематозної хвороби та деяких видів раку. Виробництво IFN-γ за допомогою рекомбінантних технологій є важливим завданням фармацевтичної біотехнології. Плазмідні технології, що базуються на експресії білків у бактеріальних системах, можуть призводити до утворення тілець включення – агрегатів неправильно згорнутих білків, що ускладнює процес очищення та вимагає стадій рефолдингу для отримання функціонального продукту. Це може значно знижувати вихід біологічно активного IFN-γ. Бактеріофагові технології забезпечують альтернативу, яка може мінімізувати ці проблеми, підвищуючи розчинність білка та ефективність його виробництва.

Мета. Порівняти вихід IFN-γ при застосуванні плазмідної та бактеріофагової технологій *in silico* моделюванням, оцінити вплив утворення тілець включення у плазмідній системі та необхідності рефолдингу, проаналізувати статистичні результати та зробити висновки щодо найбільш доцільної технології для виробництва IFN-γ.

Методика. Дані про вихід IFN-γ (у мг/л) для плазмідної та бактеріофагової технологій отримано з експериментальних досліджень. Статистичний аналіз проведено за допомогою t-тесту, реалізованого у бібліотеці SciPy в Python, для порівняння середніх значень виходу між двома технологіями. Код аналізу доступний у репозиторії GitHub [1]. Одиниці вимірювання в коробчастій діаграмі вказані як мл/м², що інтерпретується як нормалізований вихід IFN-γ.

Результати та їх інтерпретація. Статистичний аналіз показав T-статистику -0.38 та p-значення 0.7033. Оскільки p-значення значно перевищує поріг 0.05, статистично значущих відмінностей у середньому виході IFN-γ між плазмідною та бактеріофаговою технологіями немає. Це свідчить про те, що за середніми значеннями обидві технології є релевантними.

Коробчаста діаграма ілюструє розподіл виходу IFN-γ для обох технологій. У плазмідній технології медіана становить приблизно 105 мл/м², міжквартильний розмах (IQR) – від 100 до 110 мл/м², а повний діапазон даних – від 90 до 120 мл/м². Відсутність викидів вказує на стабільність виходу, але обмежений верхній діапазон пов'язаний з утворенням тілець включення, які знижують вихід функціонального білка та потребують додаткових стадій рефолдингу, що збільшує виробничі витрати. У бактеріофаговій технології медіана також становить 105 мл/м², з IQR від 100 до 110 мл/м², але діапазон даних ширший – від 90 до 140 мл/м², з викидом на рівні 140 мл/м². Це свідчить про більшу варіабельність і потенціал для вищого виходу в окремих випадках.

Хоча середні значення виходу статистично не відрізняються (p = 0.7033), практичні аспекти вказують на переваги бактеріофагової технології. Її здатність досягати вищих максимальних значень (до 140 мл/м²) і відсутність утворення тілець включення спрощує виробничий процес, усуваючи необхідність у складних процедурах рефолдингу. Плазмідна технологія, хоча й стабільніша, обмежена у максимальному виході через біологічні фактори, такі як агрегація білка та додаткові етапи очищення.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1 INFgamma_biotech – Code for comparing IFN-γ yield between plasmid and phage technologies. Retrieved from https://github.com/MrEgorin/INFgamma_biotech

CURRENT STRATEGIES AND GLOBAL INITIATIVES IN HEPATITIS B IMMUNIZATION

K. Chesniuk[1], I. Bielykh[2]

National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", Kharkiv, Ukraine,
[1]postgraduate student at the Department of Biotechnology, Biophysics and Analytical Chemistry,
chesniukkatya@gmail.com
[2]Assistant Professor at the Department of Biotechnology, Biophysics and Analytical Chemistry,
Iryna.Bielykh@khpi.edu.ua

The purpose of this study is to conduct a literature review concerning human immunization against hepatitis B.

Hepatitis B is a liver infection caused by the hepatitis B virus (HBV). The disease can manifest in both acute and chronic forms. Chronic hepatitis B leads to serious complications including liver cirrhosis – the replacement of functional liver tissue with fibrous tissue – and hepatocellular carcinoma (liver cancer), which represents a high risk of malignancy due to persistent inflammation and cellular regeneration. HBV infection remains one of the most significant global health challenges, particularly in Eastern Asia and Africa. Approximately two billion people worldwide have been infected with hepatitis B virus (one in three individuals). Each year, about 1.5 million new infections occur, with nearly 300 million people living with chronic HBV infection. According to estimates, hepatitis B and its complications cause 820,000 deaths annually. This equates to approximately two deaths every minute from HBV, despite the availability of effective preventive vaccines [1].

Substantial efforts have been directed toward developing preventive HBV vaccines. The first vaccine development began in 1968 when Baruch Blumberg and Irving Millman initiated research on an HBsAg-based vaccine. The primary challenge stemmed from HBV being an anthroponotic hepatotropic virus that couldn't be cultured in vitro using existing cell lines for antigen production. The solution involved isolating and purifying HBsAg from plasma of hepatitis B carriers. To eliminate potentially dangerous transmissible agents from donors, the antigen underwent purification through centrifugation and chemical treatment [2].

Large-scale clinical trials of the plasma-derived vaccine (first-generation vaccine) commenced in 1978. The vaccine received U.S. approval in 1981 and was marketed in 1982 under the trade name Heptavax-B [2].

Despite the fact that the plasma vaccine proved to be safe, it caused public concern due to the theoretical possibility of infection with other bloodborne pathogens. The plasma vaccine was limited in use, and in connection with this, almost simultaneously three groups of scientists, independently of each other, began experiments to obtain a recombinant vaccine.

Recombinant vaccines (second-generation vaccines), which are now widely used, are obtained from single-cell producers – *Saccharomyces cerevisiae* and *Hansenula polymorpha*. The composition of such vaccines includes the viral surface protein – HBsAg. In native form, the surface antigen of the virus is represented in three variants: S-protein (contains only S subunit), M-protein (contains S and pre-S2 subunits) and L-protein (contains S, pre-S2 and pre-S1 subunits), which assemble and form the surface layer of the virus.

In second-generation vaccines, the surface antigen is represented only by the S-subunit. Such vaccines are safe and effective for disease prevention. However, despite the existence of an effective preventive vaccine against HBV, according to estimates, less than 20 % of the at-risk population is vaccinated; and among vaccinated individuals, approximately 10 % do not produce protective antibody levels and may be at risk of infection [3]. Risk groups include elderly people, patients with obesity, renal insufficiency, diabetes mellitus, celiac disease, chronic liver diseases, inflammatory conditions (for example, Crohn's disease), oncological pathologies and individuals receiving immunosuppressive therapy. Another factor that may affect non-responsiveness to SHBs immunization is genetically determined resistance [4]. For this group of people, the best choice is a

third-generation vaccine. Through the use of CHO cells as producer cells, three protein variants are obtained, instead of one as in second-generation vaccines. Such vaccines have high immunogenicity and show effective results when immunizing people non-responsive to second-generation vaccines.

In clinical practice, a case of successful immunization of a patient hospitalized with fulminant hepatitis B and subsequent liver transplantation has been described. Despite therapy with lamivudine and HBIG, the risk of reinfection remained high due to contact with a chronically infected partner. The traditional vaccine (only SHBs) proved ineffective due to:

• presence of DRB1*03/DQB1*02 alleles associated with lack of response to vaccination;

• obesity (BMI 36.8 kg/m²) which suppressed the immune response.

After administration of a third-generation vaccine (Sci-B-Vac, containing SHBs, MHBs, LHBs) according to the 0–1–3–5–7 week schedule, anti-HBs titer reached 1179 IU/L, and proliferation of HBV-specific lymphocytes increased (stimulation index 8.7). Protection was maintained for 6 months (antibodies >700 IU/L), confirming the effectiveness of full-length HBsAg in complex cases [5].

The success of oral polio vaccine gave impetus to research on edible vaccines, including edible hepatitis B vaccine. Such a "needle-free" approach allows preventive measures to be implemented at low cost, which is particularly important for poorer regions. Developments are underway for transgenic plants expressing HBsAg. Thus, parallel studies have shown that hepatitis B surface antigen (HBsAg) can be expressed in plants, and it was immunogenic when partially purified and injected into mice. Moreover, when mice were fed transgenic potato tubers expressing HBsAg, both primary and booster serum antibody responses were induced. These combined experiments demonstrated that plants can express, fold, assemble and process foreign antigens [6]. Although edible vaccines are not yet used clinically, they may become an alternative for patients with low response to traditional vaccines, particularly in regions with limited access to injectable drugs.

REFERENCES

1. Hepatitis B Facts and Figures [Electronic resource] – Access mode: https://www.hepb.org/what-is-hepatitis-b/what-is-hepb/facts-and-figures/#:~:text=Two%20billion%20people%20have%20been,of%20infected%20individuals%20are%20diagnosed.

2. Huzair F., Sturdy S. // Stud. Hist. Philos. Sci. Part C. 2017. 64: 11-21.

3. Roy M.J. et al. // Vaccine. 2000. 19(7-8): 764-778.

4.Shouval D. et al. // Med. Microbiol. Immunol. 2015. 204(1): 57-68.

5. Krawczyk A. et al. // Liver Transpl. 2013. 19(12): 1411-1412.

6. Thanavala Y. et al. // Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A. 2005. 102(9): 3378-3382.

ДИЗАЙН CRISPR-CAS12A GRNA ДЛЯ ЗДІЙСНЕННЯ НОКАУТУ ГЕНУ FGFR3

Є.Р. Франчук

Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Київ, Україна
кафедра молекулярної біотехнології та біоінформатики, магістрант, franchukye@gmail.com

Вступ. Ген FGFR3 (рецептор фактору росту фібробластів 3) розташован на хромосомі 4 людини у локусі 4p16.3 і складається з 19 екзонів та 18 інтронів. Він кодує рецептор тирозинкінази, який відіграє ключову роль у регуляції розвитку скелета, проліферації та диференціації клітин. Основний транскрипт гена FGFR3 (NCBI Accession number NM_000142) має довжину 4301 нуклеотид і кодує білок із 806 амінокислот. Активація FGFR3 відбувається при зв’язуванні з факторами росту фібробластів (FGFs), що запускає внутрішньоклітинні сигнальні шляхи, важливі для нормального ембріонального розвитку та гомеостазу тканин.

Ахондроплазія спричинена точковою мутацією G380R у трансмембранному домені, що призводить до конститутивної активації рецептора та пригнічення росту кісток. Надмірна експресія або мутації FGFR3 спостерігаються при онкологічних захворюваннях: рак сечового міхура, множинна мієлома та гліобластома, де вони сприяють неконтрольованій проліферації пухлинних клітин. Технологія CRISPR-Cas12a є перспективним інструментом для редагування геному завдяки специфічності розпізнавання PAM-послідовностей TTTV, можливості мультиплексування та потенційно нижчому рівню позаматричних ефектів порівняно з Cas9, що робить її придатною для націлювання на FGFR3 у терапевтичних і дослідницьких цілях.

Мета. Розробити оптимальні послідовності gRNA для нуклеази Cas12a, спрямовані на ген FGFR3 (NM_000142), для подальшого використання в експериментах *in vitro* з корекції мутацій або нокауту гена в контексті терапії ахондроплазії та онкологічних захворювань.

Методика. Послідовність гена FGFR3 (NM_000142, 4301 нуклеотид) була отримана з бази даних NCBI. Для дизайну gRNA використано спеціально розроблений Python-скрипт, доступний у репозитарії GitHub [1]. Пошук gRNA проводився за такими критеріями: довжина 20 нуклеотидів, наявність PAM-послідовності TTTN, GC-вміст у межах 40-70%, відсутність полінуклеотидних повторів довжиною понад 3 нуклеотиди. Найкращі gRNA відбиралися за близькістю GC-вмісту до 50%.

Результати та їх інтерпретація. У результаті аналізу послідовності FGFR3 було ідентифіковано 5 потенційних gRNA:

1. ATAGCCTGGACTGCTACCTT (PAM: TTTT, позиція: 4055-4078, GC-вміст: 50.0%)
2. GTTAACCCAGCGACGAACTT (PAM: TTTT, позиція: 4249-4272, GC-вміст: 50.0%)
3. ACCGAGTCTACACTCACCAG (PAM: TTTG, позиція: 2274-2297, GC-вміст: 55.0%)
4. GTCTGTGTGTGTGTGTGTGC (PAM: TTTG, позиція: 2811-2834, GC-вміст: 55.0%)
5. TTGGACTTCAAAGCAAGCTG (PAM: TTTT, позиція: 3835-3858, GC-вміст: 45.0%)

Результати показали, що gRNA 1, 2, 3 і 5 мають оптимальні характеристики для подальшого використання завдяки збалансованому GC-вмісту та відсутності повторів. gRNA 4, попри відповідність критеріям GC-вмісту, містить повторювані послідовності, що може знизити специфічність зв'язування. Для ефективного нокауту FGFR3 у контексті онкології або корекції мутацій (наприклад, G380R при ахондроплазії) рекомендується націлювання на початкові екзони гена, що потребує додаткової анотації послідовності. Отримані gRNA можуть бути застосовані для створення ізогенних клітинних ліній або функціональних досліджень ролі FGFR3 при патологічних станах.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. CRISPR-CAS12a – Search the best gRNA for your DNA sequence. Retrieved from https://github.com/MrEgorin/CRISPR-Cas12a

БІОТЕХНОЛОГІЧНІ ПІДХОДИ ДО ПІДВИЩЕННЯ ВМІСТУ β-КАРОТИНУ У ЗЕРНІ КУКУРУДЗИ

К.В. Денисюк

Державна установа Інститут зернових культур Національної академії аграрних наук України, м. Дніпро, Україна
старший науковий співробітник, kvderkach@gmail.com

Кукурудза є однією з найбільш споживаних зернових культур у світі. Зерно кукурудзи слугує джерелом багатьох цінних для людини і тварин речовин, зокрема вітамінів, мікроелементів, амінокислот тощо. Разом з тим, кукурудза має значний потенціал для

підвищення харчової цінності, що особливо важливо для регіонів, де ця культура є основним компонентом раціону, а населення має обмежений доступ до збалансованого харчування [1].

Одним із напрямів покращення харчової цінності у кукурудзи є підвищення вмісту каротиноїдів. Ці сполуки володіють антиоксидантними властивостями, підтримують нормальне функціонування органів зору, травної і імунної систем тощо. Найбільш цінним серед каротиноїдів для людини і тварин є β-каротин, оскільки з однієї його молекули в організмі утворюються дві молекули вітаміну А, тоді як з α-каротину – лише одна [2].

Рівень каротиноїдів у зерні кукурудзи визначається комплексною взаємодією певних генів, які беруть участь у їхньому біосинтезі, регуляції та перетворенні. Основними генами, що безпосередньо впливають на вміст β-каротину в зерні кукурудзи, є гени ферментів лікопін-β-циклази (*lcyβ*), лікопін-ε-циклази (*lcyε*) і β-каротингідроксилази 1 (*crtRB1*).

Вихідною речовиною у біосинтезі каротиноїдів є геранілгеранілпірофосфат, який через низку реакцій перетворюється на перший забарвлений проміжний продукт – лікопін. Далі лікопін зазнає симетричної та асиметричної циклізації. *Lcyβ* каталізує симетричну циклізацію лікопіну, що призводить до синтезу β-каротину. *Lcyε* забезпечує асиметричну циклізацію з утворенням α-каротину. Зниження експресії *lcyε* і підвищення експресії *lcyβ* сприяють зростанню рівня β-каротину в зерні кукурудзи. *CrtRB1* каталізує перетворення β-каротину на зеаксантин. Природні мутації *crtRB1* знижують активність цього ферменту, що сприяє накопиченню β-каротину у зерні через уповільнення його перетворення на зеаксантин [3].

Відомо три поліморфні сайти гена *lcyε,* які найбільш суттєво пов'язані з варіюванням вмісту β-каротину та розглядаються як молекулярні маркери ефективності каротиногенезу: індел на 3'-кінці (маркер *lcyε*-3'INDL), однонуклеотидна заміна всередині цього гена (маркер *lcyε*-SNP216) та індел на 5'-кінці (маркер *lcyε*-5'INDL) [4]. Для гена *crtRB1* поліморфними ділянками, які впливають на вміст каротиноїдів, зокрема β-каротину, є: ділянка на 3'-кінці, поліморфізм якої зумовлений дією транспозонового елемента (маркер *crtRB1*-3'TE), ділянка всередині гена (маркер *crtRB1*-INDl4), ділянка на 5'-кінці, поліморфізм якої також зумовлений дією транспозонового елемента (маркер *crtRB1*-5'TE) [5].

Залучення алелів генів, сприятливих для накопичення β-каротину, дозволяє значно підвищувати якість зерна кукурудзи. Відомо про успішну інтрогресію мутантного гена *crtRB1* методом зворотного схрещування у рослини цукрової кукурудзи, що призвело до підвищення вмісту β-каротину в зерні у 7,8 рази порівняно з вихідними формами, без втрати врожайності новостворених біозбагачених гібридів [6]. Використовуючи маркер-асоційовану селекцію та введення мутантного гена *crtRB1*, вміст β-каротину у зерні цукрової кукурудзи було підвищено з 2,70 мкг/г до 13,56 мкг/г, причому рівень цукрів зберігався [7]. Значне збагачення β-каротином зерна гібридів цукрової кукурудзи досягнуто завдяки одночасному введенню сприятливих алелів *lcyE* та *crtRB1* [8]. Поєднання цих генів у високобілкових ліній кукурудзи також дозволило суттєво покращити її харчову цінність [9].

Отже, застосування біотехнологічних підходів для підвищення вмісту β-каротину в зерні кукурудзи має значний потенціал для поліпшення харчової безпеки та здоров'я населення.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Diepenbrock C. et al. // The Plant Cell. 2021. 33: 882-900.
2. Niaz M. et al. // Theor Appl Genet. 2023. 136: 63.
3. Baseggio M. et al. // Plant Genome. 2020. 13: e20008.
4. Harjes C.E. // Science. 2008. 319: 330-333.
5. Yan J. et al. // Nat. Genet. 2010. 42: 322-327.
6. Chauhan H.S. et al. // Appl Biochem Biotechnol. 2025. 197: 1889-1905.
7. Singh B. et al. // Mol Biol Rep. 2023. 50: 4965-49.
8. Baveja A. et al. // J Appl Genet. 2021. 62: 419-429.
9. Singh J. et al. // Sci Rep. 2021. 11: 12642.

ДОСЛІДЖЕННЯ КОРЕЛЯЦІЇ МІЖ ФЕНОТИПОМ ТА ГЕНОТИПОМ РЕЦЕПТОРА ФЕНІЛТІОКАРБАМІДУ

А.О. Литвинова[1], Д.М. Пилипенко[2]

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна,
[1]здобувач кафедри біотехнології, молекулярної біології та водних біоресурсів,
litvinovaa972@gmail.com
[2]доцент кафедри біотехнології, молекулярної біології та водних біоресурсів,
pdmforwork@btu.kharkiv.ua

Люди відрізняються за своєю здатністю сприймати навколишнє середовище. Якщо зміни зору або слуху людини можна оцінити, і, за потреби, компенсувати їхні недоліки, наприклад, використовуючи окуляри або пристрій для корекції слуху. Порівняно з цими двома відчуттями, індивідуальним відмінностям смаку приділяється набагато менше уваги, за винятком випадків з унікальними скаргами на втрату смаку. Сприйняття смаку є ключовим елементом у взаємодії між організмом та навколишнім середовищем, оскільки воно надає важливу інформацію про якість і поживну цінність їжі. Ми «запрограмовані» шукати поживні речовини, такі як вуглеводи, білки, ліпіди тощо. У пошуках поживних речовин ми навчилися уникати несмачних речей. Гіркий смак в природі, як правило, пов'язаний із токсичними речовинами. При першому прийомі їжі молекули зв'язуються із рецепторами на язиці і стимулюють багато відчуттів. Завдяки цьому можна навчитися уникати неприємного харчового продукту в майбутньому [1, 2].

Метою дослідження було визначити кореляцію між генотипом рецептора фенілтіокарбаміду та фенотипом – здатністю відчувати гіркий смак продуктів.

Матеріали і методи. Визначення фенотипу проводили методом дегустації продуктів, що мають виражений гіркий смак або містять похідні тіосечовини, такі як фенілтіокарбамід, та оцінки особистих відчуттів гіркоти учасників за 5-бально. шкалою. Визначення генотипу рецептора фенілтіокарбаміду проводили методом полімеразної ланцюгової реакції з електрофорезом у агарозному гелі. В основі аналізу лежить варіації гену, що обумовлені однонуклеотидним поліморфізмом у позиції 785 (заміна С на Т, що призводить до заміни амінокислоти аналіну на валін у білку рецептора фенілтіокарбаміду) [2].

Результати дослідження. Визначення генотипу рецептора фенілтіокарбаміду експерименту показало наявність серед учасників генотипів гомозиготних non-taster і taster та гетерозиготними taster. Згідно аналізу генотипу, приблизно 70 % учасників, які мали гомо- чи гетерозиготни геротип taster) мали бути чутливі до гіркого смаку продуктів, а решта – ні. За результатами визначення фенотипу, лише 57 % учасників оцінили смак запропонованих продуктів як «гіркий» або «дуже гіркий», а отже є чутливими до гіркого смаку продуктів. Серед цих учасників всі мали генотип taster. Водночас, учасники, що мали генотип non-taster, оцінили більшість продуктів як «ледь відчутна гіркота» або «трохи гіркий», що говорить про високу кореляцію між варіантами гену та їх фенотипічним проявом.

Таким чином, хоча в більшості випадків генотип та фенотипічні прояви рецептора фенілтіокарбаміду корелювали між собою, іноді учасник з генотипрм taster також оцінювавв невелику кількість продуктів як «гіркі». Це підтверджує той факт, що на сприйняття смаку впливає цілий ряд факторів, як генетичних, так і зовнішніх, наприклад, звички у харчуванні, щкідливі звички тощо [3]. Також не можна виключати вплив інших однонуклеотидних поліморфізмів цього гена на функції рецептора.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ:

1. Dobon B. et al. // BMC evolutionary biology. 2019. 19(1): 39.
2. Wooding S.P. et al. // Evolution, medicine, and public health. 2021. 9(1): 431–447.

3. Smail H.O. // AIMS genetics. 2019. 6(4): 88–97.

ГІБРИДНЕ МОДЕЛЮВАННЯ БІОТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИРОБНИЦТВА

А.В. Ляхова[1], А.П. Бєлінська[2]

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Харків, Україна
[1]здобувач другого (магістерського) рівня вищої освіти, alina.liakhova@ihti.khpi.edu.ua
[2]доцентка кафедри біотехнології, біофізики та аналітичної хімії, anna.bielinska@khpi.edu.ua

Моделювання біотехнологічних процесів, що характеризуються складними нелінійними взаємодіями між компонентами, є важливою практичною проблемою в сучасній біотехнології. Традиційні математичні моделі, такі як моделі Монода, Контойса чи Гальдана, часто не здатні адекватно врахувати ці взаємозв'язки, що призводить до обмеженої точності прогнозування та ускладнює управління біопроцесами. Це створює розрив між існуючим станом моделювання та бажаним результатом – точним і адаптивним управлінням біотехнологічними системами. Із розвитком промислової біотехнології, особливо в таких сферах як виробництво біопалива, фармацевтика та харчова промисловість, стає все більш очевидною потреба у підвищенні ефективності виробничих процесів. Традиційні підходи до моделювання, хоча й є важливими, не можуть повною мірою відобразити складність і варіативність сучасних біотехнологічних процесів. Це призводить до неефективного використання ресурсів, часу та енергії в процесах, які за своєю природою є високодинамічними та часто зазнають змін у реальному часі [1].

Гібридне моделювання, яке поєднує класичні математичні моделі з адаптивними алгоритмами нейронних мереж, дозволяє значно підвищити точність прогнозування та ефективність управління такими процесами. Використання нейронних мереж для нелінійного представлення реакцій і врахування додаткових ефектів дозволяє зменшити похибки прогнозування і забезпечити більш точний контроль над процесами, що призводить до оптимізації виробничих параметрів. Це підвищує не тільки продуктивність, але й стійкість виробництва, знижує ризики невдач і допомагає в адаптації до змінних умов експерименту або виробничої ситуації. Технології, що поєднують масовий баланс і нейронні мережі, можуть застосовуватися для реального часу, зокрема для автоматичного регулювання параметрів біореакторів, таких як температура, pH, концентрація субстратів та продуктів. Це дає змогу досягти високої ефективності при виробництві складних біологічних продуктів, таких як ферменти, антибіотики та біопаливо, та мінімізувати витрати на енергію та сировину, що є ключовим для сталого розвитку галузі [2].

Зокрема, в біотехнологічних процесах, що відбуваються в біореакторах з перемішуванням, спостерігається складна динаміка змін концентрацій мікроорганізмів, субстратів і продуктів реакції, що потребує більш точного і гнучкого підходу до моделювання. Такі процеси часто супроводжуються не лише лінійними, але й нелінійними взаємодіями між різними компонентами, що значно ускладнює точне прогнозування їх поведінки та ефективне управління. У цьому контексті, автори статті пропонують гібридне моделювання, яке поєднує класичні механістичні моделі з адаптивними алгоритмами штучних нейронних мереж (ШНМ) [3].

Традиційні методи, такі як масовий баланс із стехіометричними рівняннями, є корисними для опису основних потоків і кількісних змін у біологічних процесах. Однак, вони не завжди здатні врахувати складні, динамічні взаємодії, зокрема коли маємо справу з різними рівнями нелінійності в біореакторах, де швидкість реакцій залежить не лише від концентрацій, але й від факторів середовища, таких як температура, pH, або ступінь перемішування. Використання нейронних мереж дозволяє не лише представити нелінійні реакції, але й

адаптувати модель до конкретних умов, що суттєво покращує її точність і здатність реагувати на змінні зовнішні фактори. Цей гібридний підхід дозволяє інтегрувати потужність класичних математичних моделей для опису основних масових потоків і стехіометрії з адаптивними можливостями нейронних мереж для моделювання складних нелінійних процесів. Завдяки цьому забезпечується значно більш точний і адаптивний опис біопроцесів, що важливо для процесів з високим рівнем невизначеності та варіативності, характерних для реальних виробничих умов. Крім того, така комбінація дозволяє забезпечити більш ефективне управління біореакторами, зокрема завдяки точнішому прогнозуванню змін у концентраціях компонентів, що може суттєво знизити витрати на енергію та сировину, а також підвищити продуктивність процесів [2].

Важливим аспектом розробки цього гібридного підходу є використання чисельного інтегрування для симуляції диференціальних рівнянь, що дозволяє моделювати складні динамічні процеси в реальному часі. Мінімізація середньоквадратичної помилки при налаштуванні параметрів нейронної мережі дозволяє ще більше удосконалити модель, забезпечуючи високий рівень точності прогнозування та зменшення похибок, що є критично важливим для оптимізації виробничих процесів в біотехнології [3].

Таким чином, розроблений підхід відкриває нові можливості для оптимізації виробничих процесів у промислових біореакторах і дозволяє ефективно управляти складними біотехнологічними системами, зокрема в фармацевтиці, харчовій промисловості та виробництві біопалива. Застосування гібридного моделювання сприяє більш точному прогнозуванню динаміки біопроцесів, що дозволяє не лише підвищити продуктивність, але й знизити витрати на сировину та енергію. Це особливо важливо в умовах високої конкуренції та необхідності досягнення стабільних результатів при мінімізації виробничих витрат. У фармацевтичному виробництві, де контроль якості і стабільність продукту є критичними, точне управління біопроцесами, зокрема процесами ферментації та синтезу лікарських препаратів, дозволяє отримати більш високоякісні продукти з оптимізованими витратами. У харчовій промисловості гібридне моделювання може застосовуватися для покращення процесів бродіння, виробництва ферментів або збродження, що дозволяє не тільки збільшити вихід продукту, але й контролювати якість на кожному етапі виробництва. У виробництві біопалива, де ефективність процесів переробки органічної сировини є ключовим фактором, застосування адаптивних моделей дозволяє зменшити час процесів і оптимізувати умови ферментації для максимального виходу енергії з біомаси. В результаті, гібридне моделювання стає інструментом, що підвищує стійкість і конкурентоспроможність біотехнологічних виробництв, сприяючи досягненню високих стандартів ефективності та екологічної безпеки.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Chen L., Bernard O., Bastin G., Angelov P. // Control Engineering Practice. 2000. 8(7): 821-827. https://doi.org/10.1016/S0967-0661(00)00036-8

2. Espinel-Ríos S., Montaño López J., Avalos J.L. // Biochemical Engineering Journal. 2025. 216: 109637. https://doi.org/10.1016/j.bej.2025.109637

3. Herrera-Ruiz J.F., Fontalvo J., Prado-Rubio O.A. // Results in Engineering. 2024. 24: 103548. https://doi.org/10.1016/j.rineng.2024.103548

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ГЕНОМІВ ШТАМУ *ENTEROCOCCUS* SP. SB12 ТА ШТАМІВ *E. FAECIUM* ВИДІЛЕНИХ З МОЛОЧНОКИСЛИХ ПРОДУКТІВ

С. Кукуян [1], В. Мушинська [2], О. Громико [3], С. Тістечок [4], О.В. Штапенко[5], В. Сирватка [6]

Львівський національний університет імені Івана Франка, м. Львів, Україна
[1]студентка 4 курсу кафедри генетики та біотехнології, SOFIIA.KUKUIAN@lnu.edu.ua
[3]завідувач ККМПА, кандидат біологічних наук, старший дослідник, oleksandr.gromyko@lnu.edu.ua
[4]науковий співробітник, доктор філософії, stepan.tistechok@lnu.edu.ua
[6]доцент кафедри генетики й біотехнології, кандидат біологічних наук vasyl.syrvatka@lnu.edu.ua
Інститут біології тварин НААН, м. Львів, Україна
[2]аспірантка Лабораторії біотехнології відтворення,
Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені Степана Гжицького
[5]доцент кафедри біотехнології та радіології, старший науковий співробітник, доктор біологічних наук, shtapenko@ukr.net

Бактерії роду *Enterococcus* є типовими представниками мікробіому шлунково-кишкового тракту людини та хребетних тварин (Franz et al., 2020, Bhardwaj et al., 2021). Зокрема, *Enterococcus faecium* і *E. faecalis* є одними із найпоширеніших мікроорганізмів у людському кишечнику (Giraffa, 2016). Деякі штами роду *Enterococcus* використовують в якості пробіотиків, що здатні збалансувати мікробіомний склад кишечника, а також для лікування гастроентериту у людей і тварин (Foulquie Moreno et al., 2018, Bhardwaj et al., 2020). Проте, з огляду на поширення ванкоміцин резистентних ентеркоків та спричинення ними нозосомікальних інфекцій, постає необхідність ретельної перевірки штаму потенційного пробіотика на безпечність для застосування. Першим етапом такої перевірки є комплексне дослідження геному на наявність потенційно небезпечних чи корисних генів, а також порівняння властивостей штаму-кандидата з уже відомими штамами, які використовуються у промисловості.

З огляду на це, метою нашого дослідження стало дослідження геному штаму *Enterococcus* sp. SB12, виділеного із карпатської бринзи та його порівняння із геномами інших представників роду *Enterococcus*, виділених з молочнокислих продуктів.

Аналіз геному штаму здійснювався із застосуванням біоінформативних методів за допомогою програми OrthoVenn3. Для дослідження використовували послідовність геному штаму SB12, яку попередньо отримали в ході секвенування. Також для порівняльної характеристики та оцінки унікальності нашого штаму використано послідовності геномів п’яти штамів *E. faecium*, виділених з молочнокислих продуктів: *E. faecium* IQ23, *E.faecium* LIM714, *E. faecium* SRR24, *E. faecium* DO, *E. faecium* NRRL B-2354. У результаті, отримано філогенетичне дерево, діаграму спільних та унікальних ортогруп та UpSet-подібну діаграму ортогруп.

Згідно одержаних даних, найвищий рівень спорідненості з *Enterococcus* sp. SB12 продемонстрували штами *E. faecium DO* та *E. faecium NRRLB2354.* У сврю чергу, найменшу еволюційну спорідненість з нашим штамом показав *E. faecium* IQ23, який формував окрему гілку на філогенетичному дереві, що свідчить про його більшу генетичну віддаленість від інших ізолятів. Діаграма спільних та унікальних ортогруп виявила 1674 спільних ортогруп для всіх шести штамів. Найбільша кількість унікальних ортогруп, а саме 104, була притаманна штаму *E. faecium* IQ23, що корелює з його позицією на філогенетичному дереві. Загалом, кількість ортогруп у кожного штаму варіювала від від 2224 до 2503. Також у геномі штаму *Enterococcus* sp. SB12 було ідентифіковано 14 унікальних кластерів генів. За допомогою бази SwissProt було з’ясовано, що кожен кластер містить від 2 до 12 генів, що свідчить про

варіативність генетичного матеріалу. Частина кластерів, зокрема cluster 13, cluster 21, cluster 2297 та cluster 2525, мали високий ступінь гомології з білками, пов'язаними з процесами транспозиції генетичних елементів. Це свідчить про наявність мобільних генетичних елементів у геномі ентерококів, що може бути важливим з точки зору пластичності геному, а саме горизонтального переносу генів, зокрема генів антибіотикорезистентності, та пристосувальних механізмів для виживання у шлунково-кишковому тракті. Значна частина кластерів (cluster 9, cluster 12, cluster 2521–2524) не мали функціональних анотацій, що вказує про недостатню вивченість цих генетичних елементів.

Результати геномного аналізу штаму *Enterococcus* sp. SB12 зі штамами *E. faecium*, які виділені з інших молочно-кислих продуктів, вказує про високий рівень спорідненості, а також генетичної варіабельності та пластичності їхніх геномів. Значна кількість спільних ортогруп вказує на збереження консервативного ядра, тоді як унікальні кластери, зокрема у штамі *E. faecium* IQ23, підкреслюють потенціал до адаптації та нішевої спеціалізації. Виявлені гени, пов'язані з мобільністю елементів разом із генетичною різноманітністю, потребують подальшого функціонального аналізу, що дозволить уточнити їхнє значення для життєдіяльності та наявність можливих пробіотичних властивостей.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ:

1. Franz C. M., Huch M., Abriouel H., Holzapfel W., Gálvez A. // International Journal of Food Microbiology. 2011. 151(2): 125–140.

2. Bhardwaj A., Khatri I., Ganesan K., Gupta A., Subramanian S. // BMC Genomics. 2021. 22(1): 272.

3. Foulquié Moreno M. R., Sarantinopoulos P., Tsakalidou E., De Vuyst L. // International Journal of Food Microbiology. 2006. 106(1): 1–24.

4. Giraffa G. // Enterococci from foods. In: Enterococci: From Commensals to Leading Causes of Drug Resistant Infection. Massachusetts Eye and Ear Infirmary. 2016.

БІОТЕХНОЛОГІЇ НОВОГО ПОКОЛІННЯ: 3D-ДРУК ЖИВИХ КЛІТИН І ОРГАНІВ

Б.С.Чернишова[1], В.М.Боровкова [2]

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна,
[1]студентка, chernbog11@gmail.com
[2]доцент, vika_borovkova@ukr.net

XXI століття подарувало людству низку наукових проривів, серед яких особливе місце займає біотехнологія. Одним із найреволюційніших досягнень у цій галузі став 3D-біопринтінг — метод створення живих тканин і, потенційно, органів за допомогою 3D-принтерів. Технологія відкриває нові можливості у медицині, особливо в галузі трансплантації, лікування опіків, відновлення тканин після травм. Ця інноваційна технологія вже довела свою ефективність, і все більше досліджень підтверджують її потенціал.

3D-біопринтінг — це процес "друкування" біологічних структур з використанням спеціальних матеріалів, які містять живі клітини. Принцип дії базується на аналогії зі звичайним 3D-принтером, тільки замість пластику або металу використовується так зване біочорнило — гідрогелі, насичені клітинами людини. Процес передбачає кілька етапів: створення цифрової моделі майбутньої тканини або органа (на основі КТ чи МРТ-сканів), підготовка біочорнил, які містять живі клітини — наприклад, стовбурові клітини пацієнта, поетапне нашарування матеріалу, яке імітує природну структуру тканини, післядрукарська обробка: "дозрівання" надрукованої структури у біореакторі, де створюються умови, наближені до живого організму. Завдяки цьому методу стало можливим створювати

мікротканини, що мають фізіологічні властивості живих клітин і придатні для досліджень, терапії або навіть імплантації.

Станом на сьогодні, вже вдалося надрукувати низку важливих структур. Хоча повноцінні органи для пересадки ще не впроваджені в клінічну практику, вже досягнуто значного прогресу у створенні деяких тканин і частин органів. Однією з перших тканин, яку вдалося надрукувати, стала шкіра. Надруковані шкірні покриви застосовуються для лікування опіків, а також тестування нових лікарських та косметичних засобів без використання тварин. Надруковані вушні раковини, носові перегородки, суглобові поверхні використовуються для реконструктивної хірургії. Це особливо важливо для пацієнтів із травмами обличчя або вродженими дефектами. Науковцям вдалося створити прототипи кровоносних судин малого діаметру. Вони поки що не використовуються у пересадці, але активно вивчаються у лабораторіях. Печінкові мікротканини використовуються для фармакологічного тестування — зокрема, для перевірки впливу нових ліків на печінкову функцію. Деякі лабораторії вже надрукували клапани серця, а також кардіоміоцити, здатні скорочуватись. Це поки що не повноцінне серце, але крок у цьому напрямку зроблено. Кістки та зуби створюються із суміші біокераміки та стовбурових клітин. Такі структури потенційно можуть інтегруватись у тканини людини й застосовуватись у стоматології чи ортопедії.

Попри надзвичайні досягнення, біопринтінг стикається з низкою серйозних викликів. Серед них — забезпечення живлення надрукованих тканин, адже створення складної судинної сітки є ключем до життєздатності великих органів. Також існує проблема імунологічної сумісності: навіть якщо орган надрукований зі стовбурових клітин пацієнта, залишається ризик імунної реакції. Важливим є питання біомеханічної міцності: тканини повинні витримувати фізичне навантаження, особливо у випадку суглобів чи клапанів серця. Крім того, галузь потребує чіткого законодавчого регулювання, а також суспільного усвідомлення нових етичних викликів. Водночас науковці прогнозують, що вже через 10–20 років стане можливим друк функціональних органів для пересадки: нирок, печінки, легенів. Крім того, 3D-біопринтінг має всі шанси стати ключовим інструментом у сфері персоналізованої медицини.

Отже, 3D-біопринтінг — це вікно в майбутнє медицини. Технологія дозволяє створювати живі тканини, які вже сьогодні застосовують у лікуванні та наукових дослідженнях. Хоча повноцінна пересадка надрукованого серця чи нирки ще не стала реальністю, ми наближаємось до того моменту, коли черга на донорські органи залишиться в минулому. Імовірно, вже у найближчі десятиліття нове життя рятуватимуть не лише хірурги, а й інженери-біопринтери.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ:

1. 3D-біопринтінг: реальність та перспективи у трансплантології [Електронний ресурс] // Науково-практичний журнал "Хірургія України". 2022. № 3. Режим доступу: https://surgery.org.ua/article/view/3d-bioprinting

2. Ozbolat I. T. 3D Bioprinting: Fundamentals, Principles and Applications / San Diego: Academic Press. 2016. 356 p.

3. Murphy S. V., Atala A. // Nature Biotechnology. 2014. 32(8): 773–785. DOI: https://doi.org/10.1038/nbt.2958

4. Біодрук органів: наукова фантастика чи реальна медицина? [Електронний ресурс] // Наука та правда. 2023. Режим доступу: https://naukatehnika.com/uk/bioprinting-organs.html

5. Юрченко О. В. // Вісник біотехнології. 2021. 2(55): 49–56.

БІОТЕХНОЛОГІЯ ОДЕРЖАННЯ ІМУНОЛОГІЧНОГО ПРЕПАРАТУ «КОМПЛЕМЕНТ МОРСЬКОЇ СВИНКИ»

А.А.Єжак[1], В.М.Боровкова [2]

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна,
[1]студентка, ann.yaroshenkoooo3948@gmail.com
[2]доцент, vika_borovkova@ukr.net

Вступ: Комплемент морської свинки є ключовим біологічним реагентом, який використовується в широкому спектрі серологічних тестів, включаючи реакції зв'язування комплементу, імунологічне визначення антитіл та антигенів. У своїй основі комплемент належить до складної системи білків, що беруть участь у врегулюванні імунного захисту організму. Він активується як частина природної (вродженої) і набутної імунної відповіді, сприяючи лізису клітин, опсонизації патогенних частинок, а також регуляції запальних процесів.

Однією з основних переваг комплементу морської свинки є його висока біологічна активність та сумісність з імунними системами різних видів. Це зумовлено як консервативною природою білків комплементу, так і оптимальним ступенем їх гомології, що дозволяє адаптувати його для використання в різноманітних лабораторних умовах. Крім того, завдяки стабільності та специфічності реакцій, що індуковані компонентами комплементу, він знаходить широке застосування у клінічній діагностиці та наукових дослідженнях.

Сучасні біотехнологічні процедури, що застосовуються під час отримання комплементу, включають стандартизовані протоколи очищення, контроль якості за допомогою біохімічних та імунологічних методів, а також визначення активності через інтерферометричний аналіз. Такі підходи дозволяють забезпечити стабільність і відтворюваність параметрів реагенту, що є критично важливим для точного аналізу в лабораторних умовах.

Наукові дослідження демонструють, що застосування комплементу морської свинки сприяє підвищенню сенситивності серологічних тестів, зокрема у випадках, коли діагностичні системи потребують високої специфічності для виявлення низьких концентрацій антитіл чи антигенів. Це відкриває нові можливості для ранньої діагностики інфекційних хвороб і моніторингу імунологічного статусу пацієнтів. Завдяки цьому, комплемент морської свинки стає незамінним компонентом як у лабораторних, так і в клінічних дослідженнях, забезпечуючи надійність отриманих даних та підтримуючи стандарти сучасної медичної діагностики.

Таким чином, інтеграція комплементу морської свинки до серологічних методик дозволяє підвищити точність і достовірність імунологічних аналізів, що є надзвичайно важливим аспектом для сучасної лабораторної практики і подальших досліджень у галузі імунології та біотехнологій.

Мета дослідження: Розробка та оптимізація біотехнологічної схеми одержання препарату «Комплемент морської свинки» з високою гемолітичною активністю та тривалим терміном зберігання.

Методика: Комплемент одержували з сироватки крові клінічно здорових морських свинок, яких утримували у стандартних умовах. Після забору крові проводили відділення сироватки центрифугуванням при +4 °С. Отриману сироватку зберігали у замороженому стані (-70 °С) для збереження активності. Гемолітичну активність визначали шляхом титрування за класичною методикою з використанням баранячих еритроцитів, сенсибілізованих антиеритроцитарною сироваткою.

Результати та їх інтерпретація: Отриманий препарат продемонстрував стабільну гемолітичну активність протягом 6 місяців зберігання при температурі -70 °С. Найвищу активність фіксовано у зразках, отриманих з ранкової сироватки. Встановлено, що

багаторазове розморожування значно знижує активність препарату, тому рекомендовано розлив по аліквотах.

Висновки: Розроблена біотехнологічна схема дозволяє ефективно одержувати комплемент морської свинки з високою стабільністю та активністю, що забезпечує його практичне використання в імунологічних дослідженнях та лабораторній діагностиці. Надалі планується стандартизація препарату для його застосування у ветеринарній практиці.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ**:**

1. . Yilmaz Y., Kanmaz Y., Baygeldi S., Güzel B., Karan M., Güzel F., Yılmaz S. // *Animal science journal = Nihon chikusan Gakkaiho*. 2023. 94 (1): e13848

2. . Powell D., Kozlowski C., Clark J., Seyfried A., Baskir E., Franklin A. // *Animals: an Open Access Journal from MDPI*. 2020. 10.

3. . Quesenberry K. // *The Veterinary clinics of North America. Small animal practice*. 2021. 24(1): 67-87

4. . Stasiłojć M., Stasiłojć G., Kuźniewska A., De Córdoba S., Okrój M. // *Kidney International Reports*. 2024. 9: 2260 - 2268.

5. . Ding X., Qamar A., Liu H. // *Clinica chimica acta; international journal of clinical chemistry*. 2023. 117238.

ІННОВАЦІЙНІ БІОТЕХНОЛОГІЇ У СЕЛЕКЦІЇ МАТОК УКРАЇНСЬКОЇ СТЕПОВОЇ БДЖОЛИ З ХАРАКТЕРИСТИКАМИ VSH

О.А.Стрельчук[1], В.М.Боровкова [2]

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна, с
[1]студент, olegstrelcuk9@gmail.com
[2]доцент vika_borovkova@ukr.net

Вступ: Упродовж останніх десятиліть інноваційні біотехнології стали невід’ємною складовою сучасних програм селекції у галузі тваринництва, включаючи бджільництво. Застосування молекулярно-генетичних методів, маркерної селекції, геномного аналізу та біоінформатики значно підвищує ефективність і точність відбору особин із цінними господарськими ознаками. Одним із ключових об’єктів таких досліджень є Apis mellifera L., зокрема українська степова порода бджіл, яка має адаптивні переваги до умов степової зони України, включаючи толерантність до кліматичних стресів, високу продуктивність і спокійну поведінку.

Одним із найактуальніших напрямів у селекції бджіл є підвищення резистентності до кліща *Varroa destructor*, який вважається однією з найнебезпечніших загроз для сучасного бджільництва. За даними досліджень, зараження вароатозом призводить до зниження імунітету бджолиних сімей, сприяє поширенню вірусних інфекцій (наприклад, DWV — Deformed Wing Virus) та значно зменшує зимостійкість бджіл (Rosenkranz et al., 2010). У зв’язку з цим перспективним біотехнологічним підходом є селекція бджіл за ознакою VSH (*Varroa Sensitive Hygiene*) — поведінковий механізм, при якому бджоли здатні виявляти й видаляти заражений кліщем розплід. Ця ознака має чітко визначену генетичну основу і може бути ефективно використана в селекційних програмах із застосуванням маркерно-асоційованої селекції (MAS).

Таким чином, інтеграція біотехнологічних інструментів у селекційний процес дає можливість створення генетично стійких популяцій української степової породи бджіл до вароатозу, що, своєю чергою, сприятиме підвищенню загальної біобезпеки та стабільності продуктивності у галузі бджільництва.

Мета дослідження: Метою дослідження є оцінка застосування інноваційних біотехнологій у селекції маток української степової бджоли за характеристиками VSH, що дозволить підвищити їхню стійкість до кліща варроа та забезпечити стабільність бджільництва в Україні.

Методика: Дослідження проводилося на базі бджолиних господарств у Харківській області. Для оцінки характеристик VSH використовувалася методика генетичної селекції, що базується на визначенні здатності бджолиних сімей до самоочищення від варроа. Визначення генетичних маркерів VSH проводилось за допомогою ПЛР (полімеразної ланцюгової реакції), що дозволило точно оцінити стійкість бджолиних сімей до кліща.

Результати та їх інтерпретація: Аналіз результатів показав, що українська степова бджола з характеристиками VSH демонструє вищу ефективність боротьби з варроа, порівняно з традиційними методами. Протягом одного сезону вдалося досягти зниження популяції варроа на 40%, що значно покращило здоров'я бджолиних сімей. Застосування біотехнологій дозволяє зберегти високу продуктивність бджільництва без застосування хімічних препаратів, що є важливим для екологічно чистого виробництва меду.

Висновки: Інноваційні біотехнології, зокрема генетична селекція за характеристиками VSH, мають значний потенціал для покращення стійкості української степової бджоли до кліща варроа. Це дозволяє знизити залежність від хімічних методів боротьби та сприяє сталому розвитку бджільництва в Україні.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ**:**

1. Петренко О. В. // Селекція медоносних бджіл на стійкість до варроатозу: монографія. 2018. 220 с.
2. Іванченко Л. М., Коваленко П. С. // Науковий вісник бджільництва. 2019. 2(1): 45–52.
3. Сидоренко Н. Г. // Біотехнологія. 2020. 12(3): 112–118.
4. Boecking O., Genersch E. // Journal of Invertebrate Pathology. 2008. 103: S96–S119.
5. Поліщук В. П. // Збереження генофонду української степової бджоли: монографія. 2005. 180 с.

АНТИБІОТИКОРЕЗИСТЕНТНІСТЬ. ПОТРЕБА У НОВІЙ ТЕРАПІЇ

В.А. Левченко[1] , В.М. Боровкова [2]

Державний біотехнологічний університет, Харків, Україна,
[1]студентка, lev4enkoveronika@gmail.com
[2]доцент, vika_borovkova@ukr.net

Однією з найбільших проблем сучасної медицини є антибіотикорезистентність (АБР) мікроорганізмів. За даними Всесвітньої організації охорони здоров’я (ВООЗ), АБР входить до переліку глобальних загроз для здоров’я людства. Антибіотики були відкриті майже 100 років тому як універсальний засіб проти більшості мікроорганізмів. Проте, ліки, які діяли ще декілька років тому, вже не ефективні. Ці препарати не працюють в більшості клінічних випадках, оскільки антибіотики можна легко придбати в аптеках, а також багато людей використовують їх без призначення лікаря.

Причиною поширення антибіотикорезистентності є нераціональне та надмірне використання антибіотиків у клінічній практиці, сільському господарстві, ветеринарії, а також їх потрапляння в навколишнє середовище призвело до стрімкого зростання стійкості патогенних і умовно-патогенних бактерій до антибактеріальних засобів. Це ускладнює

лікування інфекцій, подовжує терміни госпіталізації, підвищує витрати на лікування і рівень смертності.

Механізми виникнення АБР пов'язані зі змінами в генетичному матеріалі бактерій: мутаціями, змінами рівня експресії генів або набуттям нових генів через горизонтальний перенос (через плазміди, транспозони, трансдукцію та трансформацію). Основні механізми включають інактивацію антибіотика специфічними ферментами (наприклад, β-лактамазами), зміну мішені дії препарату, зменшення проникності клітинної стінки, активне виведення препарату з клітини (ефлюкс) та формування метаболічних шунтів.

Розрізняють природну та набуту резистентність. Природна пов'язана з відсутністю специфічної мішені дії препарату в мікроорганізмі, тоді як набута виникає внаслідок мутацій або передачі генів резистентності. Набута резистентність може проявлятись вже на ранніх етапах лікування або з часом, що особливо небезпечно при полірезистентності.

У клінічній практиці спостерігається зростання резистентності до основних груп антибіотиків. Для β-лактамів характерна ферментативна інактивація та зміни проникності клітинної стінки. Макроліди, лінкозаміди й кетоліди зазнають впливу мутацій у рибосомних генах і активного виведення з клітини. Резистентність до аміноглікозидів переважно пов'язана з ферментами-інактиваціями, а до фторхінолонів — із мутаціями в генах ДНК-гірази і топоізомерази IV.

Причинами зростання атибіотикорезестентності є також недотримання схем лікування, зловживання антибіотиками, повільне впровадження нових препаратів та неефективний контроль у медичних закладах. Значний рівень антибіотикорезистентності фіксується і серед умовно-патогенних мікроорганізмів, які можуть бути частиною нормофлори, але за певних умов набувають патогенних властивостей.

У відповідь на загрозу сростання антибіотикорезистентності в Україні у 2016 році було ухвалено Стратегічний план дій щодо профілактики інфекцій і боротьби з антибіотикорезистентністю. У документі передбачено впровадження епідеміологічного нагляду, мікробіологічного моніторингу, оптимізацію призначення антибіотиків та удосконалення профілактичних заходів у стаціонарах. Адже, якщо не контролювати вживання антибіотиків, то існують ризики повернення в епоху до винайдення пеніциліну, коли люди гинули від звичайної пневмонії чи ангіни, а також військові які втрачали кінцівки внаслідок некрозів.

Отже , для подолання проблеми антибіотикорезистентності необхідний комплексний підхід, що включає раціональне використання антибіотиків, інфекційний контроль, розвиток нових препаратів та міжнародну співпрацю.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1 Романюк Л.Б., Кравець Н.Я., Климнюк С.І., та ін. // Інфекційні хвороби. 2019: 63-71.

2 Molnar A. // Trends in Microbiology. 2018. 27: 1–3.

3 World Health Organization. Global Antimicrobial Resistance Surveillance System (GLASS): report. – Geneva: WHO, 2020. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.who.int/glass

4 Дем'янюк О. С., Симочко Л. Ю., Наумовська О. І. та ін. // Science Reports. 2023. С. 2–12.

5 University of Oxford. New resistance-busting antibiotic combination could extend the use of 'last-resort' antibiotics. – 2021. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.ox.ac.uk/news

6 Larsson D. G. J., Flach C. F. // Nature Reviews Microbiology. 2022. 20: 257–269.

РЕДАГУВАННЯ ГЕНОМУ ЗА ДОПОМОГОЮ CRISPR/Cas9: ПЕРСПЕКТИВИ ТЕРАПІЇ СПАДКОВИХ ЗАХВОРЮВАНЬ

Д.К. Рижкова[1], В.М. Боровкова [2]

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна,
[1]студентка, dariiaryz@gmail.com
[2]доцент, vika_borovkova@ukr.net

Спадкові захворювання є однією з причин дитячої смертності на сьогодні. Однак сучасні інновації генної інженерії відкривають нові методи їх лікування. Редагування геному та генна терапія за допомогою технології CRISPR – це один із найпотужніших інструментів сучасної молекулярної біотехнології, який дозволяють лікувати спадкові, ракові та інші невиліковні захворювання, вносячи зміни до геному організму.

Метою даних досліджень є оцінити переваги та обмеження використання цієї технології та дослідити приклади успішного редагування генів при спадкових хворобах, скласти перспективи використання генної терапії у майбутньому.

Технологія CRISPR/Cas9 заснована на механізмі захисту бактерій від вірусів. У природі CRISPR-система дозволяє бактеріям "запам'ятовувати" фрагменти ДНК вірусів і розпізнавати їх при повторному зараженні. Науковці адаптували цей механізм для розрізання ДНК у клітинах інших організмів, в тому числі людини. Технологія працює як молекулярні "ножиці", які можуть вирізати пошкоджені або небажані частини ДНК і замінювати їх на здорові варіанти.

Переваги та недоліки даного методу.

Переваги:

- широке коло застосування (медицина, біотехнологія);
- можливість лікування спадкових захворювпнь, які раніше вважались невиліковними;
- доступність (дешевше в порівняння з іншими методами).

Недоліки:

- можливі побічні мутації (іноді можливе розрізання ДНК у небажаному місці, що може спричинити мутації);
- імунна відповідь (організм людини може розпізнати білок Cas9 як чужорідний і активувати імунну систему);
- етичне питання (стосується редагування зародків або "дизайнерських дітей")

Головною сферою застосування CRISPR є лікування спадкових захворювань таких як: ерповидно-клітинна анемія, муковісцидоз та інші. Перші спроби використування технологій вже були успішно пророблені, а пацієнти відчувають значні покращення самопочуття.

Не залишаються осторонь і такі захворювання, як ВІЛ, СНІД та гепатит. CRISPR використовують для видалення вірусного матеріалу з клітин. Завдяки цьому можна досягти не лише тимчасове стримування симптомів, а й повне виліковування.

Перші випробування генної інженерії у світі проходили в Каліфорнії з використанням технології ZFNs. Ексклюзивну ліцензію на це рішення має каліфорнійська компанія Sangamo Biosciences.

За допомогою технології ZFNs з крові приблизно 80 пацієнтів з ВІЛ були вилучені імунні клітини. Учені видалили з цих клітин ген CCR5, який ВІЛ використовує для проникнення в клітини. Цей метод базується на рідкісній природній генній мутації, що забезпечує людям природний імунітет до інфекції. Одним із учасників дослідження був Метт Чаппелль, який більшу частину свого дорослого життя жив із вірусом. Після редагування генів його імунних клітин, Чаппелль протягом двох років не використовує антиретровірусні препарати.

Попри величезний потенціал, генна терапія та редагування геному мають і свої виклики. Деякі з впливових науковців у цій сфері занепокоєні потенційними зловживаннями цією технологією у царині генетики, щоб створити генетичну дискримінацію. Одне з найгостріших питань: чи можна змінювати ДНК ембріонів, що призведе до спадкових змін? Адже існує ризик створення так званих «дизайнерських дітей» — з бажаними фізичними чи інтелектуальними характеристиками. Сьогодні більшість країн строго регулюють використання CRISPR/Cas9 з метою регулювання ембріонів. Якщо за допомогою CRISPR змінювати геном ще ненароджених людей, це може порушити їх право на незмінність біологічної ідентичності.

Майбутні перспективи використання технології дуже обширні. Від удосконалення вже існуючих версій до розробки стійких до захворювань організмів. Нова глобальна розробка науковців – контроль над переносниками хвороб. Прикладом є генно-модифіковані комарі, які замість перенесення захворювання з нею борються.

Отже, технологія CRISPR/Cas9 відкриває великі можливості людству, але її використання потребує не аби-якої обережності, підтримки та розуміння ризиків, адже це робота не просто з технологією, а це зміна життя.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1 БДПУ // Збірник тез наукових доповідей здобувачів вищої освіти Бердянського державного педагогічного університету на Днях науки (14 травня 2024 р.). 2024. Т.3: Природничі науки. 122 с.

2 L. M. Vaschetto // CRISPR-/Cas9 Based Genome Editing for Treating Genetic Disorders and Diseases. 2022. 262 p.

3 Д. Дудна, С. Стернберг // Зламати ДНК. Редагування генома та контроль над еволюцією. 2019. 296 с.

4 Огірко М. І. // Біоетична оцінка crispr-cas9 як одного з методів реалізації наукового стремління щодо модифікації людського геному: Магістерська робота: (041 «Богослов'я») УКУ, 2023. 82 с.

ІМУНОБІОЛОГІЧНІ ЗАСОБИ У ВЕТЕРИНАРІЇ: СУЧАСНИЙ СТАН І ВИКЛИКИ

О.В. Романюк[1], О.В. Щербак[2]

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна
[1]аспірант кафедри біотехнології, молекулярної біології та водних біоресурсів,
[2]к/сг наук, професор кафедри біотехнології, молекулярної біології та водних біоресурсів,
elenasherbak@ukr.net

Ветеринарні вакцини класифікуються за типом антигену, що лежить в основі вакцини, та за валентністю. Основні типи включають живі атенуйовані, інактивовані, субодиничні, токсоїдні та генетичні вакцини (ДНК- та РНК-вакцини). За валентністю вакцини поділяються на моновалентні, що містять антиген одного збудника, та поліваленті, які забезпечують захист від кількох збудників одночасно [1].

Живі атенуйовані вакцини містять ослаблені мікроорганізми, здатні до обмеженої реплікації без викликання захворювання. Вони імітують природну інфекцію, стимулюючи потужну та тривалу імунну відповідь, що включає як клітинний, так і гуморальний імунітет. Переваги включають можливість одноразового введення та різні шляхи застосування. Недоліки – ризик реверсії до вірулентного стану та необхідність дотримання холодового ланцюга.

Інактивовані вакцини містять повністю інактивовані патогени, які не здатні до реплікації, але зберігають антигенні властивості. Вони безпечні для імунокомпрометованих тварин та вагітних самок, мають стабільність при зберіганні. Однак викликають слабшу імунну відповідь, що потребує ревакцинації [2].

Субодиничні вакцини використовують специфічні антигенні компоненти патогена, отримані за допомогою рекомбінантної ДНК-технології. Вони мають високий профіль безпеки, але можуть викликати слабшу імунну відповідь, потребують ад'ювантів та багаторазового введення.

Токсоїдні вакцини спрямовані на нейтралізацію токсинів, вироблених бактеріями. Містять інактивовані токсини (токсоїди), що стимулюють вироблення антитіл. Безпечні, але не захищають від самої бактеріальної інфекції, потребують бустерних доз [3].

Генетичні вакцини (ДНК- та РНК-вакцини) вводять у клітини господаря генетичний матеріал, який кодує антигени патогена. Клітини синтезують антигени, що стимулює імунну відповідь. Переваги — швидкість розробки, безпека, здатність стимулювати гуморальну та клітинну імунну відповідь. Недоліки — нижча ефективність у великих тварин, труднощі з доставкою, вимоги до зберігання [4].

Вибір оптимального типу вакцини залежить від багатьох факторів: виду тварини, типу збудника, епізоотичної ситуації, умов утримання та потенційних ризиків. Ефективність вакцинації значною мірою залежить від правильності застосування препарату, дотримання умов зберігання та своєчасності проведення щеплень.

Новітні біотехнології у створенні ветеринарних вакцин. Сучасна біотехнологія відкрила нові горизонти для розробки ветеринарних імунобіологічних засобів. Одним із ключових досягнень є векторні вакцини, що використовують генетично модифіковані віруси або бактерії як переносники генів антигенів. Такі вакцини є безпечними, здатні викликати сильну імунну відповідь і використовуються, зокрема, проти хвороби Ньюкасла у птахів та африканської чуми свиней [5]. Іншою перспективною технологією є CRISPR/Cas-системи, які дозволяють точково модифікувати геном збудників, створюючи живі, але ослаблені мікроорганізми з бажаними імуностимулювальними властивостями. Ця технологія також використовується для побудови діагностичних платформ і терапевтичних агентів [6]. Нанотехнології забезпечують інноваційні підходи до доставки антигенів. Використання наночастинок як носіїв вакцинних компонентів підвищує їхню біодоступність, забезпечує контрольоване вивільнення та мінімізує побічні реакції. Ветеринарні вакцини на основі ліпосом, полімерних нанокапсул і вірусоподібних частинок перебувають на етапі активних досліджень і впровадження. РНК-вакцини, які засвідчили свою ефективність у боротьбі з пандемією COVID-19, викликають зацікавлення і у ветеринарній сфері. Вони мають потенціал застосування проти складних вірусних інфекцій свиней і птиці, зокрема респіраторного та репродуктивного синдромів.

Глобальний досвід масової вакцинації тварин. Практика масової вакцинації є важливим інструментом у запобіганні епізоотіям, охороні громадського здоров’я та забезпеченні економічної стабільності аграрного сектору. У країнах Європейського Союзу реалізуються численні програми з контролю та ліквідації інфекційних хвороб тварин. Зокрема, вакцинація проти сказу диких м’ясоїдних тварин (насамперед лисиць) здійснюється шляхом розповсюдження оральних вакцин у природному середовищі. Також проводиться широка імунізація проти ящуру та BVD (вірусної діареї великої рогатої худоби), що координується Європейською комісією в межах єдиної ветеринарної політики.

У США федеральні програми USDA включають обов’язкову вакцинацію сільськогосподарських тварин проти сказу, лептоспірозу, туберкульозу, бруцельозу, а також низку профілактичних заходів для домашніх улюбленців. Масова вакцинація супроводжується суворим моніторингом ефективності та побічних реакцій, що забезпечує високу довіру до вакцин серед фермерів і власників тварин [7].

Таким чином, імунобіологічні засоби залишаються критично важливими для профілактики, контролю та ерадикації інфекційних хвороб тварин. А застосування новітніх

вакцих (ДНК- та РНК-вакцин, наночастинок тощо) в практику ветеринарної медицини та тваринництва, значно розширює можливості промислового утримання та розведення сільськогосподарських тварин.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. https://www.hhs.gov/immunization/basics/types/index.html
2 https://www.pfizer.com/news/articles/understanding_six_types_of_vaccine_technologies
3. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0966842X2500037X
4. Pfizer:
https://www.pfizer.com/news/articles/understanding_six_types_of_vaccine_technologies
5.NIAID / DVM360: https://www.niaid.nih.gov/research/vaccine-types
6. https://animaldiseases.biomedcentral.com/articles/10.1186/s44149-024-00119-w
7. https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10508510/?utm_source=chatgpt.com

МОДЕЛЮВАННЯ ВИДАЛЕННЯ ПРОНИКНОГО КРІОПРОТЕКТОРА 1,2-ПРОПАНДІОЛ З ЕРИТРОЦИТІВ СОБАКИ

О.Є. Ніпот[1], Н.А. Єршова[2], С.С. Єршов[3], С. М. Федосова[4], О.О. Чабаненко[5], Н.М. Шпакова[6]

Інститут проблем кріобіології і кріомедицини НАН України, м. Харків, Україна,
[1]с.н.с., nipotel71@gmail.com
[2]с.н.с., ershbas@gmail.com
с.н.с., [3]erisovsupei@gmail.com
Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна, м. Харків, Україна,
[4]доцент, fedosova@gmail.com
Інститут проблем кріобіології і кріомедицини НАН України, м. Харків, Україна,
[5]н.с., chabanenkoolena@gmail.com
[6]зав.відділу, starling.nataly@gmail.com

Низькотемпературне збереження еритроцитів є ефективним методом, що дозволяє отримати життєздатні клітини у будь-який час. Але охолодження зазвичай супроводжується процесом кристалізації льоду. Щоб запобігти цьому використовують кріопротектори, які частково або повністю запобігають кристалізації. Додавання проникного кріопротектора дозволяє запобігти механічному руйнуванню клітин кристалами льоду, однак потребує спеціальних процедур для його видалення внаслідок накопичення у клітині. При нагріванні біологічного матеріалу до фізіологічної температури під час процесу розморожування відбувається приплив води через клітинну мембрану, що може призвести до набрякання і лізису клітин [1].

Кріоконсервування еритроцитів тварин є важливим напрямком досліджень, що дозволить тривалий час зберігати життєздатний біологічний матеріал і використовувати його у ветеринарний практиці [2]. Дослідження, які наразі проводяться демонструють неможливість створення протоколів консервування еритроцитів тварин на базі рекомендацій для клітин людини, а виявляють необхідність створення окремих протоколів [3].

Метою роботи було вивчити вплив часу та температури інкубації з кріопротектором на збереженість еритроцитів собаки при їх переміщенні у фізіологічний розчин.

У роботі використовували еритроцити собаки. Заготівлю крові і всі маніпуляції проводили згідно з вітчизняними та міжнародними біоетичними нормами щодо проведення експериментів на тваринах відповідно до «Загальних принципів експериментів на тваринах» (V Національний конгрес з біоетики, Київ, 2013). Еритроцити відмивали у фізіологічному розчині (NaCl 0,15 моль/л; Na-фосфатний буфер 0,01 моль/л, pH 7,4). До суспензії додавали

кріопротектор 1,2-пропандіол у співвідношенні 1:1 і інкубували протягом 5 чи 60 хв за температури 22 чи 0°С. Кінцева концентрація кріопротектора складала 2,0; 5,0; 7,5; 10 %. Після інкубації зразки переносили у фізіологічний розчин. Вміст гемоглобіну, що вийшов у супернатант, визначали спектрофотометрично. Статистичну обробку отриманих числових даних проводили за допомогою програми "Statistica" (версія 6.0).

Дані показали, що за обох температур інкубації найбільш значущий ріст пошкодження еритроцитів при переносі їх у фізіологічний розчин спостерігається у діапазоні від 2 до 5 % 1,2-пропандіола. Так, за температури 22°С при концентраціях кріопротектора 2,0; 5,0; 7,5; 10 % були отримані наступні рівні гемолізу еритроцитів: 2 ± 2; 2 ± 1; 93 ± 3; 97 ± 3; 98 ± 2 % відповідно (час інкубації з кріопротектором 5 хв); 2±1; 2±2; 95 ± 4; 98 ± 2; 98 ± 2 % відповідно (час інкубації з кріопротектором 60 хв). За температури 0°С при концентраціях кріопротектора 2,0; 5,0; 7,5; 10 % були отримані наступні рівні гемолізу еритроцитів: 2±1; 7±3; 97±3; 98±2; 98 ± 2 % відповідно (час інкубації з кріопротектором 5 хв); 2 ± 1; 6 ± 2; 96 ± 4; 98 ± 2; 98 ± 2 % відповідно (час інкубації з кріопротектором 60 хв). Аналізуючи приведені дані можна відмітити наступні особливості. При концентрації 1,2 - пропандіолу 2 % пошкодження еритроцитів не спостерігається (22°С) чи має незначний рівень порядку 6-7 % (0°С). При концентраціях 5; 7,5; 10 % майже усі еритроцити лізують. Час інкубації з кріопротектором не впливає на рівень пошкодження еритроцитів.

Таким чином, можна зробити висновок, що розподілення кріопротектора між клітиною та позаклітинним середовищем врівноважується у межах 5 хвилин незалежно від температурних умов інкубації. При застосуванні концентрацій кріопротектора вище за 2 % необхідно використовувати проміжні гіпертонічні розчини для пом'якшення осмотичного стресу при перенесенні клітини з розчину кріопротектора у фізіологічний розчин.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1 Murray K.A. at al // Nat Rev Chem. 2022. 6 (8): 579-593.

2 Bujok J at al // BMC Vet Res. 2022. 18: 255.

3 Денисова О.М. та ін. // Ветеринарія, технології тваринництва та природокористування. 2018. 2: 65-69.

THE CONTENT OF PHENOLIC COMPOUNDS IN PETROSEDUM RUPESTRE (L.) P.V. HEATH

N. Vorobets[1], H. Yavorska[2], O. Zheleznyak[3]

[1] Danylo Halytskyi Lviv National Medical University, Lviv, Ukraine,
professor, vorobets_natalia@meduniv.lviv.ua
[2]Ivan Franko National University in Lviv, Lviv 76005 Ukraine;
halyna.yavorska@lnu.edu.ua
[3]Danylo Halytskyi Lviv National Medical University, Lviv, Ukraine,
master's student, zheleznyak.sasha35719@gmail.com

Background: *Petrosedum rupestre* (L.) P.V. Heath (Crassulaceae) – is a winter-green perennial herbaceous plant, a succulent, which is common in Europe, North America, is found in some localities of South America, Australia, New Zealand, the northwestern coast of Africa [2]. *P. rupestre* growing to 0.1 m by 0.3 m, blooms from May to the end of July, it is a good honey plant. This species reproduces by seed and vegetatively, but is not a weed in agricultural crops, gardens, lawns, nurseries, etc. in other parts of the world [1, 3]. In the wild, the species has been known since 1597, and it was cultivated since the 16th century for the leaves, which were eaten as a spring salad. Since then, the leaves of *P. rupestre* have been used in salads, and as vegetable, and have a wonderful

taste [3]. Nowadays the species is used as an ornamental and for landscape purposes, as it reduces the likelihood of soil erosion, can grow on acidic, neutral, and alkaline well-drained soils, is highly resistant to drought and frost, and is included in the list of fire-resistant ground cover plants [4]. Regarding the chemical composition and use in medicine and pharmacy of *P. rupestre*, information in available information sources is limited. A preliminary study *P. rupestre*, showed that the wound healing capacity was significant for it [5].

Objectives: The present work aims to deepen our knowledge of the regarding the content of phenolic compounds in upground part of *P. rupestre*.

Methods: To carry out this research, *Petrosedum rupestre* (L.) P.V. Heath plants were collected in the vicinity of Lviv during flowering in 2024. To determine the content of phenolic compounds, an aqueous extract and extracts in 20 %, 50 %, 60 % and 96 % aqueous ethanol (AE) were prepared in a water bath for 30 minutes under reflux (1:10/m:V/g:ml), cooled and used to determine the presence (by qualitative reactions with iron (II) sulfate and with ammonia solution and sodium phosphomolybdate solution in hydrochloric acid) and the content of phenolic compounds spectrophotometrically [6].

Results: Qualitative reactions confirmed the presence of phenolic compounds in all prepared extracts. The content of polyphenolic compounds in the prepared extracts: aqueous, with 20 %, 50 %, 60 %, and 96 % VE was 1208.03 ± 88.49, 1003.30 ± 1.01, 1144.37 ± 57.38, 994.33 ± 40.75 and 1277.70 ± 12.51 μg·g-1 dry weight of raw material, respectively. Phenolic compounds, in particular in the composition of edible plants, belong to biologically active compounds with a wide spectrum of biological activity. Traditional medicine in different countries uses various of the genus *Sedum spp*. for coughs, high blood pressure, wound healing and many other purposes, but there is no strong scientific evidence to support the effectiveness of this use. Given that the content of phenolic compounds in the aboveground part of *P. rupestre* is quite high, and the plant is edible, one can expect its medicinal properties, in particular antibacterial and antifungal.

Conclusions. The preliminary results obtained in this work support the ethnopharmacological use of *P. rupestre* as a medicinal agent, and further investigation of the species regarding chemical composition and biochemical and pharmacological properties is needed.

REFERENCES

1. Biochange (2008) *Sedum rupestre* L. Available at: http://www.biochange.ie/alienplants/result_options.php?species=323&families=Crassulaceae&blz=1&p=i

2. Global Biodiversity Information Facility (GBIF). 2008. Available at http://www.gbif.org/

3. Jacke D., Toensmeier E. // *Edible Forest Gardens.* 2015. ISBN: 9781890132606

3. Everett J., Norris E.H. // *Sedum rupestre*. L. 1999. Available at: http://plantnet.rbgsyd.nsw.gov.au/cgibin/NSWfl.pl?page=nswfl&lvl=sp&name=Sedum~rupestre

4. MacKenzie D.S. // Timber Press Pocket Guide to Ground Covers. 2006. Portland, Oregon.

5. Truzzi F. et al. // Life. 2024. 14: 958. https://doi.org/10.3390/life14080958

6. Yavorska H.V. et al. // Studia Biologica. 2023. 17(1): 3–18. http://dx.doi.org/10.30970/sbi.1701.699.).

ВМІСТ ОРГАНІЧНИХ КИСЛОТ У ТРАВІ *SOLIDAGO CANADENSIS* L. ТА *GALINSOGA PARVIFLORA* CAV.

Н.М. Воробець[1], Х.О. Шешурак[2], А.П Крижановська[3]

Львівський національний медичний університет імені Данила Галицького,
м. Львів, Україна,
[1]професор, vorobets_natalia@meduniv.lviv.ua
[2]студентка, sheshyrakkhristina@gmail.com
[3]студентка, krizhanovska_nastj@ukr.net

Вступ. *Solidago canadensis* L. (Золотарник канадський) – трав'яниста багаторічна рослина родини Asteraceae, що походить з Північної Америки і в даний час широко поширена в Азії, Європі, Австралії або Новій Зеландії, де розглядається як інвазивний бур'ян [1]. Вид є дуже мінливим, його таксономічний статус не є чітким, а відтак вміст певних груп біологічно активних речовин може бути різним у сировині, зібраній в різних локалітетах. До складу золотарника канадського входять органічні кислоти, терпеноїди, флавоноїди, фенольні сполуки, алкалоїди, які мають потенційну користь для здоров'я [2, 3]. *Ці сполуки впливають на кислотно-основний баланс, а також проявляють антиоксидантні, протизапальні, сечогінні, жовчогінні та антисептичні ефекти* [4]. Фітотерапевтичне застосування *S. canadensis* включає лікування хронічного нефриту, циститу, сечокам'яної хвороби та ревматизму. Крім того, він використовується для полоскання рота при запаленнях ротової порожнини та горла.

Galinsoga parviflora – однорічна трав'яниста рослина з родини Asteraceae, поширена як бур'ян, але відома своїми лікувальними властивостями - антибактеріальними, протигрибковими, антиоксидантними та протидіабетичними. У народній медицині *G. parviflora* використовують при запальних процесах, порушеннях травлення, шкірних захворюваннях [5].

Метою дослідження було зібрати надземну частину *S. canadensis* та *G. parviflora,* приготувати витяги і дослідити у них кількісний вміст органічних кислот.

Матеріали і методи. Квітучі пагони *S. canadensis* та *G. parviflora* збирали під час цвітіння в околицях Львова, висушували і використовували для приготування водного екстракту на водяній лазні зі зворотним холодильником протягом 30 хв при температурі 70-80°С. Співвідношення маса сировини: екстрагента становила 1:100. Одержаний витяг відфільтровували і в екстракті визначали сумарний вміст органічних кислот методом прямого титрування NaOH за ДФУ, 2015. До 10 мл витягу у колбу місткістю 250 мл додавали 100 мл свіжокип'яченої дистильованої води, 6 крапель 1 % спиртового розчину фенолфталеїну, 12 крапель 0,1% спиртового розчину метиленового синього і титрували 0,01 М NaOH до переходу забарвлення екстракту з листків від зелено-голубого до бірюзового відтінку, із суцвіть - від зеленого до темно-зеленого.

Результати. Методом прямого кислотно-основного титрування, виявили, що вміст органічних кислот в екстракті листків *S. canadensis* становив 3,3 ± 0,1 мг $\cdot г^{-1}$ сухої маси сировини в перерахунку на яблучну кислоту, суцвіть 4,5 ± 0,1мг $\cdot г^{-1}$ сухої маси сировини в перерахунку на яблучну кислоту. Вміст вільних органічних кислот у траві *Galinsoga parviflora* становив 3,83±0,54 мг$\cdot г^{-1}$ маси сухої речовини у перерахунку на яблучну кислоту.

Отримані результати підтверджують цінність подальшого дослідження трави *Galinsoga parviflora,* суцвіть та листків *S. canadensis,* як вировини з потенційними протизапальними та сечогінними властивостями.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Šutovská M. // International Journal of Biological Macromolecules. 2013. 52: 192-197.

2. Elshafie, H.S. // Molecules 2019. 24: 1206.
3. Shelepova O. // Slovak J. Food Sci. 2020. 14: 587–594.
4. Koshovyi O.// *Pharmaceutics* 2025. 17(4): 407.
5. Ripanda A.// Heliyon. 2023. 9.

ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДУ ПОВЕРХНЕВОГО ПЛАЗМОННОГО РЕЗОНАНСУ У БІОТЕХНОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕННЯХ

Є.С. Горяйнова [1], О.В. Щербак [2]

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна
[1]студентка спеціальність 162 «Біотехнології та біоінженерія», horiainova2007@gmail.com
[2]професор кафедри біотехнології молекулярної біології та водних біоресурсів, elenasherbak@ukr.net

У сучасних біотехнологічних дослідженнях постає потреба у високоточних методах, здатних забезпечити аналіз міжмолекулярних взаємодій у реальному часі. Одним із таких інноваційних підходів є метод поверхневого плазмонного резонансу (ППР), який відкриває широкі можливості для вивчення біологічних процесів у реальному часі без необхідності мічення компонентів. ППР базується на явищі колективних коливань електронів на межі розділу метал-діелектрик, що надзвичайно чутливе до змін показника заломлення поблизу поверхні. Ця чутливість дозволяє фіксувати навіть незначні зміни у складі зразка, зокрема при взаємодії білків, нуклеїнових кислот, полісахаридів та інших біомолекул. У контексті розвитку діагностичних платформ, контролю якості біопрепаратів, скринінгу лікарських засобів та створення нових біосенсорів, метод ППР демонструє високу ефективність, що обумовлює його виняткову актуальність для фундаментальних і прикладних біотехнологічних досліджень.

Метод ППР забезпечує виняткову чутливість до змін маси на поверхні сенсора, дозволяючи проводити детальний аналіз білкових, нуклеїнових та клітинних взаємодій без необхідності мічення [1, 2, 3]. Це забезпечує значне скорочення часу та спрощення процедур при розробці біосенсорів. Особливо перспективним є поєднання ППР з аптамерними платформами, які посилюють селективність та адаптованість сенсорів до різноманітних цілей [4]. Наприклад, застосування аптамерів дозволяє детектувати мікотоксини, вірусні антигени та інші біомаркери на надзвичайно низьких рівнях концентрації.

Крім того, важливим напрямом є застосування ППР у дослідженнях взаємодій між клітинами й поверхнями біоматеріалів, що відкриває перспективи у тканинній інженерії та створенні імплантатів. Метод дозволяє вивчати адгезію клітин, формування біоплівок, а також взаємодію з наноструктурованими поверхнями, що має значення при розробці біосумісних матеріалів. Також доведено ефективність ППР у дослідженні взаємодії вірусів з клітинними рецепторами, що має надзвичайне значення для розробки антивірусних препаратів і вакцин [5, 7].

Ще одним важливим напрямом є контроль якості біофармацевтичних препаратів, де ППР дозволяє моніторити стабільність, чистоту та функціональність білкових молекул, визначаючи як кінетику взаємодії, так і потенційні небажані конформаційні зміни. Це особливо актуально в умовах розробки біоаналогів і генериків, де необхідна точна відповідність між еталонним препаратом і його аналогом.

Метод ППР також активно використовується в мікрофлюїдних платформах для створення портативних сенсорів, які здатні проводити аналіз безпосередньо в точках забору зразків [6]. Це відкриває нові перспективи для використання ППР у польових умовах, зокрема у ветеринарії, харчовій промисловості та екологічному моніторингу. Комбінація з нанотехнологіями сприяє створенню мультисенсорних систем, здатних до мультиплексного аналізу в одному зразку.

Таким чином, метод поверхневого плазмонного резонансу є одним із найефективніших інструментів сучасної біоаналітики. Його безмітковий характер, висока чутливість, можливість роботи в реальному часі та сумісність з іншими мікроаналітичними технологіями перетворюють ППР на універсальний інструмент для вирішення широкого спектра завдань у біотехнології, діагностиці, фармації, агро- та харчовій промисловості. Подальші дослідження мають бути спрямовані на удосконалення чутливості сенсорів, розширення спектра аналізованих мішеней, інтеграцію з іншими мікроаналітичними платформами та стандартизацію методик для широкого впровадження у практику.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Homola J. // *Analytica Chimica Acta*. 2012. 773: 3–15.
2. Šípová H., Homola J. // Analytica Chimica Acta V. 2013. 773 (22): 9-23
3. Dudak F.C., Boyaci I.H. // Biotechnol J. 2009. 4(7): 1003-11. doi: 10.1002/biot.200800316.
4. Cai S., Yan J., Xiong H., Liu Y., Peng D., Liu Z. // *Analyst*. 2018. 143: 5317–5338.
5. Гудзь С.П. та ін. // *Мікробіол. журнал*. 2018. 80(2): 11–19.
6. Scarano S., Mascini M., Turner A., Minnuni M. // Biosens Bioelectron. 2010. 25: 957-66.
7. Rajeev K., Lokendra S., S. Malathi // IEEE Sensors Journal. 2025. PP(99):1-1 DOI:10.1109/JSEN.2025.3539783

ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ МОЛЕКУЛЯРНОЇ БІОТЕХНОЛОГІЇ

Я.Л. Красножон [1], О.В. Щербак [2]

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна
[1]студентка спеціальності 162 "Біотехнології та біоінженерія", krasnozhon.yana.15@gmail.com
[2]професор кафедри біотехнології молекулярної біології та водних біоресурсів, elenasherbak@ukr.net

Молекулярна біотехнологія — це галузь науки, яка об’єднує високоточні методи молекулярної біології з інженерними технологіями та комп’ютерним аналізом для дослідження, модифікації та використання живих організмів та їх компонентів. Вона відіграє ключову роль у розв’язанні важливих проблем сучасності, зокрема у медицині, сільському господарстві та охороні навколишнього середовища, сприяючи створенню нових лікарських засобів, покращенню продуктивності сільськогосподарських культур і збереженню біорізноманіття.

Методи молекулярної біотехнології були застосовані в оцінці генетичного різноманіття українських представників роду *Heracleum* [1]. Особливістю представників цих видів є те, що вони демонструють подібність як на морфо-анатомічному, так і на молекулярно-генетичному рівнях. Ці таксономічні проблеми можуть бути успішно вирішені із застосовуванням молекулярних маркерів. ISSR-аналіз українських зразків роду *Heracleum* [1] показав існування чотирьох генетичних кластерів, двох для інвазійних гігантських борщівників та двох для аборигенних європейських видів. Генетична конституція досліджених зразків часто не співпадає із морфологічною видовою ідентифікацією, що свідчить про недостатність морфологічних критеріїв для достовірного визначення видової приналежності. Отримані авторами результати підтверджують важливість використання молекулярних маркерів для визначення генетичної структури, оцінки видового статусу та дослідження гібридизації у складних таксономічних групах.

За допомогою методів молекулярної біотехнології досліджували молекулярну організацію та еволюційну різноманітність міжгенного спейсерного регіону (IGS) 5S рДНК у представників роду Solanum [2]. У ході роботи було здійснено клонування та секвенування

фрагментів ДНК, а також біоінформатичний аналіз даних із бази SRA, що дало змогу оцінити структуру IGS, виявити типи мутацій та реконструювати філогенетичні зв'язки між видами. Це дослідження дозволило виявити основні механізми молекулярної еволюції IGS, зокрема накопичення одноразових замін та коротких інделів, а також показати, що 5S IGS є ефективним маркером для філогенетичних досліджень та селекційних програм роду Solanum.

Наразі в молекулярній біотехнологіїї широко використовується філогенетичний аналіз, зокрема на на основі послідовностей гена 16S рРНК. Метод полягає у виділенні та секвенуванні ділянки 16S рРНК, яка є консервативною та широко використовується для таксономічної ідентифікації бактерій. Отримані послідовності порівнюють між собою, а потім за допомогою спеціальних алгоритмів будують філогенетичні дерева, що ілюструють ступінь спорідненості та походження різних мікроорганізмів. Цей метод було застосовано для вивчення еволюційних взаємовідносин між бактеріальними видами екстремальних екосистем (Мертвого моря та Західної Антарктиди) [3]. Цей підхід дозволиввиявити нові види, дослідити біорізноманіття та адаптаційні механізми бактерій у різних екстремальних середовищах.

Таким чином, впровадження методів молекулярної біотехнології в практичні дослідження дозволяє отримати високоточні результати щодо структурно-функціональної організації біосистем, а також сприяє розвитку інноваційних технологій у мікробіології, фармації та біомедичній інженерії. Завдяки цьому відкриваються нові перспективи для створення ефективних біопрепаратів, поліпшення селекції рослин і розробки методів боротьби з інфекційними захворюваннями, що є важливим внеском у покращення здоров'я людини та збереження біорізноманіття.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Рошка Н.М., Тинкевич Ю.О., Волков Р.А. // Biological systems. 2024. 16(3). https://doi.org/10.31861/biosystems2024.03.266

2. Tynkevich Y.O., Shelyfist A.Y., Kozub L.V., Hemleben V., Panchuk I.I., Volkov R.A. // Front. Plant Sci. 2022. 13: 852406. doi: 10.3389/fpls.2022.852406

3. Романовська В.О., Парфенова В.В., Белькова Н.Л., Суханова Е.В., Гладка Г.В., Таширева Г.О. // Мікробіологічний журнал. 2014. 76(3): 2-10.

ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМ ОЧИЩЕННЯ ПРОМИСЛОВИХ СТІЧНИХ ВОД З ВИКОРИСТАННЯМ ФЕРМЕНТНИХ КОМПЛЕКСІВ

О.Р. Строганова[1], А.П. Бєлінська[2]

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків, Україна
[1]здобувач вищої освіти, Oleksandra.Strohanova@mit.khpi.edu.ua
[2]доцентка кафедри біотехнології, біофізики та аналітичної хімії, Anna.Bielinska@khpi.edu.ua

У сучасних екологічних біотехнологіях важливу роль відіграють ферментативні технології, які дозволяють ефективно вирішувати проблеми очищення промислових стічних вод від органічних і неорганічних забруднювачів. Ряд ферментів, зокрема ліпази, пероксидази, оксидази та фосфатази, демонструють високу ефективність у розщепленні органічних забруднювачів, що потрапляють у стічні води від різних виробництв. Оксидоредуктази, є незамінними для процесів біоремедіації, адже їх здатність до специфічного каталізу дозволяє здійснювати розкладання токсичних речовин у менш шкідливі форми. Ферментні препарати активно беруть участь у біодеградації токсичних сполук в стічних водах, зокрема пестицидів, нафтопродуктів і фармацевтичних відходів. Важливою перевагою ферментативних методів

очищення є їх висока специфічність і здатність до розщеплення речовин, що мають складну молекулярну структуру, з мінімальним утворенням побічних продуктів.

Проектування систем очищення стічних вод на основі ферментних комплексів передбачає інтеграцію різних класів ферментів в екологічний процес. Застосування таких комплексів дозволяє створювати багатофункціональні системи, здатні очищати води від різноманітних забруднювачів одночасно. Наприклад, ферменти, що розщеплюють органічні сполуки (ліпази, сульфатредуктази, бензоатдегідрогенази фенолоксидази, аміноацидні оксидази, гідролази тощо), можуть поєднуватися з ферментами, що відновлюють і нейтралізують важкі метали (супероксиддисмутаза, глутатіон-*S*-трансфераза, нітратредуктаза, металлоредуктаз а тощо), створюючи ефективні багатофункціональні очищувальні комплекси [1].

Однією з ключових проблем описаних ферментних екобіотехнологій є оптимізація умов для роботи ферментних комплексів, оскільки багато ферментів втрачають свою активність у змінних умовах середовища, таких як температура, pH та концентрація забруднювачів. Тому проектування систем очищення стічних вод потребує інтеграції процесів моніторингу і контролю параметрів середовища, що дозволяють забезпечити стабільність роботи ферментних комплексів.

Останні дослідження вказують на потенціал використання генно-модифікованих мікроорганізмів, що продукують специфічні ферменти, здатні розщеплювати токсичні речовини, як одного з перспективних напрямків. Створення таких систем відкриває нові можливості для більш ефективного очищення промислових стічних вод з мінімальними затратами енергії і ресурсів. Прикладом таких розробок є біотехнологія очищення стічних вод лакофарбового виробництва, яка передбачає використання спеціально створених мікроорганізмів для видалення органічних розчинників та іонів металів з водних відходів . Іншим прикладом є застосування генно-модифікованих бактерій для розщеплення хітину, що міститься в панцирах комах. Ці бактерії продукують ферменти, які ефективно розкладають хітин, що відкриває можливості для переробки біомаси та очищення середовища від цього складного полісахариду. Також варто відзначити використання біотехнології для очищення стічних вод від хімічних забруднень. Завдяки застосуванню мікроорганізмів, які здатні розщеплювати токсичні сполуки, вдалося значно знизити рівень забруднення водних ресурсів, що позитивно позначається на екологічній ситуації [2]. Ці приклади екобіотехнологій демонструють потенціал генно-модифікованих мікроорганізмів у біоремедіації та очищенні промислових стічних вод, відкриваючи нові можливості для екологічно чистих технологій у промисловості.

Додатково можна застосовувати інтелектуальні системи моніторингу, які автоматично коригують умови середовища (температуру, кислотність, концентрацію ферментів) для забезпечення оптимальної активності ферментних комплексів. Впровадження таких технологій дозволить значно підвищити ефективність біоремедіаційних процесів і стабільність роботи очищення стічних вод. Один із прикладів таких систем описано в дослідженні, яке аналізує методи очищення стічних вод від іонів важких металів. У цій роботі розглядаються різні методи, включаючи біологічні, такі як використання іммобілізованих мікроорганізмів, які можуть ефективно видаляти важкі метали з води. Хоча дослідження не описує конкретну інтелектуальну систему моніторингу, воно підкреслює важливість контролю параметрів середовища для забезпечення ефективності біологічного очищення. Такої обговорюються параметри носія та умови іммобілізації, які впливають на ефективність ферментативних процесів очищення промислових стічних вод. Знову ж таки, хоча конкретна інтелектуальна система моніторингу не описана, дослідження підкреслює важливість контролю параметрів середовища для оптимізації роботи ферментних комплексів [3]. В роботі, присвяченій аналізу методів очищення стічних вод від іонів важких металів, обговорюються фізико-хімічні та біологічні методи, включаючи використання сорбентів та іммобілізованих мікроорганізмів. Дослідження підкреслює необхідність контролю параметрів середовища для забезпечення ефективності процесу очищення [4]. Вищезгадані дослідження

демонструють важливість інтеграції систем моніторингу та контролю умов середовища для оптимізації роботи ферментних комплексів у процесах очищення стічних вод. Впровадження таких технологій здатне значно підвищити ефективність біоремедіаційних процесів та стабільність роботи систем очищення.

Розробка та впровадження біотехнологічних систем очищення промислових стічних вод на основі ферментних комплексів є важливим кроком у розвитку сталих технологій, які дозволяють не тільки очистити води, а й зменшити навантаження на навколишнє середовище. Створення таких систем вимагає інтеграції біотехнологічних і інженерних рішень, а також розробки нових методів для оптимізації ферментативних процесів. Таким чином, проектування і впровадження систем очищення промислових стічних вод із використанням ферментних комплексів сприятиме значному покращенню екологічної ситуації, зменшенню забруднення водних ресурсів і розвитку екологічно чистих технологій в промисловості.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Feng S., Gao W., Ding A., Parsa S.M., Pan J., Cheng D., Tung T.V., Ngo H.H. // Chemical Engineering Journal. 2025. 510: 161891. https://doi.org/10.1016/j.cej.2025.161891

2. Darwesh O.M., Matter I.A., Eida M.F. // Journal of Environmental Chemical Engineering. 2019. 7(1): 102805. https://doi.org/10.1016/j.jece.2018.11.049

3. Kumar R., Kundu D., Kormoker T., Joshi S., Rose P.K., Kumar S., Sahoo P.K., Sharma P., Lamba J. // Desalination and water treatment. 2024. 319: 100505. https://doi.org/10.1016/j.dwt.2024.100505

4. Kuppan N., Padman M., Mahadeva M., Srinivasan S., Devarajan R. // Waste Management Bulletin. 2024. 2(3): 154-171. https://doi.org/10.1016/j.wmb.2024.07.005

ECOLOGICAL STRESSORS AND THEIR IMPACT ON ORGANISM AGING PROCESSES

D. Sydorenko [1], A. Belinska[2]

National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", Kharkiv, Ukraine
[1]candidate of the first (bachelor's) level of higher education, diana.sydorenko@mit.khpi.edu.ua
[2]associate professor of the department of biotechnology, biophysics, and analytical chemistry, anna.bielinska@khpi.edu.ua

Aging is a complex and multifaceted phenomenon encompassing diverse biological, physiological, and molecular changes that progressively affect organismal functioning. Recent research demonstrates that environmental factors, or ecological stressors, significantly influence this process. Ecological stressors include environmental pollution, climate change, alterations in radiation levels, and exposure to toxic chemicals, which may contribute to accelerated organismal aging and even threaten species survival [1]. In this context, understanding the mechanisms of ecological stressors' impact on aging processes is crucial for developing effective environmental strategies aimed at biodiversity conservation and ecosystem resilience.

Ecological stressors can disrupt organismal homeostasis by interfering with normal physiological processes. One key mechanism through which ecological stressors affect aging is oxidative stress. Free radicals generated by air pollution, ultraviolet radiation, and toxic chemical exposure can damage cellular components including DNA, proteins, and lipids. This damage accumulates over time, leading to organismal aging and reduced adaptive capacity [2]. A major ecological stress factor is environmental pollution, comprising emissions of harmful gases, heavy metals, chemical compounds, and plastic waste. Particularly dangerous is exposure to heavy metals like lead, cadmium, and mercury, which bioaccumulate in organisms causing chronic toxicity that

accelerates aging processes. These metals can impair antioxidant defense systems, increasing oxidative stress and promoting cellular senescence [1]. Importantly, not only direct pollutant exposure but also their bioaccumulation through food chains can have long-term consequences for organismal health. The impact of pollution on aging is not limited to heavy metal exposure. Plastic waste, particularly microplastics entering ecosystems, exerts toxic effects on organisms, especially marine fauna. These particles can penetrate cell membranes, causing interference effects at the cellular level that promote aging and may even induce genetic mutations [3].

Climate change represents another critical environmental factor with long-term consequences for aging processes. Rising average temperatures, altered precipitation patterns, and increased frequency of extreme weather events create chronic stress conditions for numerous species. Such stress can disrupt physiological processes in populations and accelerate cellular aging. For instance, elevated temperatures may alter organismal metabolism, leading to faster depletion of cellular resources and reduced regenerative capacity. Furthermore, climate change can exacerbate the spread of infectious diseases, compounding aging through immune system degradation [2].

Ionizing radiation is an additional environmental stressor that accelerates organismal aging. Radiation induces DNA damage, generating cumulative mutations over time. This impairs normal cellular function, reduces viability, and hastens senescence. Studies demonstrate that even low-dose radiation – particularly in radioactively contaminated zones – elevates oxidative stress levels, causing tissue damage and accelerating aging in living organisms [2]. At the molecular level, environmentally induced aging involves biomolecule damage (DNA, proteins, lipids). Increased free radical production from environmental factors exacerbates oxidative stress – a primary driver of aging. This process compromises genetic stability, potentially causing mutations and functional decline. Additionally, reduced activity of DNA repair and detoxification enzymes promotes accumulation of damaged molecules, further accelerating aging [3]. Despite persistent stressor exposure, organisms develop adaptive mechanisms to maintain homeostasis and ensure survival in changing environments. These mechanisms vary by species, ecological context, and stress intensity but share a common goal: minimizing the negative impact of environmental factors on cellular and molecular integrity.

One of the primary adaptive mechanisms involves the activation of antioxidant systems that help reduce oxidative stress levels. Free radicals generated by pollution, ultraviolet radiation, and other environmental stressors can damage cellular components, including lipids, proteins, and DNA. To protect against such damage, organisms activate a system of antioxidant molecules such as superoxide dismutase, catalase, and glutathione, which neutralize free radicals and prevent their destructive effects. These molecules actively work to maintain normal cellular function, slowing aging processes and enhancing organisms' adaptive capacity [4]. Furthermore, some species develop the ability to synthesize molecules that neutralize or reduce the toxicity of harmful chemical compounds. For instance, many organisms can produce detoxification enzymes that help break down toxic chemicals accumulating in the environment due to pollution. They may also synthesize molecules that facilitate the elimination of harmful substances from cells and the organism as a whole. In marine organisms, for example, the ability to transform heavy metals into less toxic forms is often observed, enabling their survival in highly polluted environments [3]. An interesting adaptation mechanism involves the activation of genes responsible for synthesizing stress-resistant proteins, such as chaperones, which help maintain proper structure and function of cellular proteins even under elevated temperatures or other stress factors. These molecules enable organisms to adapt to various ecological changes, preventing protein denaturation and dysfunction that could accelerate aging [2]. However, despite these natural adaptations, none can fully counteract the long-term effects of environmental stressors. Prolonged or excessive exposure to pollution, climate change, or other ecological factors may exceed organisms' self-repair capacity. This leads to the accumulation of molecular-level damage, including DNA mutations, disruption of cell membrane integrity, protein degradation, and impaired organ function [3]. Moreover, chronic stress exposure may deplete adaptive resources, weakening the immune system, reducing tissue regeneration capacity, and ultimately accelerating senescence. While natural adaptations are crucial for maintaining organism functionality, they often fail to ensure long-term resilience against ecological stressors. This

contributes to accelerated aging and declining vitality, particularly under global environmental changes such as pollution, climate shifts, and resource depletion. These findings highlight not only the importance of adaptive mechanisms in living organisms but also the necessity of environmental protection against anthropogenic damage.

Thus, ecological stressors play a significant role in accelerating organismal aging. From environmental pollution to climate change and radiation exposure, these factors can impair adaptation capacity by disrupting physiological and molecular processes. To preserve biodiversity and ecosystem resilience, it is critical to develop adaptation strategies – including environmental monitoring and clean technologies that mitigate harm to organisms and their aging processes. Studying molecular aging mechanisms under ecological stressors will not only aid species conservation but also guide the development of robust ecosystems in a changing climate and polluted world.

REFERENCES

1. Prado C. C. A., Queiroz L. G., Paiva T. C. B., Pompêo M., Ando R., Rani-Borges B. // *Aquatic Toxicology*. 2025. 281: 107303.

2. Galkin F., Kovalchuk O., Koldasbayeva D., Zhavoronkov A., Bischof E. // *Ageing Research Reviews*. 2023. 88: 101956.

3. Martemucci G., Portincasa P., Di Ciaula A., Mariano M., Centonze V., D'Alessandro A.G. // Mech Ageing Dev. 2022. 206:111707. doi: 10.1016/j.mad.2022.111707.

4. See M. S., Ching X. L., Khoo S. C., Zainal A. S., Sonne C., Ma N. L. // *Journal of Hazardous Materials Advances*. 2025. 17: 100612.

МОРФОГЕННИЙ РОЗВИТОК *VIBURNUM OPULUS* L. ЗА РОЗМНОЖЕННЯ *IN VITRO*

Л.А. Колдар[1], Н.М. Кучер[2], Н.В. Цибровська[3], О.В. Почка

Національний дендрологічний парк «Софіївка» НАН України, м. Умань, Україна,
[1]с. н. с., koldarlarisa4@gmail.com
[2]н. с.:natalochka_sof@ukr.net
[3]с. н. с., nadjacyb1989@ukr.net

Вступ. Важливу роль у створенні сприятливого мікроклімату для проживання населення та покращенні санітарно-гігієнічних умов відіграють зелені насадження. Важливим складником ландшафтної архітектури, що створює природне пейзажне середовище є деревні та кущові рослини різного призначення яким властива низка як декоративних так і екологічних функцій (Бойко, 2018). Оптимізація паркових та інших видів ландшафтів, яка тісно пов'язана з глобальною урбанізацією, потребує мобілізації та розмноження цінних, оригінальних рослин.

До таких рослин належить вид *Viburnum opulus* L. (родина Adoxaceae E. Mey.), ареал поширення якого охоплює майже всю територію Східно-Європейської рівнини, Кавказ, Башкирію, Казахстан, Західний Сибір, південно-західну частину Східного Сибіру та майже всю територію України. В умовах культури, в Україні, представники даного виду не вибагливі до умов росту, морозостійкі, мають високі декоративні як у період цвітіння, так і під час достигання плодів та лікарські властивості.

На сьогодні, в Україні, ландшафтна архітектура як великих мегаполісів так і невеликих населених пунктів потребує оптимізації видового складу насаджень цінними декоративними, толерантними до антропогенного впливу рослинами з урахуванням їхніх біологічних і екологічних особливостей. *V. opulus* є символом української культури, займає почесне місце в

етноботанічних традиціях України і є одним з основних елементів чагарникового озеленення. Проте в архітектурно-художньому оформленні міст рослини *V. opulus* використовують надзвичайно мало і трапляються вони інколи поодиноко у паркових насадженнях, садах, на присадибних ділянках у приватних колекціях, що лімітується обмеженим виробництвом садивного матеріалу.

Основними способами одержання садивного матеріалу *V. opulus* є розмноження насінням, живцями та відсадками, проте вони характеризуються високою трудомісткістю і низькою ефективністю [6]. Розширення можливостей використання даних рослин потребує розроблення ефективних методів розмноження, вирощування та отримання масового садивного матеріалу зі збереженням генетичної однорідності.

До одного із сучасних досягнень біотехнології належить метод мікроклонального розмноження рослин *in vitro*. У ході експерименту ми використовували даний метод для розмноження рослин *V. opulus*, зокрема дослідження морфогенного розвитку рослин за дії фітогормонів. За мету було поставлено дослідження залежності морфогенного потенціалу експлантів *V. opulus* від фітогормонального складу живильних середовищ за розмноження *in vitro*. Морфогенез у рослин розглядають як процес формоутворення, тобто ініціацію, ріст і розвиток структур різного рівня: органів (органогенез), тканин (гістогенез) або клітин (клітинна диференціація) При цьому, відбувається вплив різноманітних чинників на індивідуальний розвиток організму, тобто різні аспекти фізіології рослин [5].

Зміни в будові та життєдіяльності рослин та реалізація спадкових властивостей відбуваються завдяки проходженню низки взаємопов'язаних морфологічних, анатомічних, біохімічних, фізіологічних та інших процесів при засвоєнні живильних речовин і енергії з навколишнього середовища. (Melekber Sulusoglu Durul et al., 2022) [2].

У ході експерименту, за триразового повторення було протестовано 13 варіантів (I–XIII) живильних середовищ, перший (безгормонний) з яких приймали за контроль. Впродовж усього періоду культивування, спостереження за розвитком експлантів *V. opulus* та реєстрацію видимих змін у досліджуваних об'єктів проводили в лабораторії мікроклонального розмноження рослин Національного дендропарку «Софіївка» НАН України. За рослинний матеріал для досліджень використовували мікропагони заготовлені із п'ятирічних рослин *V. opulus* з колекції НДП «Софіївка». Після деконтамінації мікропагони культивували на безгормонних живильних середовищах за прописом Мурасіге і Скуга (МС) [4]. Впродовж шести–десяти діб проводили обстеження експлантів та за кількістю неінфікованих об'єктів до вихідної кількості експлантів, що стерилізувалися визначали у відсотках ефективність процесу деконтамінації. Відсоток життєздатних експлантів який становив 81,1 ± 1,6 %, визначали від кількості стерильних, які впродовж 10–12 діб після висаджування на живильні середовища проявляли ознаки росту.

Після відбору стерильних, життєздатних об'єктів, дослідження морфогенних процесів у експлантів продовжували за їх культивування на живильних середовищах з екзогенним вмістом фітогормонів (6-БАП в концентрації 0,05–1,50 мг/л та β-ІМК – 0,05–1,00 мг/л). У процесі росту і розвитку експлантів культивованих на модифікованих фітогормонами живильних середовищах, відбувалися закономірні, морфологічні зміни які супроводжувалися появою нових структур, що свідчило про початковий етап морфогенезу. Впродовж 16–22 діб після першого субкультивування спостерігали прояв тотипотентності, яка в результаті цитотомії сприяла появі адвентивних бруньок, кількість яких залежала від концентрацій гормонів у живильних середовищах, як факторів росту. У загальному для експлантів *V. opulus* характерними були високі показники утворення адвентивних бруньок. Протягом наступних 10–15 діб з утворених бруньок починався ріст пагонів. Максимальну їх кількість (9,4 шт.) за коефіцієнта розмноження (9,8) було утворено за екзогенного вмісту у живильному середовищі 1,0 мг/л 6-БАП та 0,1 мг/л β-ІМК (варіант VI). Дещо нижчі показники спостерігали у варіантах V, VII та VIII модифікованих різною кількістю фітогормонів де кількість новоутворених пагонів відповідно становила 5,5; 7,2 та 6,3 шт.

Отже, використання живильних середовищ за прописом Мурасіге і Скуга, модифікованих додаванням 6-БАП та β-ІМК у вищевказаних концентраціях, сприяло підвищенню морфогенного потенціалу експлантів та було найбільш оптимальним для ініціації адвентивних бруньок з подальшим ростом пагонів.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Бойко Т.О., Дементьєва О.І. // Ukrainian Journal of Ecology. 2018. 8(2): 120–127.
2. Матвєєва Н., Дуплій В., Ратушняк Я., Белокурова В., Кучук М.. // Фізіол. рослин і генетика. 2024. 56(5): 431–440.
3. M. Sulusoglu, S. Memis. (2022). // *Agronomy*. 2022. 12: 623.
4. Murashige T., Skoog F. // Physiologia Plantarum. 1962: 473–497.
5. Одінцова А.В. // Український ботанічний журнал. 2022. 79(3): 169–183.
6. Паламарчук В.Д., Тисячний О.П. // Сільське господарство та лісівництво. Зб. наук. праць. 2023. 29: 162–171.

ВПЛИВ НАДЛИШКОВИХ КОНЦЕНТРАЦІЙ МАНГАНУ ТА ОСВІТЛЕННЯ НА РІСТ МІКРОВОДОРОСТЕЙ *CHLORELLA VULGARIS*

С.О. Ковальова[1], Н.Б. Голуб[2]

КПІ ім. Ігоря Сікорського, Київ, Україна,
[1]аспірант каф. біоенергетики, біоінформатики та екобіотехнології, svitlayak@gmail.com
[2]зав. каф. біоенергетики, біоінформатики та екобіотехнології golubnb@ukr.net

Вступ. Манган (Mn^{2+}) є незамінним мікроелементом для фотосинтезуючих організмів, зокрема мікроводоростей. У складі фотосистеми II він формує кластер Mn_4CaO_5, який каталізує фотоліз води – процес, що лежить в основі утворення молекулярного кисню під час фотосинтезу [1]. Крім того, Mn^{2+} активує численні ферменти, залучені до метаболізму вуглеводів, ліпідів і нітратів, а також відіграє роль у системах антиоксидантного захисту клітин, запобігаючи ушкодженню структури ДНК і білків в умовах оксидативного стресу [2, 3]. Надмірна кількість мангану може як стимулювати фотосинтетичну активність, так і спричиняти токсичну дію, залежно від концентрації та інших факторів середовища, зокрема освітлення. Вивчення впливу надлишкових концентрацій Mn^{2+} у поєднанні з різними режимами освітлення є важливим для визначення раціональних умов вирощування мікроводоростей.

Мета. дослідження впливу надлишкових концентрацій іонів Mn^{2+} у середовищі та спектру освітлення на ріст і біомасу мікроводорості *Chlorella vulgaris*.

Методика. Для дослідження була використана культура мікроводоростей *Chlorella vulgaris*, взята з колекції кафедри біоенергетики, біоінформатики та екобіотехнології КПІ ім. Ігоря Сікорського. Культивування *Chlorella vulgaris* проводили в лабораторних умовах у трубчатих фотореакторах із використанням середовища BG-11, модифікованого додаванням сульфату мангану ($MnSO_4$) у концентраціях Mn^{2+}: 0 (контроль), 5, 10 та 20 мг/л. Метал додавали на 2-му та 6-му тижнях культивування. Застосовували чотири режими освітлення: природне яскраве (600–800 Вт/м²), природне приглушене (250 Вт/м²), біле LED-освітлення (600 Вт/м²) та червоно-синє світлодіодне освітлення у співвідношенні 2:1 (600 Вт/м²). Режим освітлення світлодіодами складався з 4 годин світла і 4 годин темряви. Температура - 20 ± 2°C, джерелом вуглецю був CO_2. У процесі культивування оцінювали оптичну густину культури спектрофотометром Ulab 102, кількість клітин за допомогою лічильника клітин Countess 2 FL, після культивування визначали суху біомасу.

Результати та їх інтерпретація. Найвищій приріст біомаси *Chlorella vulgaris* спостерігався за умов природного яскравого освітлення. Зі збільшенням концентрації Mn^{2+} до 20 мг/л відзначалося зростання всіх біометричних показників: оптична густина збільшилася у 2.8 рази, кількість клітин – у 1.6 рази, а суха біомаса – у 2.3 рази (3.026 ± 0.014 г) порівняно з контролем. Ці результати підтверджують позитивний вплив Mn^{2+} на фотосинтетичну активність за достатньої інтенсивності світла, що узгоджується з даними про роль мангану в структурі реакційного центру фотосистеми II та захисті клітин від окислювального стресу [4]. Подібна тенденція спостерігалась і за умов природного приглушеного освітлення: при концентрації Mn^{2+} 20 мг/л оптична густина зросла у 1.9 рази, а кількість клітин – у 3.4 рази, що свідчить про інтенсивний поділ клітин за умов обмеженого освітлення, ймовірно, із зменшенням їх розмірів. Суха біомаса склала 2.748 ± 0.021 г, що вдвічі перевищує контроль. Це може свідчити про адаптаційні механізми *Chlorella vulgaris* до умов обмеженого світла, при яких Mn^{2+} підтримує клітинну активність і антиоксидантний захист [5]. Під червоно-синім LED-освітленням найбільше зростання фіксували за найнижчої концентрації Mn^{2+} (5 мг/л): оптична густина зросла у 2 рази, кількість клітин – у 2.3 рази, біомаса – у 1.8 рази (3.434 ± 0.016 г). Це свідчить про те, що за умов сприятливого спектру освітлення надлишок мангану може викликати токсичний ефект, знижуючи фотосинтетичну ефективність [5]. За вищих концентрацій ріст залишався позитивним, однак менш вираженим.

За використання білого LED-освітлення фіксувалася негативна тенденція – зі зростанням концентрації Mn^{2+} відзначалося зниження всіх показників росту. Так, при 20 мг/л оптична густина зменшилась у 1.3 рази, кількість клітин – у 1.5 рази, а біомаса – у 1.7 рази відносно контролю. Це може бути викликано фотосенсибілізацією або посиленням оксидативного стресу через одночасну дію білого світла та високих концентрацій мангану, що підтверджується даними про потенційну токсичність мангану за умов накопичення активних форм кисню [6].

Висновки. Показано, що надлишкові концентрації мангану (Mn^{2+}) чинять різноспрямовану дію на ріст та біомасу мікроводоростей *Chlorella vulgaris* залежно від умов освітлення. Найбільш сприятливим для росту мікроводорості виявилось природне яскраве освітлення у поєднанні з максимальною концентрацією Mn^{2+} (20 мг/л). Це підкреслює важливість підбору раціональних умов культивування для підвищення приросту біомаси мікроводоростей у біотехнологічних застосуваннях.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Yano J., Yachandra V. // Chem. Rev. 2014. 114(8): 4175-4205.
2. Stephenson A.P. et al. // Toxicol. Lett. 2013. 218(3): 299-307.
3. Aguirre J.D., Culotta V.C. // J. Biol. Chem. 2012. 287(17): 13541-13548.
4. Millaleo R. et al. // J. Exp. Bot. 2013. 64(1): 343-354.
5. Smythers A.L. et al. // Sci. Rep. 2023. 13(1): 11301.
6. Liang H.Z. et al. // Sci. Rep. 2019. 9(1): 12568.

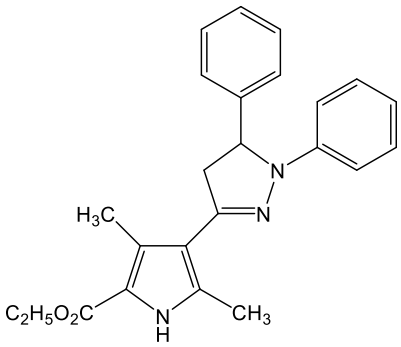
ДОСЛІДЖЕННЯ РІСТСТИМУЛЮЮЧОЇ АКТИВНОСТІ ПОЛІЗАМІЩЕНИХ ПІРОЛІЛПІРАЗОЛІНІВ НА НАСІННІ ЯЧМЕНЮ

Г.І. Ларіна[1], О.Й. Міхедькіна[2]

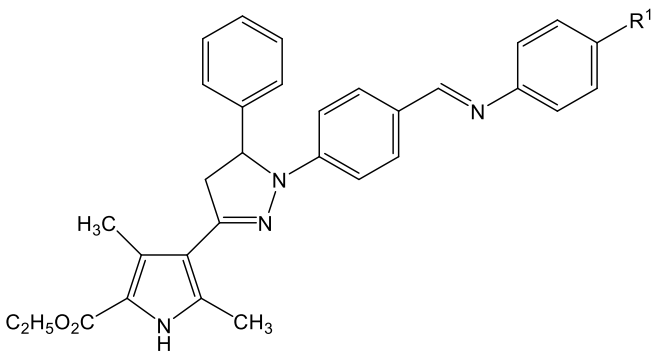
Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків, Україна,
[1]старший викладач кафедри органічної хімії, біохімії,
лакофарбових матеріалів та покрить, anna.larina@khpi.edu.ua
[2]кандидат хімічних наук, професор кафедри органічної хімії, біохімії, лакофарбових
матеріалів та покрить, olena.mikhedkina@khpi.edu.ua

Пошук нових ефективних і при цьому екологічно безпечних регуляторів росту рослин є актуальними на сьогодні. Препарати природнього походження відповідають вимогам мінімізації екологічної небезпеки при їх застосуванні, в той же час як синтетичні, за рахунок вартості і ефективності, сприяють рентабельності сільськогосподарського виробництва. Вони виконують різноманітні функції від підвищення врожайності та якості продукції, що вирощується, до спрямованої регуляції біометричних показників рослин.

Це дослідження є продовженням наукової роботи по модифікації похідних піролу і визначення серед них найефективніших стимуляторів проростання насіння. Як показують результати досліджень [1, 2] похідні піролу дійсно є перспективними сполуками. На основі вихідного піролілпіразоліну **1** ми синтезували ряд нових сполук **2a-e**:



1



2a-e

R^1 = **a**) H, **b**) Cl, **c**) CH_3, **d**) OCH_3, **e**) NH_2

Вплив розчинів сполук **1** і **2a-e** різних концентрацій на енергію проростання, схожість і біометричні показники проводили на насінні ячменю сорту «Етикет», як на свіжому насінні так і на застарілому і враженому грибками ряду Alternaria за відомими методиками. Енергію проростання визначали на третій день, а схожість та біометричні показники – на десятий. Статистичну обробку результатів проводили методом дисперсійного аналізу.

Результати дослідження показали, що найперспективнішими є піролілпіразоліни **2d** і **2e**, які потребують подальшої модифікації з метою збільшення розчинності у воді.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Міхедькіна О. Й., Пелипець О. С., Перетятько І. В., Кожич Д. Т., Мельник І. І., Циганков О. В., Клименко І. І., Василейко М. В. // Журнал органічної та фармацевтичної хімії. 2019. 17 (2): 17-25. http://nbuv.gov.ua/UJRN/jofkh_2019_17_2_6

2. Міхедькіна О. Й., Перетятько І. В., Мельник І. І., Анан'єва В. В., Циганков О. В. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: хімія, хімічні технології та екологія. 2019. 2: 58-62. https://doi.org/10.20998/2079-0821.2019.02.09

ІНТЕГРОВАНЕ ЗАСТОСУВАННЯ БІОПРЕПАРАТІВ ЯК ЧИННИК ПІДВИЩЕННЯ СТРЕСОСТІЙКОСТІ СОЇ В ОРГАНІЧНОМУ ЗЕМЛЕРОБСТВІ

Т.О. Чайка

Полтавське відділення Академії наук технологічної кібернетики України, м. Полтава, Україна, зав. відділу еколого-економічного розвитку сільських територій, chayka_ta@ukr.net

У глобальному масштабі спостерігається прогресуюча тенденція до зростання частоти та інтенсивності абіотичних стресових факторів, що здійснюють негативний вплив на онтогенез і продуктивність ключових сільськогосподарських культур [1]. У цьому контексті особливої актуальності набуває здатність бенефіціарних мікроорганізмів посилювати резистентність рослин до стресів, що підкреслює фундаментальне значення коеволюційних взаємодій у системі «рослина – мікробіом» для забезпечення сталого виробництва сільськогосподарської продукції в умовах кліматичних трансформацій [2]. Здійснений комплексний аналіз експериментальних даних дозволяє сформулювати науково обґрунтовані практичні рекомендації для оптимізації органічного виробництва сої з урахуванням стресових гідротермічних умов і специфіки застосування біологічних препаратів.

Паралельно зі зростанням попиту на екологічно безпечну продукцію, модифікацією кліматичних умов, редукцією біорізноманіття та деградацією ґрунтового покриву інтенсифікується розвиток органічного землеробства як ефективної стратегії мінімізації антропогенного навантаження на агроекосистеми [3, 4]. У межах зазначеної агроекологічної системи пріоритетного значення набуває застосування біологічних препаратів для підвищення продуктивного потенціалу та стресорезистентності сільськогосподарських культур. Соя культурна (*Glycine max* (L.) Merr.), як провідна високобілкова та олійна культура, посідає ключову позицію в структурі органічного виробництва України та забезпечує 24,7% потреб Європейського Союзу, що відповідає другій позиції серед країн-експортерів органічної сої на європейський ринок [5].

У парадигмі органічного землеробства імплементація арбускулярних мікоризних грибів (АМГ), ризобіальних бактерій і екзогенних фітогормонів становить перспективну агробіотехнологічну стратегію, особливо релевантну для культивування сої [6]. Водночас, комплексні дослідження синергічних взаємодій арбускулярних мікоризних грибів, ризобіальних бактерій та екзогенних фітогормонів у агроценозах сої за умов органічного землеробства залишаються недостатньо висвітленими у науковій літературі.

За результатами проведених досліджень встановлено, що оптимальна інокуляційна технологія в умовах органічного землеробства та нестабільного гідротермічного режиму має базуватися на комплексному застосуванні біопрепаратів, зокрема передпосівної обробки насіннєвого матеріалу препаратами Мікофренд$^{@}$ (1,5 кг/т насіння) і Profix$^{@}$ (1,25 кг/500 кг насіння) з подальшим обприскуванням посівів препаратом Віолар$^{@}$ (10 мл/га) у період бутонізації–початку цвітіння. Запропонована технологічна схема продемонструвала найвищу ефективність протягом усього періоду досліджень, забезпечуючи синергетичний ефект інтенсифікації процесів азотфіксації, оптимізації фосфорного живлення та гормональної регуляції, що відобразилось у статистично достовірному підвищенні врожайності та покращенні фізіологічних параметрів рослин.

Для підвищення адаптаційного потенціалу рослин до стресових гідротермічних умов, зокрема посухи, доцільно модифікувати технологію застосування біологічних препаратів. За умов прогнозування посушливого вегетаційного періоду рекомендується збільшити норму інокуляції Profix$^{@}$ до 1,5 кг/500 кг насіння, що достовірно підвищить азотфіксувальну здатність рослин у стресових умовах. Експериментально доведено доцільність імплементації додаткової фоліарної обробки посівів препаратом Віолар$^{@}$ у більш ранні фази онтогенезу (фаза трьох справжніх листків, 5 мл/га), що сприятиме формуванню розвиненішої кореневої системи до настання посушливого періоду. Редукція норми висіву до 650 тис. схожих насінин на гектар

мінімізує конкурентні взаємодії між рослинами за вологу й елементи мінерального живлення, що набуває критичного значення за умов водного дефіциту.

Ефективність біологічних препаратів суттєво підвищується за умови відповідної модифікації агротехнічних заходів. Зокрема, збільшення глибини передпосівної культивації до 8–10 см сприятиме ефективнішому проникненню кореневої системи у глибші шари ґрунтового профілю та підвищить ефективність мікоризації. Мульчування міжрядь рослинними рештками після другої міжрядної культивації оптимізує гідрологічний режим ґрунту та створить сприятливіші умови для розвитку корисної мікробіоти, включаючи інтродуковані з біопрепаратами мікроорганізми [7]. Додаткове боронування сітчастою бороною у фазі формування бобів забезпечить мінімізацію втрат ґрунтової вологи через евапорацію та пригнічення сегетальної рослинності.

Інтегрований підхід до підвищення стресорезистентності має включати комбінацію біологічних інокулянтів з агротехнічними заходами. Доповнення стандартної схеми обробки (Мікофренд$^{@}$ + Profix$^{@}$ + Віолар$^{@}$) передпосівною обробкою насіння антистресовими препаратами на основі кремнію достовірно підвищить адаптивний потенціал рослин. Особлива увага має бути приділена моніторингу концентрації проліну в асиміляційних органах як раннього біомаркера посухи. Комплексна обробка (Мікофренд$^{@}$ + Profix$^{@}$ + Віолар$^{@}$) за умов гідротермічного стресу індукує акумуляцію проліну в тканинах рослин, що свідчить про активацію ендогенних захисних механізмів. Систематичний моніторинг даного біохімічного показника забезпечить можливість своєчасної корекції агротехнічних заходів для мінімізації негативного впливу стресових умов.

Імплементація запропонованого комплексу науково обґрунтованих рекомендацій дозволить максимально реалізувати генетичний потенціал продуктивності сої в умовах органічного землеробства навіть за несприятливих гідротермічних умов. Це створює передумови для подальшого наукового пошуку й розширення теоретичних основ мікробно-рослинних взаємодій з урахуванням специфічних едафо-кліматичних умов України та глобальних кліматичних трансформацій, що проявляються у підвищенні частоти та інтенсивності посушливих періодів.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Чайка Т.О. // *Проблеми та досягнення сучасної біотехнології* : V Міжнар. наук.-практ. конф. (м. Харків, 28 берез. 2025). 2025. 395–396.

2. Sa T. // Plant–microbe interactions for enhanced plant tolerance to stress. 2024. doi: 10.1016/B978-0-443-13193-6.00001-4

3. Didora V., Kluchevych M. // *Scientific Horizons*. 2021. 24(2): 77–83.

4. Чайка Т.О. // *Розвиток виробництва органічної продукції в аграрному секторі економіки України* : моногр. 2013. 320 с.

5. Чайка Т.О., Ляшенко В.В., Хоменко Б.С. // *Таврійський науковий вісник. Сер. Сільськогосподарські науки.* 2023. 133: 180–187. doi: 10.32782/2226-0099.2023.133.24

6. Ayilara M.S., Adeleke B.S., Babalola O.O. // *Microbial Ecology*. 2023. 85: 1113–1135.

7. Чайка Т.О., Пономаренко С.В. // *Аграрний бюлетень.* 2015. 54: 25–31.

ВПЛИВ КАРБОНОВИХ НАНОЧАСТИНОК ОКСИДУ ГРАФЕНУ НА ФІЗІОЛОГІЧНІ ПОКАЗНИКИ СОЇ ЗВИЧАЙНОЇ *(GLYCINE MAX.)* В УМОВАХ ПОСУХИ

А.О. Павлючук[1], Т.А. Ткаченко[2]

[1,2] Національний університет біоресурсів і природокористування України
pavliuchuk.nastia2016@gmail.com
tttkach82@gmail.com

Актуальність дослідження. Кліматичні зміни призводять до зростання інтенсивності посух, що суттєво впливає на врожайність сільськогосподарських культур, включаючи сою, яка є важливою олійною та білковою культурою. Пошук ефективних методів підвищення стійкості рослин є пріоритетним завданням для забезпечення продовольчої безпеки. Використання нанотехнологій у сільському господарстві є перспективним напрямом, який дозволяє поліпшити ріст та розвиток рослин, адже карбонові наночастинки сприяють посиленню стійкості до стресових факторів у рослин [1].

Метою роботи було дослідити вплив різних концентрацій оксиду графену (GO) на морфометричні показники рослин сої звичайної *(Glycine max.)* за умов моделювання посухи.

Матеріали та методи досліджень. Для дослідження використано насіння сої звичайної *(Glycine max.)* сорту «Аполон» вітчизняної селекції. Оцінку морфометричних показників проводили на 16 добу після проростання та визначали такі показники як довжина пагонів, коренів, загальна довжина рослин та сира маса. Активність фотосинтетичних пігментів, зокрема хлорофілів *a* і *b* та суми каротиноїдів визначали спектрофотометричним методом за довжин хвиль 663 нм, 646 нм та 470 нм відповідно.

Дослідження проведено на рослинах наступних дослідних груп: № 1 - моделювання посухи без використання GO, № 2 – GO 10 мкл/мл з моделюванням посухи, № 4 - GO 25 мкл/мл з моделюванням посухи, № 4 – GO 50 мкл/мл з моделюванням посухи. Насіння сої проб № 2-4 було попередньо замочене у водному розчині оксиду графену відповідної концентрації на 12 годин. Зразок № 1 замочували у воді на 12 годин. До зразків з моделюванням посухи застосовували обмежений режим поливу: один раз на 7 діб.

Результати дослідження.

На 16 добу вегетації було проведено оцінку морфо-фізіологічного стану рослин сої. Для цього проведено візуальне порівняльне дослідження рослин різних груп з вимірюванням довжини пагона та кореня, діаметра стебла, кількості листків та маси паростків. Вибірка з кожної дослідної групи становила 5 рослин.

Було встановлено, що зразки, які обробляли різними концентраціями карбонових наночастинок з паралельним моделюванням посушливих умов (№ 2-4) показали позитивну динаміку росту та кращі морфометричні параметри вегетативних органів у порівнянні зі зразком (№1), де рослинам створювали виключно посушливі умови. Така тенденція може свідчити про позитивний вплив карбонових наночастинок на посилення стійкості культури до абіотичного стресу, викликаного засухою.

В подальшому методом спектрофотометрії були проведені аналізи дослідних проб на вміст фотосинтетичних пігментів, зокрема хлорофілу *a* і *b* та суми каротиноїдів. Результати спектрофотометричного аналізу показали, що в умовах модельованої посухи додавання карбонових наночастинок сприяло накопиченню фотосинтетичних пігментів (хлорофілу *a, b* та каротиноїдів) у рослинній сировині. Зразки, вирощені за таких умов, мали вищий вміст пігментів, порівняно із рослинами, вирощеними у сприятливих умовах. Числове їх значення знаходилось у межах між аналогічними середніми значеннями вмісту фотосинтетичних пігментів контрольного зразка та відповідних показників рослин, вирощених у сприятливих умовах [2]. Такий розподіл свідчить про потенційно стимулюючий вплив карбонових наночастинок на накопичення фотосинтетичних пігментів рослин у стресових умовах.

Загальновідомо, що негативна дія абіотичних чинників на живий організм призводить до окисного стресу, який супроводжується дисбалансом між рівнем вільних радикалів та антиоксидантами. Маркером фізіолого-біохімічного стану рослин за дії стресових чинників є активність антиоксидантних ензимів (АОЕ), зокрема таких як каталаза. [3] За допомогою спектрофотометричного методу були проведені аналізи проб сої на активність вищезазначеного ферменту.

Активність каталази у дослідних зразках мала наступний вигляд: найвища активність - проба № 2 (GO 10 мкл/мл), найнижчий показник - проба №1. Отримані результати, очевидно, свідчать про те, що активність ферменту зростає внаслідок адаптаційної відповіді на помірний стрес або активації захисних систем.

Висновок. Проведене дослідження виявило позитивний вплив попередньої обробки насіння сої звичайної *(Glycine max.)* водними розчинами карбонових наночастинок оксиду графену на фізіологічні показники рослин в умовах модельованої посухи. Спостерігалася тенденція до покращення ростових характеристик вегетативних органів та накопичення фотосинтетичних пігментів (хлорофілу *a, b* та каротиноїдів) у рослин, що зазнавали водного дефіциту та були оброблені наночастинками, порівняно з контрольним зразком без нанообробки в аналогічних умовах стресу. Аналіз активності каталази показав, що застосування карбонових наночастинок у певних концентраціях сприяло формуванню адаптивної реакції рослин на посуху, що відображалося у помірній активації антиоксидантних систем. Отримані результати свідчать про перспективність використання карбонових наночастинок оксиду графену як потенційного засобу підвищення стійкості сої до посушливих умов та оптимізації технологій її вирощування в умовах зростаючої аридності клімату. Подальші дослідження є актуальними для визначення оптимальних концентрацій та механізмів дії наночастинок на фізіолого-біохімічні процеси у рослинах сої в умовах посухи.

СПИСОК ЛІТАРАТУРИ

1. Прилуцька С.В., Ткаченко Т.А., Ткаченко В.В. // Наносистеми, наноматеріали, нанотехнології. 2023. 21(4): 923–944.

2. Чумаченко О. В., Головач А. І. // Вісник Полтавської державної аграрної академії. 2020. 3: 16–21.

3 С.В. Прилуцька, Т.А. Ткаченко, А.В. Дащенко, О.О. Молодченкова, А.А. Дуніч, Л.Т.Міщенко // Стан, проблеми та напрями розвитку селекції і насінництва пшениці в умовах сучасних викликів: матеріали Міжнародної наукової конференції, присвяченої 120-річчю від дня народження академіка Федора Григоровича Кириченка (1904– 1988) видатного селекціонера (28 березня 2024 р. / СГІ–НЦНС. – м. Одеса, Україна): Одеса: СГІ–НЦНС, 2024. – 256 с., с.138-140.

QUORUM SENSING SIGNALS AS INDUCERS OF METABOLIC ADAPTATION IN PLANTS: EXPERIENCE WITH C6-HSL IN *CUCURBITA PEPO* AND *LINUM USITATISSIMUM* CULTURES

L. Lioshyna[1], O. Bulko[2], M. Kuchuk[3]

[1,2,3] Institute of Cell Biology and Genetic Engineering of the NASU, Kyiv, Ukraine,
llioshyna@gmail.com
BulkoOV@nas.gov.ua
nkuchuk@icbge.org.ua

Acyl-homoserine lactones (AHLs) are natural organic compounds synthesized by bacteria. In microorganisms, these molecules act as signaling agents (autoinducers) within bacterial

communication systems known as quorum sensing (QS)—the ability of microbes to coordinate their behavior depending on population density.

Some bacteria utilizing AHL-based quorum sensing can interact with plants by regulating key processes such as biofilm formation on root surfaces, phytohormone production, or the initiation of infection. For instance, *Agrobacterium tumefaciens*—a pathogenic bacterium that induces tumor-like formations in plants—uses AHLs to control infection and T-DNA transfer into host cells. In this case, major pathogenicity genes are located on the Ti plasmid, whose transfer between bacteria is also regulated by the QS system [1, 2].

Studies indicate that AHL molecules can also elicit specific responses in eukaryotic cells [3, 4]. In axenic plant cultures, it has been shown that exogenous application of various AHL derivatives can influence plant development and defense responses, although the nature of such responses strongly depends on the chemical structure of the signaling molecules [5]. It is believed that the increased plant resistance under AHL treatment is associated with the activation of signaling pathways involving salicylic acid, jasmonic acid, and ethylene [6].

However, the current body of experimental data remains limited, making it difficult to fully elucidate the mechanisms of plant response to bacterial signals. Therefore, this study aimed to investigate the effects of exogenous AHL molecules on plant growth and development under sterile *in vitro* conditions, which eliminate direct bacterial influence on the root system.

To explore the role of short-chain AHLs in plant metabolism, we studied the effects of 6-N-hexanoyl-L-homoserine lactone (C6-HSL) on *Cucurbita pepo* and *Linum usitatissimum* grown *in vitro*. Plants were cultivated on MS medium supplemented with C6-HSL at concentrations of 2.5 mg/mL and 5 mg/mL. After 15 days of incubation, a portion of the plants was exposed to UV-C light (254 nm) in five 20-minute sessions with 2-hour intervals. Control plants were grown without AHL and/or UV exposure.

We assessed shoot length, green and root biomass, pigment content (chlorophyll and carotenoids), and the levels of low-molecular-weight antioxidants (especially flavonoids).

In *L.usitatissimum*, C6-HSL treatment resulted in reduced shoot length under standard conditions, but after UV-C exposure, shoot length increased in AHL-treated plants, suggesting a protective role of C6-HSL. Root length and biomass significantly increased following UV stress in the presence of AHL, especially at 5 mg/mL, while control plants showed a decrease in mass. Chlorophyll content markedly increased in treated plants, both in shoots and roots. The roots developed a light green coloration, indicating unusual activation of photosynthetic processes in root tissues. Carotenoid and flavonoid levels increased fourfold in flax grown on C6-HSL-supplemented medium, though these levels declined after UV exposure. In contrast, control plants exhibited elevated antioxidant levels only in roots after stress, pointing to distinct stress response mechanisms.

In *C. pepo*, C6-HSL had little effect on morphology under normal conditions. However, after UV-C exposure, growth inhibition was observed in control plants but not in treated ones. Although total biomass decreased after UV exposure in all groups, the decline was less pronounced in treated plants. Chlorophyll content in green tissues nearly doubled at 5 mg/mL AHL. Unlike flax, zucchini roots did not turn green. UV-C exposure also significantly increased carotenoid and flavonoid levels, indicating enhanced antioxidant system activity.

These findings demonstrate that C6-HSL can penetrate plant roots and induce a systemic response aimed at improving stress resistance. The responses were species-specific: flax showed distinct morphological changes, while zucchini primarily exhibited biochemical alterations. The mechanism of C6-HSL action is likely mediated through phytohormonal signaling pathways. Thus, quorum sensing molecules may serve as regulators of plant physiology.

Short-chain AHL influences morphogenesis and metabolic adaptation in *C. pepo* and *L. usitatissimum* under *in vitro* conditions. Under UV-C stress, C6-HSL significantly enhances the antioxidant capacity of plants, as evidenced by increased levels of chlorophylls, carotenoids, and flavonoids—especially at a concentration of 5 mg/mL. These results highlight the potential of C6-HSL as a biostimulant and stress tolerance regulator for crop plants.

REFERENCES

1. Lang J., Faure D. // Frontiers in Plant Science. 2014. 5: 1–11.
2. Dessaux Y., Faure D. // Research in Microbiology. 2018. 169(5–6): 363–371.
3. Williams P. // Current Opinion in Microbiology. 2007. 10(3): 238–244.
4. Hartmann A., Schikora A. // Frontiers in Plant Science. 2012. 3: 1–7.
5. Klein M. et al. // Planta. 2009. 229(1): 73–85.
6. Schenk S., Schikora A. // Frontiers in Plant Science. 2015. 6: 1–7.

БІОТЕХНОЛОГІЯ РАПСУ – ВІД ГЕННОЇ ІНЖЕНЕРІЇ ДО ЕКОЛОГІЧНОГО БІОПАЛИВА

О.Ю. Чабаненко

Дніпровський політехнічний фаховий коледж, м. Дніпро, Україна,
викладач комісії хіміко-технологічних дисциплін, chabanenko.olga07@gmail.com

Вступ. Рапс (*Brassica napus*) є однією з найважливіших олійних культур у світі. Він використовується для виробництва харчової та технічної олії, біодизеля, кормів і навіть біопластиків. Біотехнологія відіграє ключову роль у вдосконаленні властивостей рапсу, підвищенні врожайності, стійкості до хвороб і шкідників, а також у покращенні якості олії.

Біотехнологічні підходи у вирощуванні рапсу мають різні направлення.

1. Генетична модифікація (ГМ-рапс):

- створення стійких до гербіцидів сортів (наприклад, стійких до гліфосату або глюфосинату амонію), що дозволяє ефективніше боротися з бур'янами;
- виведення сортів, стійких до комах-шкідників, завдяки впровадженню Bt-генів (бактеріальних токсинів проти комах).

2. Геномне редагування (CRISPR/Cas9):

- покращення жирнокислотного складу олії (збільшення вмісту олеїнової кислоти, зниження рівня ерукової кислоти);
- модифікація генів для підвищення стійкості до посухи, грибкових захворювань та низьких температур.

3. Тканинна культура та клональне розмноження:

- використання in vitro методів для отримання генетично однорідного та високопродуктивного посадкового матеріалу;
- використання мікропропагації для прискореного розмноження елітних сортів.

4. Біотехнологія у виробництві біопалива:

- використання спеціальних штамів мікроорганізмів для покращеного ферментативного розщеплення олії рапсу на біодизель;
- генетична модифікація рапсу для збільшення вмісту жирів, що підвищує вихід біопалива [1].

Хочеться окремо виділити останній напрямок, адже використання біотехнології у виробництві біопалива сприяє підвищенню ефективності та екологічності цього процесу. Ферментативне розщеплення олії рапсу за допомогою мікроорганізмів дозволяє отримати біодизель без використання агресивних хімічних реагентів, знижуючи витрати енергії та кількість шкідливих відходів. Генетична модифікація рапсу для збільшення вмісту жирів підвищує вихід біопалива, що робить виробництво більш рентабельним та зменшує потребу у великих посівних площах. Таким чином, біотехнологічні підходи допомагають отримати більше якісного біодизеля при мінімальних екологічних ризиках.

Спеціальні штами мікроорганізмів відіграють ключову роль у процесі ферментативного розщеплення олії рапсу для виробництва біодизеля. Ці мікроорганізми,

зокрема бактерії та гриби, здатні синтезувати ферменти (ліпази), які ефективно розкладають жири на простіші сполуки. Завдяки цьому процесу отримується високоочищений біодизель із покращеними характеристиками, що забезпечує його ефективне використання в двигунах внутрішнього згоряння. Біотехнологічні методи дозволяють не тільки підвищити вихід пального, але й зробити виробництво більш екологічним, скорочуючи кількість хімічних відходів та енергозатрати [2].

Генетична модифікація рапсу дозволяє підвищити вміст жирів у його насінні, що, у свою чергу, збільшує вихід біопалива. Завдяки впровадженню змін у генетичний код рослини можна активізувати процеси накопичення ліпідів і зменшити синтез небажаних сполук. Це сприяє отриманню більшої кількості олії з кожної тони врожаю, роблячи виробництво біодизеля економічно вигіднішим. Такий підхід допомагає не лише покращити ефективність переробки, а й зробити альтернативні види пального більш доступними та екологічно чистими.

Перспективи біотехнології рапсу в Україні мають наступні тенденції:

- збільшення виробництва екологічно чистого біодизеля, що зменшує залежність від традиційних нафтопродуктів;
- розвиток нових стійких до змін клімату сортів, що дозволить адаптуватися до несприятливих погодних умов;
- розширення експорту високоякісної рапсової олії** завдяки покращенню її складу та властивостей [3].

Висновки. Біотехнологія відкриває широкі можливості для підвищення ефективності вирощування рапсу, його якості та стійкості до зовнішніх факторів. Інноваційні методи дозволяють не лише збільшити врожайність, але й зробити рапс ключовою культурою для біоекономіки майбутнього, особливо у виробництві харчових продуктів, біопалива та біоматеріалів.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Золотарьов Ю. М. // Глобальні проблеми біотехнології: монографія. 2008. 150 – 165.
2. Кляченко О.Л., Мельничук М. Д., Іванова Т. В. // Екологічні біотехнології: теорія і практика: навчальний посібник. 2015. 254 с.
3. Стахурський М.С. // Біотехнологічні аспекти отримання біопалива з агробіомаси: кваліфікаційна робота за спеціальністю 162 – Біотехнологія та біоінженерія. 2023. 80 с.

ЕКОЛОГІЧНА БІОТЕХНОЛОГІЯ: ЕКОЛОГО-ЗБАЛАНСОВАНЕ ВОДОКОРИСТУВАННЯ

С.М. Маджд

Національний університет харчових технологій, м. Київ, Україна,
професор кафедри екології та екоменеджменту, madzhd@ukr.net

Вступ. Застарілі та низькоефективні технології відновлення якісних характеристик водних ресурсів, зростаючі обсяги водокористування стали основною причиною нераціонального використання водних ресурсів та погіршення стану поверхневих водойм [1, 2]. Оцінка та удосконалення технологічних схем очищення стічних вод підприємств з високим рівнем антропогенного навантаження на водні екосистеми, є досить актуальною проблемою, оскільки якість поверхневих вод прямо залежить від ефективності роботи очисних споруд та ступеню їх очищення. Підприємства авіаційної галузі, як цивільної так і військової належать саме до таких підприємств, що чинять згубний вплив на стан поверхневих водойм [3, 4]. В районах розташування аеропортів та аеродромів водойми, що протікають вздовж них,

перебувають під інтенсивним згубним їх впливом і потребують розроблення негайних механізмів з відновлення їх якісних показників. Одних із таких практичних механізмів є біотехнології, зокрема фітотехнології, що засновані на природних механізмах самовідновлення [5, 6].

Мета – розробити екологічні біотехнології на основі рослинних угруповань з високим рівнем здатності до невілювання забруднюючих речовин у поверхневих водоймах, що протікають вздовж підприємств з високим рівнем антропогенного навантаження, на прикладі підприємств авіаційної галузі.

Методи. Застосовано аналітичний метод з подальшим застосуванням методів систематизації та узагальнення отриманих результатів та експериментальні методи лабораторних досліджень.

Результати та їх інтерпретація. Враховуючи результати моніторингових досліджень останніх років, поверхневі водні об'єкти, що протікають вздовж аеропортів та аеродромів перевищують нормативні значення за показником споживання кисню майже в 2 рази, біохімічного споживання кисню в 16,25 рази, азоту амонійного майже в 95 разів та нітритів у 52,5 рази. До найпоширеніших важких металів які надходять зі зворотніми водами авіаційних підприємств до поверхневих водойм, відносяться мідь, хром, цинк та свинець, вміст яких у зворотних водах перевищує нормативні концентрації у 2,0, 2,2, 1,7 і 1,2 рази відповідно. Основними ж забруднювачами авіапідприємств є нафтові вуглеводні, вміст яких після проходження очисних споруд перевищує нормативні значення у 260 разів [3, 8]. Отримані результати свідчать, що якість стічної води за вмістом металів: міді, свинцю, хрому та цинку є слабо забрудненою та помірно забрудненою. Разом з тим, за вмістом амонійного, нітритного та нітратного азоту в усі періоди досліджень стічні води характеризуються як дуже брудні. За величиною показника біохімічного споживання кисню та вмісту нафтових вуглеводнів вода належить до категорії дуже брудної по всьому діапазону значень. При цьому концентрація нафтопродуктів мінімально в 10, а за середніми значеннями в 40 разів перевищує межу, за якою вода характеризується як брудна та дуже погана. Виходячи з цього, зворотні води авіаційних підприємств за показником біохімічного споживання кисню, вмістом мінерального азоту та нафтопродуктів слід віднести до категорії дуже брудних вод.

Проаналізувавши склад стічних вод авіаційних підприємств стає очевидною доцільність модернізації основних типів існуючих очисних установок і доповнення їх фітотехнологіями, які дозволять оптимізувати існуючу систему очищення. Для цього запропоновано ввести блок біологічної доочистки у природних умовах з використанням фітотехнологій. Модернізація технологічної схеми очищення стічних вод авіаційних підприємств зводиться до наступних етапів: механічне очищення (відстійники, пісковловлювачі), біологічне очищення (плаваючі балони з біодеструкторами), фітотехнологія (гідрофітна інженерна споруда у природних умовах). Застосування фітотехнологій на підприємствах які інтенсивно забруднюють поверхневі води, на прикладі авіаційних підприємств, досить вдало себе зарекомендували як з позицій екологічної так і з позицій економічної доцільності. Це обумовлено тим, що методи які традиційно застосовують для очищення стічних вод (хімічні, фізико-хімічні), здебільшого не дозволяють забезпечити нормативні значення концентрацій забруднюючих речовин, що надходять до поверхневих водойм [2, 6] і саме тому необхідне створення більш ефективних, екологічно безпечних і економічно рентабельних екологічних технологій відновлення якості поверхневих водойм, таких як фітотехнології, яким сьогодні в світі приділяється підвищена увага.

Висновки. Отримані результати ступеня забруднення та якості стічних вод авіаційних підприємств свідчать, про їх значний внесок у забруднення поверхневих водойм, що протікають повз них. І саме тому, для зменшення рівня забруднення поверхневих вод в зоні підприємств авіації галузі необхідно забезпечити модернізацію очисних споруд даних підприємств із застосуванням сучасних екологічних технологій – фітотехнологій. Адже фітотехнології – це сучасні технології, що базуються на використанні природних процесів самоочищення водойм за участю водневої біоти та вищої водневої рослинності.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Маджд С. М. // Challenges in science of nowadays: I Міжнар. наук.-практич. конф. Washington, USA. 2019. 101–104.

2. Лапань О.В., Міхєєв О.В. та ін. // Ядерна фізика та енергетика. 2020. 22(2): 172–177. https://doi.org/10.15407/jnpae2020.02.172

3. Isaenko V.M. et al. // Фізико-математичне моделювання та інформаційні технології 2020. 3(30): 41–49. https://doi.org/10.15407/fmmit2020.30.041

4. Ісаєнко В.М. та ін. // Екологічна безпека та технології захисту довкілля. 2021. 1: 12–16.

5. Міхєєв О.М. та ін. // Доповіді Національної академії наук України. 2022. 3: 92–98. https://doi.org/10.15407/dopovidi2022.03.092

6. Маджд С.М. // Проект відновлення Каховської гідроелектростанції задля сталого розвитку суспільства. «Екологія, ресурси, енергія»: Міжнарод. наук.-практич. Конф. 2023. 29.

7. Маджд С.М. // Біологія та екологія. 2024. 1: 78-83. https://doi.org/10.33989/2024.10.1.306017

8. Маджд С.М. // «Євроінтеграція екологічної політики України»: VI Всеукраїнської наук.-практич. конф. 2024. 282–284.

МОДИФІКАЦІЯ ФУЛЕРЕНОМ C_{60} НЕГАТИВНОЇ ДІЇ ПОСУХИ НА МІКРОЗЕЛЕНЬ ГОРОХУ

С. О. Фурманець[1], С. В. Прилуцька[2]

Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна,
[1]студент, stasfurmanets@gmail.com
[2]завідувач кафедри фізіології, біохімії рослин та біоенергетики,
prylutska_svitlana@nubip.edu.ua

Сучасні кліматичні зміни, зокрема підвищення температури та нерівномірний розподіл опадів, призводять до зростання частоти посух, що істотно загрожує продуктивності сільськогосподарських культур [1]. Нанотехнології відкривають нові перспективи для підвищення стійкості рослин до стресових факторів [2]. Особливу увагу привертають структуровані і водорозчинні вуглецеві наноматеріали (фулерени, нанотрубки тощо), які можуть сприяти зниженню втрат вологи та покращенню водного обміну, а також стимулювати ріст і біопродуктивність рослин у несприятливих умовах [3]. Фулерен C_{60} завдяки своїм унікальним антиоксидантним властивостям, здатний підтримувати фізіологічну рівновагу клітин і сприяти активації захисних реакцій під час дії абіотичних стресів [4].

Метою роботи було знизити негативну дію посухи на морфометричні та біохімічні показники рослин гороху за використання структурованих вуглецевих наночастинок фулерену C_{60}.

У роботі було використано насіння гороху сорту Есо, яке попередньо стерилізували та замочували упродовж 24 год у колоїдному водному розчині фулерену C_{60} за відповідних концентрацій — 5 мкг/мл, 10 мкг/мл, 25 мкг/мл, 50 мкг/мл. Як контроль використовували дистильовану воду. Водні розчини фулерену C_{60} було синтезовано та охарактеризовано у хімічній лабораторії Технічного університету Ільменау (Німеччина). Оцінку морфометричних, фізіологічних і біохімічних показників проводили на 14 день після обробки насіння гороху розчином фулерену C_{60}. За умов нормального поливу та водного дефіциту. Біометричні показники мікрозелені гороху оцінювали за загальноприйнятими методиками. Вміст фотосинтетичних пігментів визначали у спиртових екстрактах проростків гороху спектрофотометричним методом при оптичному поглинанні 665, 649 та 441 нм. Активність

каталази (КФ 1.11.1.6) оцінювали спектрофотометричним методом при поглинанні 410 нм. Статистичну обробку отриманих результатів було проведено за допомогою *Microsoft Excel 2016* та *GraphPad Prism 7.*

Результати досліджень. За умов регулярного поливу фулерен C_{60} не спричиняв фітотоксичної дії: морфометричні показники рослин (висота пагона, діаметр пагона, кількість листя, довжина кореня, маса рослини) за концентрацій 5–50 мкг/мл C_{60} відповідали контрольним значенням. Оптимальною концентрацією C_{60} є 25 мкг/мл, за якої спостерігали найвищі значення вмісту хлорофілу *a* (на 11,6 % вище порівняно з контролем), хлорофілу *b* (на 15,4 %) та каротиноїдів (на 8,4 %). Таким чином, попередня обробка насіння гороху фулереном C_{60} не пригнічувала ріст, а навпаки — стимулювала накопичення поживної маси в мікрозелені гороху. У дослідах з імітацією посухи ріст рослин пригнічувався, їх середня висота становила 11,69 ± 7,88 см, сира маса — 0,324 ± 0,041 г. Обробка фулереном C_{60} суттєво знижувала дію стресу: при концентрації C_{60} 25 мкг/мл рослини досягали більшої висоти (21,24 ± 7,91 см) та сирої маси (0,517 ± 0,054 г) порівняно з контролем із водним стресом. Одночасно вміст хлорофілів *a, b* та каротиноїдів у цих рослин був вищим, ніж у контрольних за умов посухи. Активність каталази залишалася практично незмінною в усіх варіантах експерименту (не залежала ні від дії C_{60}, ні від умов стресу).

Висновок. Отримані результати свідчать, що попередня обробка насіння гороху водним колоїдним розчинам фулерену C_{60} у досліджуваному діапазоні концентрацій (5 мкг/мл, 10 мкг/мл, 25 мкг/мл, 50 мкг/мл) не спричиняє фітотоксичної дії за умов оптимального водозабезпечення, а навпаки — стимулює ріст мікрозелені та посилює біосинтез фотосинтетичних пігментів. У випадку водного дефіциту після застосування фулерену C_{60} підвищувалася стійкість мікрозелені гороху до дії стресу. Відсутність змін у каталазній активності за умов регулярного поливу, посухи й обробки фулереном свідчить, що дія молекул C_{60}, ймовірно, пов’язана не з інтенсифікацією антиоксидантної системи, а з підвищенням стабільності клітинних структур і зниженням потреби у запуску стрес-індукованих захисних механізмів [5]. Таким чином, фулерен C_{60} демонструє перспективність використання у агробіотехнологіях для регуляції механізмів стресостійкості у сільськогосподарських рослин.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Abbass K., Qasim M. Z., et al. // Environmental Science and Pollution Research. 2022. 29: 42539–42559.

2. Husen A., Siddiqi K. // Journal of Nanobiotechnology. 2014. 12(1): 16.

3. Khalid M. F., Iqbal Khan R., et al. // Nanomaterials. 2022. 12(21): 3915.

4. Tkachenko T., Furmanets S. et al. // Biological Systems: Theory and Innovation. 2024. 15(3): 41–52.

5. Grebowski J., Kazmierska-Grebowska P. et al. // International Journal of Molecular Sciences. 2021. 23(1): 119.

МІКРОБІОЛОГІЧНИЙ СИНТЕЗ ТА ФІЗИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ НАНОЧАСТИНОК СЕЛЕНУ: РОЛЬ *SACCHAROMYCES CEREVISIAE* М437

М.Д. Проценко[1], О.В. Жолобко[2], О.І. Скроцька[3]

Національний університет харчових технологій, м. Київ, Україна,
[1]здобувачка ОС «магістр» кафедри біотехнології і мікробіології,
protsenko.maria.hw@gmail.com
[2]здобувач ОНС «доктор філософії» кафедри біотехнології і мікробіології,
Zholobkoov@gmail.com
[3]доцент кафедри біотехнології і мікробіології, skrotskaoi@nuft.edu.ua

Вступ. Все більшого розголосу набувають дослідження токсичних елементів за рахунок значних забруднень навколишнього середовища внаслідок антропогенної діяльності. Одним з таких елементів є селен (Se). Цей елемент може бути небезпечним через свою здатність до біоакумуляції. Однак водночас Se є необхідним мікроелементом для людей та тварин, оскільки входить до складу ферментів, які захищають клітини від окислювального стресу. Через нерівномірний розподіл даного елементу у природі, для деяких регіонів характерний дефіцит селену, у той час як в інших місцях, концентрація Se може досягати токсичних рівнів, забруднюючи ґрунти та воду [1]. У відповідь на ці виклики, біологічне відновлення селену з використанням мікроорганізмів, зокрема дріжджів, стало перспективною технологією біоремедіації. На відміну від фізико-хімічних методів, цей метод дозволяє економічно вигідно та екологічно безпечно перетворювати токсичні оксианіони селеніту (SeO_3^{2-}) на менш шкідливі наноформи елементарного селену (SeNPs) [2]. Окрім очищення навколишнього середовища, внутрішньоклітинний біосинтез наночастинок селену відкриває можливості для створення біологічно активних добавок (БАД). БАДи можуть підтримувати оптимальний рівень селену в організмах людей та тварин, запобігаючи дефіциту, що пов'язаний із порушеннями імунної системи, хронічними захворюваннями та зниженням когнітивних функцій [2, 3].

Таким чином, **метою** нашого дослідження було підтвердити можливість біосинтезу наночастинок селену при використанні дріжджів *Saccharomyces cerevisiae* М437 при відповідних умовах та параметрах, а також дослідити фізичні характеристики утворених SeNPs.

Методика. Дослідження проводили з використанням дріжджів *Saccharomyces cerevisiae* М437, з колекції живих культур кафедри біотехнології і мікробіології Національного університету харчових технологій. Культивування дріжджів здійснювали у колбах об’ємом 750 мл, в які вносили 150 мл середовища YPD (20 г/л пептону, 10 г/л дріжджового екстракту, 20 г/л глюкози, pH 6,3) за наступних параметрів: температура 30 °C, перемішування 200 об/хв, тривалість 48 год. Дріжджі культивували до досягнення OD_{600} = 2,5. Для біосинтезу SeNPs біомасу *Saccharomyces cerevisiae* М437 тричі відмивали стерильною деіонізованою водою. До відмитої біомаси вносили селеніт натрію (Na_2SeO_3) до кінцевої концентрації 1 мМ та інкубували при 30 °C та 250 об/хв. Паралельно ставили два контролі: відмиті дріжджові клітини зі стерильною деіонізованою водою без додавання Na_2SeO_3 та 1 мМ розчин Na_2SeO_3. Спостереження здійснювали протягом семи діб. На сьому добу клітини мікроскопіювали з використанням імерсійного об’єктиву (×1000) мікроскопа XS-3330 LED MICROmed. Спектри поглинання зразків супернатанту вимірювали з використанням спектрофотометра UV-Vis (Thermo Spectronic UV300, Spectronic Unicam, England) у діапазоні довжин хвиль 200-800 нм з роздільною здатністю 2 нм [4]. Розмір, індекс полідисперсності (PDI) та дзета-потенціал наночастинок селену вимірювали із застосуванням приладу Zetasizer Nano ZS [5].

Результати. Після додавання селеніту натрію до *Saccharomyces cerevisiae* М437 колір клітин з молочного почав змінюватись на рожевий вже через одну добу, а на сьому добу став насичено червоним. Червоний колір є характерним для алотропної форми елементарного

селену, тому свідчить про формування SeNPs [6]. На 5-7 добу експерименту ми спостерігали вихід біосинтезованих наночастинок селену з клітин у розчин. Про це свідчило характерне блідо червоне забарвлення супернатанту після центрифугування відібраного зразку. Під час мікроскопії досліджуваних клітин на сьому добу експерименту ми спостерігали скупчення вкраплень у клітинах та поза ними у зразках з внесеним селенітом натрію, на відміну від нативних клітин з однорідною цитоплазмою. Це корелює з підтвердженими випадками внутрішньоклітинного біосинтезу SeNPs та подальшого вивільнення наночастинок у позаклітинний простір без порушення цілісності дріжджових клітини. Даний механізм є позитивним аспектом, оскільки полегшує процеси виділення та очищення біосинтезованих SeNPs [7]. УФ-спектрофотометрія зразків виявила пік поглинання при 252 нм у діапазоні довжин хвиль 200-800 нм, що підтверджує наявність SeNPs. Наші результати збігаються з раніше описаними дослідженнями [8]. Під час вимірювання розмірів біосинтезованих наночастинок селену методом динамічного розсіювання світла (DLS) ми встановили, що їх середній гідродинамічний діаметр становив 179,3 нм. Це значення є більшим порівняно з розмірами, що зазвичай визначаються методами електронної мікроскопії. Така різниця зумовлена специфікою методу DLS, який вимірює не лише розмір кристалічних ядер наночастинок, але й враховує органічну оболонку, що оточує частинки у колоїдному розчині. Встановлено, що дана оболонка забезпечує стабільність та біодоступність SeNPs [4]. Важливим показником поверхневого заряду наночасток є дзета-потенціал, адже саме з цим показником пов'язана їх дисперсність та стабільність. Для біосинтезованих SeNPs дзета-потенціал становив -16,2 мВ. Чим більше значення негативного дзета-потенціалу тим більш стабільним та дисперсним є розчин наночастинок [9]. Індекс полідисперсності (PdI) біосинтезованих SeNPs склав 0,2. PdI є важливим параметром при оцінці якості колоїдних розчинів наночастинок, оскільки свідчить про ступінь агрегації, стабільність системи та відтворюваність синтезу. Показник PdI в діапазоні 0,1-0,3 вказує на помірну полідисперсність і є прийнятним для більшості наноматеріалів. Таким чином отримане нами значення PdI 0,2 вказує на розподіл наночастинок селену у вузькому діапазоні значень і відсутність агрегації. Отримані нами результати корелюють із результатами інших авторів [10].

Висновки. Підтверджено здатність дріжджів *Saccharomyces cerevisiae* M437 до біосинтезу наночастинок селену. Спостереження зміни забарвлення клітин та наявність вкраплень у цитоплазмі й поза нею свідчать про утворення та вивільнення SeNPs у позаклітинний простір. Також ми визначили фізичні характеристики біосинтезованих наночастинок селену, зокрема їх гідродинамічний діаметр, індекс полідисперсності та дзета-потенціал. Таким чином, *Saccharomyces cerevisiae* M437 є ефективним об'єктом для екологічного синтезу SeNPs з перспективами подальшого використання в різних галузях.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Werkneh A. A. et al. // Environmental Challenges. 2023. 11: 100698.
2. Dutta N. et al. // Journal of Agriculture and Educafion Research. 2024. 2(3): 1-6.
3. Ferrari L. et al. // Animal Nutrition. 2023. 14: 193-203.
4. Hashem A. H. et al. // Plants. 2023. 12(18): 3288.
5. Nwoko K. C. et al. // Journal of Chromatography A. 2021. 1642: 462022.
6. Tan, L C. et al. // Biotechnology advances. 2016. 34(5): 886–907.
7. Sajnóg A. et al. // Journal of Analytical Atomic Spectrometry. 2023. 38(11): 2448-2457.
8. Saied E. et al. // Crystals. 2023. 13(3): 450.
9. Ullah A. et al. // Molecules. 2021. 26(18): 5559.
10. Faramarzi S. et al. // Archives of microbiology. 2020. 202(5): 1203-1209.

ВПЛИВ МАГНІЮ НА ВИХІД ДРІЖДЖІВ *SACCHAROMYCES CEREVISIAE*

Д.О. Хоміцький

Національний університет «Львівська Політехніка», Львів, Україна,
аспірант, denys.o.khomitskyi@lpnu.ua

Saccharomyces cerevisiae є ключовим мікроорганізмом у багатьох біотехнологічних процесах, включаючи виробництво хлібопекарських дріжджів, етанолу та інших цінних продуктів [1]. Меляса, як побічний продукт цукрового виробництва, є доступним та економічно вигідним субстратом для культивування дріжджів завдяки високому вмісту цукрів. Однак, склад меляси може варіюватися, і вона часто є дефіцитною за певними життєво важливими поживними речовинами, що може обмежувати ріст дріжджів та ефективність утилізації цукрів. Серед таких елементів важливу роль відіграє магній, який є кофактором численних ферментів, залучених до метаболізму цукрів, синтезу білків та нуклеїнових кислот, а також підтримання цілісності клітинної мембрани. Недостатнє дозування магнію може негативно впливати на швидкість росту дріжджів та кінцевий вихід біомаси [2].

Метою даної роботи є оптимізація концентрації іонів магнію в живильному середовищі на основі меляси для максимізації виходу біомаси *Saccharomyces cerevisiae* та підвищення ефективності утилізації засвоюваних цукрів меляси в процесі періодичного культивування.

Для досягнення поставленої мети було проведено серію експериментів з культивування хлібопекарського штаму *Saccharomyces cerevisiae* у промислових ферментерах. Як основний субстрат використовували розведену мелясу з вмістом засвоюваних цукрів 340 г/л. Для приготуванні культурального середовища використовували підготовлену воду з додаванням солей $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ - 18 мг/л; $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ - 0,06 мг/л та вітамінів B1 – 7,6 мг/л; B5 – 7,0 мг/л; B6 – 4,0 мг/л; Біотин – 0,11 мг/л. Як основний субстрат використовували розведену мелясу з вмістом засвоюваних цукрів 340 г/л, як джерело азоту використовували аміачну воду в розрахунку на цільовий білок в дріжджовій клітині 44,5% та як джерело фосфору використовували ортофосфорну кислоту в розрахунку на цільову концентрацію P_2O_5 в дріжджовій клітині 2,1%. Додатково на приготування культурального середовища задавали різні концентрації солі магнію (150; 180; 240; 290 г/л $MgSO_4$ безводний) для варіювання вмісту іонів Mg^{2+} у середовищі. Культивування проводили за стандартних умов (температура, pH, концентрація спирту, аерація), контролюючи параметри росту у динаміці. Обрахунок кількості АСБ вирощених дріжджів проводили з визначенням сухих речовин в перерахунку на об'єм та густину дріжджового концентрату одержаного після сепарації. Вихід біомаси дріжджів визначали в перерахунку на цукри меляси що було задано під час вирощування.

Проведені експерименти показали значний вплив концентрації іонів магнію на ріст та вихід дріжджів *Saccharomyces cerevisiae*. При концентрації солі магнію 150 г/л спостерігалося уповільнення росту і погіршення засвоєння азоту дріжджами. Вихід біомаси по цукрах меляси становив 49,3 %. При збільшенні концентрації солі до 180 г/л зафіксовано вихід 51,3 %, а при концентрації 240 г/л - 53,5 %.

Таким чином, оптимальна концентрація магній сульфату 240 г/л забезпечувала максимальний приріст біомаси дріжджів та близький до максимального (54 %) вихід по цукрах меляси. Варто зазначити, що подальше збільшення концентрації солі магнію до 290 г/л не призводило до подальшого збільшення виходу біомаси, але і не мало інгібуючого впливу на приріст біомаси дріжджів. Отримані результати підтверджують критичну роль магнію як необхідного мікроелемента для ефективного метаболізму *Saccharomyces cerevisiae* та інтенсивного росту на мелясі. Оптимальне дозування магнію дозволяє повною мірою реалізувати потенціал меляси як субстрату, забезпечуючи високий вихід цільового продукту – біомаси дріжджів.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1 Parapouli, M., Vasileiadis, A., Afendra, A.-S., Hatziloukas, E. // *AIMS Microbiology*. 2020. 1: 1-31.

2. Walker I. O. // Yeast physiology and biotechnology. 1998. 3: 52-61.

МОДЕЛЮВАННЯ БІОМАТЕРІАЛІВ VEGF-МОДУЛЬОВАНИМИ СИСТЕМАМИ ДЛЯ СТИМУЛЯЦІЇ АНГІОГЕНЕЗУ

Г.Д. Буренькова[1], А.П. Бєлінська[2]

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків, Україна
[1]здобувач другого (магістерського) рівня вищої освіти, Hanna.Burenkova@ihti.khpi.edu.ua
[2]доцентка кафедри біотехнології, біофізики та аналітичної хімії, Anna.Bielinska@khpi.edu.ua

У сучасній регенеративній медицині ключовим викликом залишається створення функціональних васкуляризованих тканинних конструкцій, де VEGF (фактор росту судинного ендотелію) виступає центральним біологічним регулятором ангіогенезу. VEGF-A, основна ізоформа, взаємодіє з рецепторами VEGFR-1 та VEGFR-2 на ендотеліальних клітинах, активуючи сигнальні шляхи (наприклад, PI3K/Akt та MAPK/ERK), які регулюють клітинну міграцію, проліферацію та виживання. Однак короткий період напіврозпаду білка *in vivo* (менше 30 хвилін) та його здатність до неспецифічної дифузії обмежують клінічну ефективність. Для подолання цих обмежень інтеграція VEGF у біоматеріали (гідрогелі, нановолокна, 3D-каркаси) використовує механізми фізичної адсорбції або ковалентного зв'язування через біоортогональні реакції (наприклад, "click-хімію" або SH-групи). Наприклад, функціоналізація фібринових гідрогелів VEGF через імідазольні лінкери забезпечує стабільність білка протягом 14 діб in vitro. Такі системи імітують фізіологічні умови для проліферації ендотеліальних клітин та формування капілярних мереж, що є критичним для живлення трансплантованих тканин. Сучасні біотехнологічні підходи базуються на розробці систем із просторово-часово контрольованим вивільненням VEGF. Полімерні носії з модифікованою пористістю (наприклад, полілактид-кое-гліколева кислота, PLGA) або pH-чутливі гідрогелі (на основі хітозану або гіалуронової кислоти) забезпечують тривалу біоактивність білка in vivo шляхом поступового розщеплення матриксу під дією тканинних ензимів або локальних змін pH. Дослідження in vivo на моделях критичного дефекту кістки демонструють, що PLGA-мікрочастинки з інкапсульованим VEGF збільшують щільність кровоносних судин на 70 % порівняно зі стандартними методами. Додатково, біоміметичні підходи включають імітацію базальної мембрани капілярів завдяки композитним матеріалам (наприклад, колаген/еластин з VEGF), що активують інтегринові рецептори (αvβ3) ендотеліальних клітин, посилюючи адгезію та трубкоутворення [1].

Однією з ключових проблем є оптимізація кінетики вивільнення VEGF, оскільки надмірна концентрація може спровокувати патологічний ангіогенез (наприклад, пухлинний або гіперплазію судин), тоді як недостатня – призвести до некрозу тканин через недостатнє кровопостачання. Динаміка вивільнення залежить не лише від початкової дози, але й від зв'язувальної афінності VEGF до матриксу та швидкості біодеградації носія. Наприклад, полімери з високою кристалічністю (на кшталт полі-L-лактиду) уповільнюють вивільнення білка порівняно з аморфними аналогами. Для вирішення цих обмежень застосовуються комбіновані системи, де VEGF поєднується з іншими факторами росту, такими як FGF-2 (фактор росту фібробластів-2) для ініціації судинного розгалуження або TGF-β1 для стабілізації перицитів. Крім того, використання інгібіторів металопротеаз (наприклад, TIMP-

3) запобігає деградації екстрацелюлярного матриксу, зберігаючи структурну цілісність судинних мереж.

Гібридні нановолокна на основі полікапролактону, функціоналізовані VEGF та гепарином, демонструють синергічний ефект: гепарин стабілізує VEGF, посилюючи його зв'язування з рецепторами VEGFR-2, а також модулює активність антитромбіну III для запобігання тромбозу в зонах ішемії. У дослідженні на щурах з інфарктом міокарда такі системи збільшили щільність капілярів на 45 % порівняно з монотерапією VEGF, а також стимулювали формування зрілих судин із гладеньком'язовим шаром [2].

Перспективним напрямком є використання генно-інженерних підходів, де модифіковані клітини-продуценти VEGF вбудовуються у біоматеріали. Такі системи забезпечують локальну продукцію білка у відповідь на фізіологічні сигнали (наприклад, гіпоксію), що імітує природні механізми регенерації. Дослідження на моделях хронічних ран демонструють, що VEGF-експресуючі фібробласти, іммобілізовані в альгінатних гідрогелях, прискорюють загоєння на 40% порівняно з традиційними методами [3]. Важливу роль відіграє моделювання біомеханічних властивостей матеріалів. Наприклад, еластичність каркасів із поліетиленгліколю впливає на орієнтацію ендотеліальних клітин та формування анастомозів, а механічні стимули (наприклад, циклічне розтягнення) підсилюють VEGF-залежну міграцію клітин. Інтеграція мікрофлюїдних систем у 3D-біодруковані конструкції дозволяє відтворити гемодинамічні умови, необхідні для формування функціональних судинних мереж [4].

Для подолання обмежень, пов'язаних із швидкою деградацією VEGF, розробляються нанотехнологічні рішення, які не лише стабілізують білок, але й забезпечують його цілеспрямовану дію. Ліпосоми з PEG-покриттям зменшують імуногенність і продовжують час циркуляції в кровоносній системі, захищаючи VEGF від протеолітичних ферментів. Дендримери третього покоління (наприклад, поліамідоамінові) з поверхневими карбоксильними групами дозволяють ковалентне зв'язування VEGF через NHS-активовані лінкери, забезпечуючи високу афінність до рецепторів VEGFR-2. Полімерні міцели на основі поліетиленоксиду-полікапролактону (PEG-PCL), функціоналізовані pH-чутливими сполуками, активують вивільнення білка лише в гіпоксичних зонах (pH 6.5–6.8), що характерно для ішемічних тканин. Цільова доставка посилюється за рахунок функціоналізації наноносіїв біомаркерами, такими як антитіла до αvβ3-інтегрінів, які селективно зв'язуються з проліферуючими ендотеліальними клітинами. Наприклад, експерименти на моделях периферичної артеріальної хвороби показали, що ліпосоми з анти-CD34-антитілами збільшують накопичення VEGF у ішемічних м'язах у 3.5 рази порівняно з нефункціоналізованими аналогами [3]. Дослідження in vivo на моделях діабетичної ретинопатії підтверджують, що наноінкапсульований VEGF зберігає ефективність при зниженій дозі на 60 % порівняно зі стандартними препаратами. Це досягається завдяки запобіганню окисненню білка та збереженню його конформації під час транспорту. Наприклад, дендримерні носії з VEGF демонструють 90 % збереження біоактивності через 72 години in vitro, тоді як вільний VEGF втрачає 80 % активності вже через 12 годин [2].

Майбутній розвиток напрямку включає створення "розумних" біоматеріалів, які адаптують вивільнення VEGF у реальному часі на основі даних біосенсорів (наприклад, рівня кисню чи pH). Такі системи вже тестуються в комбінації з штучним інтелектом для прогнозування динаміки ангіогенезу в індивідуальних пацієнтів. Це відкриває перспективи для персоналізованої регенеративної терапії, зокрема у лікуванні серцево-судинних захворювань та критичних дефектів тканин. VEGF-модульовані біоматеріали є потужним інструментом тканинної інженерії, що поєднує біологічні, матеріальні та інженерні підходи. Їх раціональний дизайн дозволить подолати бар'єри клінічного застосування штучних тканин і забезпечити прорыв у регенеративній медицині.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Abhinand C.S., Raju R., Soumya S.J., Arya P.S., Sudhakaran P.R. // *Scientific Reports*. 2016. 6: 37066.
2. Wang Y., Zhang H., Liu X. // *Journal of Molecular and Cellular Cardiology*. 2018. 121: 221–229.
3. Zhang Y., Liu J., Wang X. // *Journal of Cellular and Molecular Medicine*. 2020. 24(3): 1923–1933.
4. Li Y., Zhang Q., Chen X. // *Biochemical and Biophysical Research Communications*. 2019. 516 (3): 788–794.

АСПЕКТИ ОДЕРЖАННЯ АНТОЦІАНІВ ЕКСТРАКЦІЄЮ РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ ЗА УЧАСТІ ФЕРМЕНТУ

А.Є. Кулаківська[1], Р.Т. Конечна[2]

[1,2] Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів, Україна,
anastasiia.kulakivska.mnbtm.2024@lpnu.ua
roksolana.t.konechna@lpnu.ua

Антоціани – це рослинні водорозчинні пігменти червоного та фіолетового забарвлення, що відносяться до фенольних сполук. Дані пігменти широко поширені у рослинах, володіють антиоксидантними і протизапальними властивостями та можуть бути використані як барвники для харчових продуктів. Антоціани зв'зані з компонентами клітинної стінки у вакуолях рослинних клітин. Недоліками традиційних методів вилучення цих сполук, зокрема екстракції розчинником, є низький вихід та вплив процесу екстракції на погіршення якості отриманого екстракту. Екстракція за участі ферменту – є некласичним методом екстракції та базується на використанні ферментів для розщеплення зв'язків між фенольними сполуками і клітинною стінкою, вивільняючи вищі концентрації біологічно активних речовин [1, 2].

Метою даної роботи було проаналізувати аспекти використання ферментної екстракції для отримання антоціанів з рослинної сировини та оцінити їх перевагу. Для реалізації поставленої мети було опрацьовано сучасні дані наукових літературних джерел за темою дослідження.

В результаті проведеного аналізу встановлено, що вченими Федерального університету Ріо-де-Жанейро (Бразилія) використано для дослідження пелюстки найпопулярнішої декоративної рослини *Rosaceae* (троянди) зі спеціальних збірників флористичних відходів для одержання сталого барвника на основі антоціанів – ціанін, пеонін. Найкраще вилучалися за умов: 0,25 відношення сировини до розчинника, 6,5% етанол, 0,7 % ферменту (Viscozyme® and Ultrazyme® (Sigma–Aldrich Chemical Co., США)) з максимальним вилученням фенолів 9,99 мг/г пелюсток, що було отримано за допомогою центрального композитного дизайну [2].

Екстракція антоціанів з плодів *Euterpe oleracea* Mart. (тропічна пальма) вивчалась дослідниками Університету Кадіса (Іспанія) та Середземноморським інститутом сільського господарства, навколишнього середовища та розвитку (Португалія): при екстракції за участі ферменту (пектиназа з *Aspergillus niger* (Sigma–Aldrich Chemical Co., США)) отримано 5,67±0,17 мг/г плодів, в порівнянні при мацерації (розчинник – 40 % водно-етанольна суміш) – 4,97±0,15 та ультразвуковій екстракції – 2,77±0,27 мг/г плодів. Найкращими умовами екстракції були: 0,1 г плодів у 15 мл розчинника (40% водно-етанольна суміш), pH 4, 500 одиниць ферменту, перемішування 150 об/хв, 15 хв [3].

Алігірським мусульманським університетом (Індія) було проведено ферментну екстракцію (фермент целюлаза (виробник Biolaxi Corporation, Індія)) *Solanum melongena* L. в порівнянні з мацерацією (екстрагент – вода, етанол, лимонна кислота) – 570,12 та 448,67 мг

еквівалент ціанідин-3-глікозиду/л екстракту, відповідно. Вчені встановили оптимальні умови екстракції за участі ферменту: температура 37,32 °С, концентрація 5% та час екстракції 1 год) [1].

Китайськими вченими було розкрито потенціал до використання комбінації екстракції за участі ферменту (целюлаза (Macklin Biochemical Technology Co., Ltd., Китай)) з мікрохвилями щодо плодів *Raphanus sativus*. L. (рожева редька). Найкращі умови: час 7,15 хв. при комбінованому методі, концентрація целюлази – 24,76 г/100 г, температура 49,50°С, співвідношення сировини до розчинника 59,88:1 мг/л з отриманням 6,292 мг еквіваленту ціанідин-3-глікозиду/г сировини [4].

Отже, дані дослідження показують ефективність екстракції за участі ферменту для вилучення антоціанів з рослинної сировини, як плодів так і пелюсток для використання даних біологічно активних речовин як натуральних барвників.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Amulya P., Islam R. U. // Food Chemistry X. 2023. 18: 100643.
2. Ribeiro B. D. et al // Biomass. 2024. 4(2): 429–441.
3. Alavarsa-Cascales D. et al // Agronomy. 2022. 12(10): 2327.
4. Chen L. // LWT. 2023. 187: 115312.

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕКСТРАКТІВ *MALVA SYLVESTRIS* L.

Ю. Опанович[1], О. Федоришин[2]

Національний університет «Львівська полтіехніка», м. Львів, Україна,
[1]студент, juliannaopanovych@gmail.com
[2]к.т.н., старший викладач, olha.m.fedoryshyn@lpnu.ua

Malva sylvestris L. здавна використовується народною медициною. Характеризується високою біологічною активністю через здатність накопичувати широкий спектр біологічно активних речовин (БАР), зокрема фенольних сполук, флавоноїдів, антоціанів, слизових речовин, амінокислот і аскорбінової кислоти. Становить інтерес для фармацевтичної та біотехнологічної галузей [1].

Метою дослідження було дослідити вміст основних груп БАР у 40 % та 70 % водно-етанольних екстрактах *Malva sylvestris* L. з метою визначення їхнього фітотерапевтичного потенціалу та екологічної безпечності.

Екстракти отримували наступним способом: по 5,0 г висушеної рослинної сировини поміщали в колбу, додавали відповідний екстрагент (40 % і 70 % водно-спиртовий розчин) у співвідношенні сировина/екстрагент (1:20) та настоювали для кращого виходу екстрактивних речовин в екстрагент 10 діб за кімнатної температури в темному місці. Отримані екстракти фільтрували і центрифугували 10 хв при 6000 об./хв [2, 4].

Вміст фенольних сполук визначали за допомогою спектрофотометричного аналізу з використанням модифікованого методу Фоліна-Чокальтеу. До досліджуваного розчину, розведеного у співвідношенні 1:10, додавали реактиву Фоліна, дистильованої води та насиченого розчину Na_2CO_3. Витримували 150 хв у темному місці. Оптичну густину отриманого розчину вимірювали при 760 нм. Перерахунок проводили на галову кислоту відповідно до калібрувальної кривої, яка була побудована за аналогічних умов, замінюючи аналіт розчином галової кислоти, який використовується як стандарт.

Вміст флавоноїдів визначали модифікованим спектрофотометричним методом за реакцією комплексоутворення з $AlCl_3$. До екстракту додавали етанолу, 5 % розчину $NaNO_2$, витримували 5 хв, потім додавали 10 % $AlCl_3$ і знову витримували 5 хв. Далі вносили 0,1 М

NaOH і етанолу. Після 5 хв. витримки в темному місці вимірювали оптичну густину при 510 нм. Вміст флавоноїдів розраховували за калібрувальною кривою кверцетину. Вимірювання проводили тричі для достовірності [3, 4].

Кількісне визначення суми амінокислот проводили спектрофотометрично. Оптичну густину забарвленого комплексу визначають при довжині хвилі 570 нм. Паралельно визначають оптичну густину комплексу стандартного зразка аланіну, переважаючого в сумі амінокислот з нінгідрином. Обрахунок кількості амінокислот складався з таких етапів: 1) реакція утворення забарвленого комплексу між зразками та нінгідрином; 2) аналогічна реакція зі стандартним розчином аланіну 3) порівняння на спектрофотометрі [2].

У ході наших досліджень було встановлено, що досліджувані екстракти містять значну кількість фенольних сполук, флавоноїдів, аскорбінової кислоту та амінокислоти. Кількісне визначення амінокислот засвідчило їх вміст у 40% водно-етанольному екстракті (1,07 ± 0,001 %) і у 70 % екстрактом (0,68 ± 0,001 %). Результатами спектрофотометричних досліджень були: у 40 % водно-етанольному екстракті *Malva sylvestris* L.- 1,28 ± 0,002 мг/мл, тоді як у 70 % водно-етанольному *Malva sylvestris* L. - 0,88 ± 0,03 мг/мл.

Високий вміст БАР підтверджує доцільність використання екстрактів *Malva sylvestris* L. як джерела природних антиоксидантів у виробництві фітопрепаратів. ЇЇ використання є актуальним для безпечної фітотерапії та для створення фітозасобів з прогнозованим терапевтичним ефектом.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Barros L., Carvalho A.M., Ferreira I. C. F. R. // *Food and Chemical Toxicology*. 2010. 48(6): 1466–1472.

2. Benso B., Franchin M., Massarioli A. P., Paschoal J. A., Alencar S. M., Franco G. C., Rosalen P. L. // *PLoS One*. 2016. 11(9): e0162728. doi: 10.1371/journal.pone.0162728.

3. Esteves P. F., Sato A., Esquibel M. A., De Campos-Buzzi F., Meira A. V., Cechinel-Filho V. // *Latin American Journal of Pharmacy*. 2009. 28(3): 454–456.

4. Karpiuk V., Konechnyi Yu., Yaremkevych O., Karpiuk I., Mylyanych A., Krvavych A., Konechna R. // *Research Journal Pharmacy and Technology*. 2024. 17(12): 5673-5679. doi: 10.52711/0974-360X.2024.00864

USE OF LACTOBACILLI AS ANTIBIOTICS

A. Perviakova[1], V. Borovkova [2]

State Biotechnological University, Kharkiv, Ukraine,
[1]student, np099384@gmail.com
[2]associate professor, vika_borovkova@ukr.net

Antibiotic resistance represents a critical global threat that may soon render even the most common bacterial infections untreatable. In light of this, researchers are increasingly focused on identifying viable alternatives to conventional antibiotics. One promising approach involves the use of lactobacilli, which inhibit antimicrobial properties through various mechanisms. Current research efforts are aimed at elucidating these mechanisms of action, optimizing cultivation conditions, and developing clinically applicable formulations. Future studies may facilitate the integration of lactobacilli into modern therapeutic protocols, positioning them as effective agents in the prevention and treatment of infectious diseases.

Recent studies confirm that lactobacilli produce bacteriocins, organic acids, and hydrogen peroxide, all of which exhibit significant antimicrobial activity. For example, bacteriocins derived from *Lactobacillus plantarum* have shown high efficacy against *Staphylococcus aureus* and

Escherichia coli. Organic acids contribute to pathogen inhibition by lowering the environmental pH, thereby creating unfavorable conditions for microbial growth. Additionally, various studies have demonstrated the bioactive role of lactobacilli as antimicrobial agents, probiotics, and immunomodulators, particularly in veterinary applications. Therefore, bacteriocins are considered a promising alternative for use in veterinary medicine and, potentially, in human healthcare. Moreover, the use of lactobacilli may help avoid adverse effects commonly associated with broad-spectrum antibiotics, such as the disruption of beneficial microbiota, making them a potentially safer therapeutic option. Some researchers propose employing lactobacilli as a basis for the development of probiotic formulations effective in preventing and treating infections, especially in cases where conventional antibiotics fail. The author's approach involves the development of combined preparations that integrate lactobacilli with other bioactive components to enhance their antimicrobial efficacy.

However, the application of lactobacilli as antimicrobial agents is associated with several limitations, primarily related to their specificity and the need for adaptation to the human body's internal environment. Lactobacilli often demonstrate antimicrobial activity that is limited to certain types of pathogens. For instance, bacteriocins produced by various lactobacillus strains typically possess a narrow spectrum of action, which may be insufficient for treating polymicrobial infections. This limits their universality and necessitates a strain-specific approach tailored to individual clinical cases. Furthermore, the harsh conditions of the gastrointestinal tract — such as high stomach acidity, bile acids, and digestive enzymes — can reduce the viability of lactobacilli, thereby decreasing their therapeutic efficacy. Effective treatment also requires successful colonization of the intestinal mucosa, which is challenged by competition with other microorganisms. Another unresolved issue is the potential impact of completely replacing the native gut microbiota with lactobacilli. While this scenario remains largely theoretical, it is assumed that such a drastic shift would not be beneficial, highlighting the importance of controlled bacterial proliferation. To overcome these challenges, researchers are developing specialised delivery systems, such as protective capsules or matrices, to shield lactobacilli from the hostile gastric environment. Additionally, genetically engineered strains with broader antimicrobial spectra and enhanced resistance to psychological conditions are being explored to increase the clinical potential of lactobacilli-based therapies.

Thus, lactobacilli possess significant potential in combating resistant pathogens, making them a promising focus of research in modern medicine. However, for their effective therapeutic application, further investigations are required. These should focus on understanding the mechanisms by which lactobacilli adapt to the human body, as well as on developing advanced delivery technologies to enhance their viability and functionality. Additionally, it is crucial to study the interaction of lactobacilli with other components of the microbiota in order to optimise their interaction into therapeutic strategies.

REFERENCES

1. T.R.Klaenhammer // Biochimie. 1988. 70(3): 377-349. DOI: Bacteriocins of lactic acid bacteria - ScienceDirect

2. Hernández-González J. C., Martínez-Tapia A., Lazcano-Hernández G., García-Pérez B. E., Castrejón-Jiménez N. S. // Animals. 2021. 11(4): 979. DOI: https://doi.org/10.3390/ani1104097

3. Sanam M. U. E., Detha A. I. R., Rohi N. K. // Journal of Advanced Veterinary and Animal Research. 2022. 9(1): 53–58. https://doi.org/10.5455/javar.2022.i568

ТЕХНІЧНЕ ПЕРЕОСНАЩЕННЯ ВИРОБНИЦТВА ЙОГУРТУ З ПРОБІОТИКАМИ

В.С. Сємєшина

Національний фармацевтичний університет, м. Харків, Україна,
veronikasemeshina2025@gmail.com

Сучасні тенденції розвитку харчової промисловості свідчать про необхідність удосконалення технології виробництва функціональних молочних продуктів, зокрема йогуртів, з метою підвищення їх харчової цінності та пробіотичного потенціалу. Технічне переоснащення виробництва відіграє важливу роль у забезпеченні високої якості кінцевого продукту, стабільності пробіотичних культур та відповідності вимогам споживачів щодо біологічної активності та безпечності.

Окрім класичних параметрів, таких як гомогенізація, пастеризація та ферментація, важливим аспектом модернізації є застосування інноваційних підходів для підтримки життєздатності пробіотичних мікроорганізмів на всіх етапах виробничого процесу. Це включає використання сучасних біореакторів, отпимізацію параметрів посіву, мікрокапсулювання для захисту пробіотиків від зовнішніх впливів та автоматизовані системи моніторінгу параметрів навколишнього середовища . Особливу увагу приділено використанню ліофілізованих пробіотичних компонентів**,** таких як *Lactobacillus* та *Bifidobacterium*, які потребують точного дотримання умов культивування, температурного режиму та рівню pH при внесенні у ферментоване молоко для збереження їхньої біологічної активності.

Іншим важливим завданням є розробка методів аналізу якості кінцевого продукту. Адгезивні властивості пробіотичних бактерій до клітин кишкового епітелію є одним з ключових показників ефективності функіональних йогуртів, що вимагає використання нових мікробіологічних та фізико-хімічних методів аналізу.

З перспективи біотехнології, модернізація виробництва йогурту з пробіотиками веде не лише до покращення стійкості та життєздатності корисних мікроорганізмів, а й до збільшення контролю над технологічним процесом. Використання біореакторів з чіткою регуляцією показників (pH , температури, редокс-потенціалу) створює ідеальні умови для росту та метаболізму пробіотичних штамів. Перспективною технологією є іммобілізація клітин чи мікрокапсулювання, що гарантує захист мікроорганізмів від агресії шлункового соку, збільшуючи ефективність колонізації кишечника . У випадку з ліофілізованими культурами *Lactobacillus* і *Bifidobacterium*, додаткове капсуляційне покриття значно підвищує виживаність у шлунково-кишковому тракті.

До того ж, вдосконалення методів моніторінгу у режимі реального часу дозволяє оперативно реагувати на відхилення у процесі ферментації, що підвищує відтворюваність якості кінцевого продукту. Сучасні методи контролю, зокрема ПЛР-діагностика для підтвердження наявності та ідентифікації пробіотичних культур, а також використання метоболоміки для аналізу профілю ферментації, відкривають нові можливості для оптимізації рецептури та досягнення стабільного пробіотичного ефекту .

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ БІОТЕХНОЛОГІЧНИХ КОРМОВИХ ДОБАВОК ДЛЯ ВЕЛИКОЇ РОГАТОЇ ХУДОБИ НА ОСНОВІ ДРІЖДЖІВ *SACCHAROMYCES CEREVISIAE*

Д.С. Верхолаз[1], Д.М. Пилипенко[2]

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна,
[1]здобувач кафедри біотехнології, молекулярної біології та водних біоресурсів,
verkholazdara989@gmail.com
[2]доцент кафедри біотехнології, молекулярної біології та водних біоресурсів,
pdmforwork@btu.kharkiv.ua

Кормові добавки використовуються у складі кормів для тварин з метою покращення темпів приросту живої ваги та ефективності годівлі тварин, а також для профілактики та контролю захворювань. Серед широкого спектру кормових добавок особливий інтерес представляють пробітичні штами.

Пробіотики – це живі мікробні кормові добавки, які покращують стан кишкової мікрофлори тварини-господаря, загалом позитивно впливаючи на стан її здоров'я. Метою введення пробіотиків є відновлення балансу між корисними та патогенними мікроорганізмами шлунково-кишкового тракту. Серед використовуваних пробіотичних штамів: грампозитивні бактерії родів *Lactobacillus, Bacillus, Bifidobacterium, Enterococcus, Streptococcus* та ін., а також дріжджові гриби родів *Saccharomyces, Aspergillus Kluyveromyces, Hansenula, Pichia, Candida* та ін. Вибір пробіотичного штаму залежить від потреб тварини та має забезпечити різноманітність та стабільність мікробіоти в кишечнику, на яку можуть впливати зміни в раціоні, стрес та інтенсивні фізичні навантаження.

Завдяки високому вмісту вітамінів групи В, білків, пептидів, амінокислот та мікроелементів, харчові добавки на основі хлібопекарських дріжджів доступні на ринку препаратів як для тварин, так і для людини. Багаторічний досвід у використанні життєздатних дріжджів, головним чином *Saccharomyces cerevisiae*, як добавок до корму великої рогатої худоби, свиней та птиці, демонструє покращення здоров'я та росту тварин. Дріжджі можуть безпосередньо перетравлювати компоненти клітковини, покращувати внутрішнє середовище кишечника шляхом створення сприятливого для травлення та життєдіяльності корисної мікрофлори pH, бути джерелом мікроелементів. Добавки на основі дріжджів або дріжджової культури діють на рівні рубця, впливаючи на ферментацію шляхом виробництва летких жирних кислот, зменшення виробництва метану, зниження концентрації аміаку, стабілізації pH. Ці процеси сприяють росту целюлолітичних бактерій, збільшенню загальної анаеробної мікрофлори, мікроорганізмів, які метаболізують лактат на пропіонову кислоту, а, отже, збільшується ефективність споживання корму та використання поживних речовин, що врешті підвищує продуктивність. Добавки на основі *Saccharomyces cerevisiae* можуть сприяти збільшенню приросту живої маси, поліпшенню якості молока та підвищенню його жирності. Пробіотичні штами також мають імуностимулюючі властивості, які допомагають знижувати ризик захворювань та покращують загальний стан здоров'я тварин. Варто пам'ятати, що для досягнення видимого ефекту рекомендовано регулярне споживання пробіотичних культур у кількості не менше 10^7 КУО.

Таким чином, використання мікроорганізмів, таких як *Saccharomyces cerevisiae,* у складі кормів з використанням дріжджів є перспективним завданням сучасного тваринництва. Дріжджі не лише сприяють підвищенню продуктивності тварин, але й позитивно впливають на їх здоров'я, що без сумнівів є важливим для економічної ефективності виробництва.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ:

1. Mohamed S.F. et al. // Journal of Entomology and Zoology Studies. 2018. 6(2): 629-635

2. Shehu B.M. et al. // Journal of animal production research. 2019. 31(1): 207-211.
3. Olagaray K.E. et al. // Journal of Dairy Science. 2019. 102(9): 8092-8107.
4. Alugongo G.M. et al. // Journal of Animal Science and Biotechnology. 2017. 8: 34.
5. Suarez C. et al. // Research Journal of Zoology. 2018. 1(1): 6.

BIOCHEMICAL ASPECTS OF ENERGY METABOLISM IN ANIMALS DURING EXERCISE AND STRESS

M. Andreeva[1], T. Yakimenko[2]

State Biotechnological University, Kharkiv, Ukraine,
[1]applicant for higher education in the program "Veterinary Medicine",
mariia.andrieieva11@gmail.com
[2]Associate Professor of the Department of Animal Physiology and Biochemistry,
0508410272@btu.kharkov.ua

Energy metabolism is a fundamental process that ensures all types of biological activity in an animal organism. It is especially important to study the biochemical mechanisms of this metabolism under conditions of increased stress, both physical and emotional (stressful). Physical activity activates muscle contraction, accelerates respiration and blood circulation, which significantly increases the need for energy. Stress, in turn, through the activation of the neuroendocrine system, changes metabolic processes at the systemic level, mainly in the catabolic direction. The study of these changes is relevant for veterinary medicine, especially when working with sports, transport or economically useful animals, in which the energy balance is crucial for productivity, endurance and overall health (Kumar, P., & Clark, M. (2020).

The physiological basis of animal adaptation to stress is the mobilization of energy resources through the activation of the main metabolic pathways - glycolysis, the tricarboxylic acid cycle (Krebs), and oxidative phosphorylation. ATP, as a universal energy molecule, is formed mainly in mitochondria in the presence of oxygen. In the initial phase of exercise, glycogen stored in the muscles and liver is used. Its breakdown (glycogenolysis) ensures the rapid formation of glucose-6-phosphate, which is used for glycolysis. When there is an insufficient supply of oxygen, for example, during short-term intense exercise, anaerobic glycolysis is activated, resulting in the formation of lactate. Excess lactate leads to a decrease in tissue pH, causing fatigue and metabolic acidosis (Reece, W.O., & Erickson, H.H. (2015).

During prolonged exercise, when glycogen stores are depleted, the main source of energy is fatty acids that enter the mitochondria and are broken down during β-oxidation. This process is less rapid than glycolysis, but much more energy efficient. An increase in oxygen consumption is accompanied by an increase in aerobic metabolism, which ensures that ATP is maintained at a high level for a long time.

Under the influence of stress, the hypothalamic-pituitary-adrenal system is activated in animals, which leads to the secretion of stress hormones, such as cortisol and adrenaline. These hormones increase catabolism: they stimulate glycogenolysis, gluconeogenesis (the formation of glucose from non-sugar sources such as amino acids), and lipolysis. This ensures that high blood glucose levels are maintained, which is necessary for brain and muscle function. At the same time, there is a decrease in protein synthesis and an increase in their breakdown, which can have negative consequences in case of prolonged stress.

An increase in the intensity of metabolic processes is accompanied by an increased formation of reactive oxygen species (ROS), which can lead to oxidative stress. To prevent damage to cellular structures, the body activates antioxidant systems - enzymes (superoxide dismutase, catalase, glutathione peroxidase), as well as non-enzymatic antioxidants (vitamins E, C, carotenoids).

Exercise and stress have a powerful effect on animal metabolism, causing activation of energy supply processes and systemic metabolic restructuring. In particular, under exercise conditions, intracellular glycogen reserves are mobilized, glycolysis is activated, and β-oxidation of fatty acids is activated during prolonged exercise. This allows the muscles to be supplied with ATP to contract and maintain physiological activity. At the same time, under conditions of hypoxia or excessive exercise, lactate accumulates, causing metabolic shifts and fatigue (Nelson, D.L., & Cox, M.M. (2021)..

At the same time, stress, both physical and emotional, initiates hormonal reactions - an increase in catecholamines and corticosteroids, which are aimed at mobilizing energy substrates (glucose, fatty acids, amino acids) through stimulation of glycogenolysis, gluconeogenesis and lipolysis. This reaction is adaptive, but prolonged or chronic exposure can lead to protein metabolism disorders, immunodeficiency states, and exhaustion

In addition, increased metabolism is accompanied by excessive formation of free radicals that damage cellular structures. To neutralize them, the body activates enzymatic and non-enzymatic antioxidant systems. Insufficiency of these systems can contribute to the development of oxidative stress, especially in animals with low resistance or excessive stress.

In veterinary practice, understanding the biochemical basis of energy metabolism during exercise and stress is critical. This allows veterinarians to predict the physiological response of the animal, detect metabolic disorders in a timely manner, adjust housing and nutrition conditions, and apply antioxidant support or hormonal therapy. This is especially important when working with high-performance, sports, and working animals, as well as when performing surgical interventions, transporting, or adapting to new conditions.

REFERENCES

1. Hall J. E., Hall M. E. // *Guyton and Hall Textbook of Medical Physiology E-Book*. 2020. Elsevier Health Sciences.

2. Nelson D.L., Cox M.M. // *Lehninger Principles of Biochemistry*. 2021.

3. Reece W. O., Erickson H. H., Goff J. P., Uemura E. E. (Eds.). // *Dukes' physiology of domestic animals*. 2015. John Wiley & Sons.

МІКРООРГАНІЗМИ-ПРОДУЦЕНТИ ПОЛІГІДРОКСИАЛКІНОАТІВ, АСОЦІЙОВАНІ З СУДИННИМИ РОСЛИНАМИ АНТАРКТИЧНОГО РЕГІОНУ

Калініченко О.О.[1], Кисельова А.В.[2], Саханда М.О.[3], Прекрасна-Квятковська Є.П.[4], Юнгін О.С.[5]

Київський національний університет технологій та дизайну, Київ, Україна
[1]асистент кафедри біотехнології, шкіри та хутра, kalinichenko742135@gmail.com
[2]студентка кафедри біотехнології, шкіри та хутра, anna.solovey870@gmail.com
[3]студент кафедри біотехнології, шкіри та хутра, maxsahanda@gmail.com
[5]доцент кафедри біотехнології, шкіри та хутра, olgaungin@gmail.com
ДУ Національний антарктичний науковий центр, Київ, Україна
[4]старший науковий співробітник, preckrasna@gmail.com

Антарктичний півострів є одним з регіонів, що найбільш інтенсивно відчувають наслідки глобальних кліматичних змін. Потепління сприяє звільненню значних площ від льоду, що створює нові екологічні ніші для колонізації судинними рослинами, такими як *Deschampsia antarctica* та *Colobanthus quitensis*. Адаптація та виживання цих видів в умовах Антарктики тісно пов'язані з їхніми мікробними симбіонтами-ендофітами, які, окрім ріст-стимулювальної активності, синтезують складні полімерні структури у відповідь на стресові

умови. Так, синтез полігідроксиалкіноатів (PHA) у багатьох бактеріальних видів індукується за умов абіотичного стресу, що робить екстремальні екосистеми, такі як Антарктичний регіон, особливо цінною системою для пошуку мікроорганізмів з відповідними метаболічними характеристиками. На сьогодні PHA розглядають як перспективний замінник традиційних пластиків завдяки їхній біодеградабельності та можливості отримання з поновлювальних джерел.

Метою роботи був скринінг мікроорганізмів-продуцентів полігідроксиалкіноатів серед ендофітів Антарктичного регіону.

Матеріали та методи. В роботі використовували 15 бактеріальних культур, виділених з *D. antarctica* та *C.quitensis*, що були відібрані під час 25 Української антарктичної експедиції (січень-квітень 2020 р.) вздовж Західної частини Антарктичного півострова. Всі досліджувані культури вирощували за попередньо визначених граничних значень температурного діапазону культивування (+10/42ºС) протягом 6 діб на середовищі Nutrient Broth, HiMedia Ltd. Приріст біомаси оцінювали спектрофотометрично (λ = 600 нм). Після чого культури перевіряли на здатність синтезувати PHA з використанням Судану чорного та ксилолу. В культурах, що виявили здатність накопичувати PHA, оцінювали вміст біополімеру в біомасі.

Результати. Серед досліджуваних бактерій більше половини (8 культур) мали здатність утворювати PHA. Всі вони відносилися до різних видів та були представниками родів *Siminovichia*, *Psychrobacter*, *Pseudomonas*, *Arthrobacter*, *Pseudoarthrobacter*, *Kocuria*. Вміст PHA на 6 день культивування коливався в межах 0.58-2.07% від кількості біомаси. Здатність ендофітів синтезувати PHA може мати важливе значення для адаптації та виживання як мікроорганізмів, так і рослин-господарів в екстремальних умовах Антарктики.

Висновки. Бактерії-ендофіти Антарктичного регіону є перспективними продуцентами полігідроксиалкіноатів.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Iungin O., Prekrasna-Kviatkovska Y., Kalinichenko O., Moshynets O., Potters G., Sidorenko M., ... Mickevičius S. // Microorganisms. 2024. 12(10): 1938. https://doi.org/10.3390/microorganisms12101938

2. Obruca S., Sedlacek P., Slaninova E., Fritz I., Daffert C., Meixner K., ... Koller M. // Applied microbiology and biotechnology. 2020. 104: 4795-4810. https://doi.org/10.1007/s00253-020-10568-1

3. Muneer F., Rasul I., Qasim M., Sajid A., Nadeem H. // Journal of Polymers and the Environment. 2022. 30(8): 3523-3533. https://doi.org/10.1007/s10924-022-02444-y

4. Porras M. A., Villar M. A., Cubitto M. A. // Journal of Microbiological Methods. 2018. 148: 1-11. https://doi.org/10.1016/j.mimet.2018.03.008

ЗЕЛЕНИЙ СИНТЕЗ МАГНІТНИХ НАНОЧАСТИНОК: АКТУАЛЬНІСТЬ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ

А.С. Гуменюк[1], С.В. Горобець[2]

[1,2] КПІ ім. Ігоря Сікорського,
humenyuk.anastasia@lll.kpi.ua
gorobetssv@gmail.com

Потреба у синтезі магнітних наночастинок (МНЧ) зростає з кожним днем по мірі розвитку нанотехнологій. Уже зараз вони знайшли застосування в медицині, агропромисловості, біометалургії, електроніці та інших галузях, що спричиняє їх нагальну потребу на світовому ринку. Проте їх хімічний синтез досить дороговартісний, потребує

великої кількості ресурсів і негативно впливає на стан навколишнього середовища. Альтернативною може бути «зелений» синтез МНЧ у мікроорганізмах.

Наразі МНЧ є надзвичайно перспективним інструментом у сучасній медицині. Оскільки їх можна дистанційно пересувати під впливом магнітного поля, то пропонується використання наночастинок для доставки ліків, зокрема для лікування онкологічних захворювань [1]. Окрім цього було відкрито унікальну властивість МНЧ впливати на термо- та механо-чутливі канали та рецептори, що призводить до гіпертермії клітини і її загибелі, що також є перспективним напрямком у лікуванні раку. Можливість термічно чи механічно впливати на іонні канали може впливати на проліферацію клітин, швидкість росту, біохімічну активність, що дозволяє використовувати наночастинки для регенерації тканин, нейростимуляції та імуностимуляції [1, 2]. Окремим напрямком використання МНЧ у медицині є їх застосування в якості контрастного агенту для МРТ або ж магнітних сепараторів для очищення білків, ДНК, РНК, клітин тощо.

Окрім цього МНЧ використовують в харчовій промисловості та зеленій енергетиці як нанокаталізатори [3], в агропромисловості для доставки добрив та пестицидів [4], а також в електронній техніці. Як правило, при цьому використовують наночастинки, що були синтезовані хімічним шляхом. Але також є можливість залучення для синтезу мікроорганізмів, що здатні утворювати наночастинки у процесах біомінералізації. Вперше цей механізм було відкрито у магнітотаксисних бактеріях, що синтезують МНЧ у спеціальних органелах – магнітосомах, в якій знаходиться один кристал магнетиту (Fe_3O_4) чи грейгіту (Fe_3S_4), оточений мембраною. При цьому форма та розмір наночатиснок чітко визначені на генетичному рівні, але можуть відрізнятися у різних штамів одного виду. Магнітосоми дозволяють орієнтуватися магнітотаксисним бактеріям у магнітному полі Землі і є специфічними для даного виду бактерій органелами [5]. Завдяки точно визначеним розміру і формі, а також наявності мембрани навколо кристалу, вони є набагато перспективнішими для використанні у медицині. Перш за все це пов’язано із кращою біозасвоєністю і меншою токсичністю, на відміну від хімічно синтезованих МНЧ, що можуть містити токсичні домішки після синтезу, а також потребують інкапсуляції чи приєднання до біологічно-функціональних груп для підвищення їх біодоступності. Також значною перевагою магнітосом є те, що вони на поверхні мембрани мають велику кількість хімічних груп на поверхні (аміно-, карбоксильних груп тощо), що полегшує приєднання інших хімічних речовин чи клітин, які необхідно транспортувати. При цьому хімічно синтезовані МНЧ потребують попередньо приєднати і обгорнути частинку іншою речовиною, аби вона, по-перше, запобігала контакту із іншими синтезованими МНЧ, а також для можливості приєднання молекули чи клітини, що необхідно доставити. Ще однією великою перевагою є значно менша кількість необхідних речовин для біосинтезу та їх менша вартість.

Біогенні МНЧ і процеси біомінералізації також використовують при очистці води від тяжких металів та радіонуклідів, а також у біометалургії, а саме при вилуговуванні рідкоземельних металів, що наявні у всій сучасній техніці, починаючи від комп’ютерів та смартфонів, закінчуючи сонячними панелями та космічними апаратами. Також вони необхідні у хімічній та атомній промисловості [6]. Водночас їх видобуток є складним, дороговартісним і шкідливим для навколишнього середовища. Практичний досвід світового лідеру по видобуванню рідкоземельних металів Китаю показує [7], що використання процесів біомінералізації дозволяє значно знизити викиди CO_2 та SO_2, споживання води, електроенергії та вугілля, внаслідок чого знижується і ціна на сам продукт а також зменшується негативний вплив на довкілля.

Окрім магнітотаксисних бактерій, процеси біомінералізації властиві багатьом іншим організмам, включаючи людину [8]. Вони проходять не в магнітосомах, тому утворені нанокристали не мають мембрани. Такі наночастинки можуть бути як магнітними, так і немагнітними. При цьому форма, кількість, особливість та наявність НЧ у мікроорагнізмах варіюється в межах виду і може сильно відрізнятися у різних штамів. Наявність цих процесів і в інших мікроорганізмах дозволяє використовувати їх також для «зеленого» синтезу НЧ.

Перш за все це пов'язано із тим, що культивувати магнітотаксисні бактерії навіть в лабораторних умовах не є легкою задачею. Тому більш перспективним є використання мікроорганізмів, що володіють процесами біомінералізації, але при цьому мають відпрацьований режим культивування. Також далеко не у всіх випадках наявність мембрани навколо самої МНЧ є необхідною, тому для отримання чистих наночастинок, наприклад, для використання у техніці, мембрану необхідно видаляти. Мікроорганізми, що синтезують наночастинки без залучення магнітосоми є більш вигідними в такому випадку, оскільки процес їх відділення буде простішим і дешевшим.

Найбільш активно на роль промислових продуцентів НЧ наразі висувають пробіотики, що пов'язано із їх широким використання в інших біотехнологічних виробництвах, невибагливістю при культивуванні, добре вивчених оптимальних умовах культивування та біохімічних особливостях. Окрім цього пробіотики не є токсичними для людини, що дає змогу використовувати клітини пробіотиків із МНЧ для доставки ліків. Для оптимізації синтезу наночастинок можна змінювати як умови культивування, наприклад вирощувати їх у присутності хелатів заліза та при дії постійного магнітного поля [9], так і редагувати геном, включаючи необхідні гени, що відповідають за біомінералізацію в магнітотаксисних бактеріях. Генетична інженерія також може допомогти у наділенні здатністю до біомінералізації штами та види, що нею не володіють, а також можливістю синтезувати магнітосому не у магнітотаксисних бактеріях для подальшого їх використання у медицині.

Магнітні наночастинки стають все більш затребуваними в сучасній науці та технологіях завдяки широкому спектру застосувань у медицині, електроніці, агропромисловості та біометалургії, проте традиційний хімічний синтез МНЧ є дороговартісним і екологічно шкідливим, що зумовлює пошук альтернативних методів їх отримання. Біологічний або «зелений» синтез МНЧ з використанням мікроорганізмів має значні переваги: чітко визначені розміри і форму частинок, кращу біозасвоюваність, меншу токсичність та наявність функціональних груп на поверхні магнітосом за їх наявності. Хоча культивування магнітотаксисних бактерій у промислових масштабах є складним, використання інших мікроорганізмів із здатністю до біомінералізації, особливо пробіотиків, відкриває нові перспективи завдяки їх невибагливості та добре вивченим технологіям вирощування, а розвиток методів генетичної інженерії додатково розширює можливості оптимізації процесів біомінералізації, що в результаті робить біологічний синтез МНЧ екологічно чистою, економічно вигідною та перспективною альтернативою хімічним методам, здатною задовольнити зростаючий попит на МНЧ в різних галузях.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. M. Rotherham et al. // Biomedical Engineering. 2022. Vol. 24. URL: https://doi.org/10.1016/j.cobme.2022.100410.https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2468451122000435

2. L. Signorelli, S.A. Hescham, A. Pralle // IScience. 2022. Vol. 25. URL: https://doi.org/10.1016/j.isci.2022.105401.

3. D. S. R. Khafaga et al. // Peer J. 2024. URL: https://10.7717/peerj.17589.

4. H. Bahrulolum et al. // Journal of Nanobiotechnology. 2021. Vol. 19. URL: https://jnanobiotechnology.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12951-021-00834-3.

5. S. Barber-Zucker, N. Keren-Khadmy, R. Zarivach // Protein Science. 2015. 25: 338–351. URL: https://doi.org/10.1002/pro.2827.

6. J. J. Jacob, K. Suthindhiran // Materials Science and Engineering: C. 2016. 68: 919–928. URL: https://doi.org/10.1016/j.msec.2016.07.049

7. G.-Z. Qiu, X.-D. Liu // Transactions of Nonferrous Metals Society of China. 2022. 32: 2309–2317. URL: https://doi.org/10.1016/S1003-6326(22)65949-1 .

8. O. Yu. Gorobets, S.V. Gorobets, Yu.I. Gorobets // Dekker Encyclopedia of Nanoscience and Nanotechnology, Third Edition. 2014. 300-308.

https://www.researchgate.net/publication/271136207_Biogenic_Magnetic_Nanoparticles_Biomineralization_in_Prokaryotes_and_Eukaryotes_Biogenic_Magnetic_Nanoparticles_Biomineralization_in_Prokaryotes_and_Eukaryotes

9. S. Gorobets, O. Gorobets, L. Kuzminykh // Nova Biotechnologica et Chimica. 2023. 22(1): 1-11. DOI: https://doi.org/10.34135/nbc.1384

ПЕРОКСИДАЗНА АКТИВНІСТЬ ЯК МАРКЕР АКТИВАЦІЇ АНТИОКСИДАНТНОЇ СИСТЕМИ У ЦІАНОБАКТЕРІЙ ЗА ВПЛИВУ БІСФЕНОЛУ А

Х.Ю. Сохацька[1], Л.М. Чебан[2]

Чернівецький національний університет ім. Юрія Федьковича, м. Чернівці, Україна,
[1]студентка кафедри біохімії та біотехнології, sokhatska.khrystyna@chnu.edu.ua
[2]доцент кафедри біохімії та біотехнології, l.cheban@chnu.edu.ua

Зважаючи на поширення такого полютанту як бісфенол А, все більшого розголосу набувають питання його впливу як на водну екосистему в цілому, так і на окремі її частини, зокрема мікроорганізми, які є основою харчових ланцюгів. Бісфенол А (БФА) – це синтетична органічна сполука, що слугує сировиною для виробництва різноманітних промислових матеріалів, зокрема епоксидних смол і полікарбонатних пластиків. У водних екосистемах він виявляється повсюдно в концентраціях від кількох нг/л до кількох мг/л [1].

Під впливом бісфенолу А клітини ціанобактерій можуть зазнавати оксидативного стресу – стану, за якого підвищується рівень активних форм кисню (АФК), здатних пошкоджувати білки, ліпіди та ДНК. АФК, такі як супероксид-іони, гідроксильні радикали й перекис водню, є надзвичайно реактивними і без відповідних захисних механізмів можуть викликати незворотні пошкодження клітин. Тому ціанобактерії розвинули систему антиоксидантного захисту, яка включає в себе такі ферменти, як супероксиддисмутаза, каталаза та пероксидаза, а також неферментативні антиоксиданти, як аскорбінова кислота. Пероксидаза виконує одну з ключових функцій: вона каталізує деградацію перекису водню та органічних гідропероксидів, використовуючи електронні донори, зменшуючи їх токсичність. У фотосинтетичних організмів активність даного ферменту також може залежати від інтенсивності світла, фотодихання та загального метаболічного стану [2].

Nostoc commune – широко поширений вид, здатний до виживання в екстремальних умовах, тоді як *N. linckia* є чутливішим і менш стійким до змін середовища, що може зумовити різну стратегію антиоксидантної відповіді на бісфенол А. Таким чином, дослідження пероксидазної активності в обох видів дає змогу не лише оцінити ступінь стресової реакції, а й зробити припущення про адаптивні можливості кожного таксона в умовах ксенобіотичного навантаження.

У разі дії бісфенолу А, пероксидазна активність зростає як рання захисна відповідь. Однак у разі тривалого впливу або високих доз ця активність може знижуватись через виснаження клітини або адаптивне перемикання на альтернативні механізми захисту. Саме тому оцінка пероксидазної активності є інформативним біомаркером токсичного впливу та стійкості клітин.

Метою даного дослідження було визначити вплив різних концентрацій бісфенолу А на ціанобактерії *Nostoc linckia* і *Nostoc commune* шляхом оцінки пероксидазної активності.

Матеріалом для даного дослідження виступали альгологічно чисті культури ціанобактерій *N. linckia* (Roth.) Born. et Flah та *N. commune* (Vaucher) Bornet & Flahault з колекції кафедри біохімії та біотехнології ЧНУ імені Ю. Федьковича. Накопичувальну культуру в експоненційну фазу росту розливали в стерильні культуральні пробірки Фальконе по 20 мл та додавали бісфенол А у різних концентраціях: 1 мг/л, 2 мг/л, 5 мг/л, 10 мг/л, 20 мг/л, 50 мг/л та 100 мг/л. Спостереження велося протягом 45 днів, кожної 3 доби вимірювали

температуру культиваційного середовища, pH, щільність культури. Кожної 15 доби проводили вимірювання пероксидазної активності з використанням як субстрату бензидину.

Встановлено подібну реакцію пероксидазної активності обох видів *Nostoc* на присутність бісфенолу А. Так, вимірювання пероксидазної активності у *N. linckia* дозволило встановити наступну залежність: на 15 день інкубації пероксидазна активність різко зростала за присутності усіх концентрацій бісфенолу А. Ймовірно, такий результат свідчить про активацію антиоксидантного захисту у відповідь на присутність полютанту. Подальша інкубація *N. linckia* з бісфенолом призводила до 10-кратного зменшення пероксидазної активності порівняно із попередніми значеннями. Така динаміка може бути пов'язана як з виснаженням антиоксидантної системи, так і з адаптацією клітин *N. linckia* до присутності бісфенолу А.

У той же час, динаміка пероксидазної активності у *N. commune* дещо відрізняється. На 15 день культивування ферментативна активність достовірно не відрізняється від контрольних значень. Пік пероксидазної активності клітин *N. commune* відмічено на 30 добу інкубації. Показники 45 доби інкубації відмічені на рівні початкових значень.

В цілому на 15 добу експерименту показники пероксидазної активності *N. linckia* у 10 разів були вищими за такі *N. commune,* що підтверджує тезу про здатність останнього виживати у складних екологічних умовах.

Встановлені факти можуть бути підтвердженням активації антиоксидантної системи захисту ціанобактерій за пролонгованого впливу такого полютанту, як бісфенол А.

Отже, пероксидазна активність може виступати маркером активації антиоксидантної системи ціанобактерій на надходження полютанту. При цьому вплив на систему захисту має не тільки концентрація ксенобіотика, а й тривалість інкубації клітин ціанобактерій з токсичною сполукою.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ:

1. C. E. Gattullo et al. // Science of The Total Environment. 2012. 416: 501–506. URL: https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2011.11.033

2. A. Azizullah et al. // Journal of King Saud University - Science. 2022. 102050. URL: https://doi.org/10.1016/j.jksus.2022.102050

БІОТЕХНОЛОГІЧНІ ПІДХОДИ ДО ОДЕРЖАННЯ ІН'ЄКЦІЙНОЇ КОЛАГЕНАЗИ ДЛЯ ЗАСТОСУВАННЯ У РЕГЕНЕРАТИВНІЙ МЕДИЦИНІ

О.О. Пархомова[1], В.О. Красінько[2]

Національний університет харчових технологій, м. Київ, Україна,
[1]здобувачка вищої освіти, aleksaparhomova@gmail.com
[2]доцент кафедри біотехнології і мікробіології, krasinkovo@nuft.edu.ua

Сучасна біотехнологія стрімко розвивається завдяки науковим досягненням і широким можливостям застосування біологічних процесів у промисловості. Особливе місце в цьому процесі посідає розробка біотехнологій ферментних препаратів – біологічно активних речовин, здатних каталізувати хімічні реакції з високою специфічністю та ефективністю. Одним із перспективних напрямків є створення ферментного препарату колагенази, який пропонується використовувати з метою зменшення видимості рубцевої тканини, що утворюється після травм різної етіології (термічні та хімічні опіки, поранення) [1].

Традиційні методи лікування, такі як охолодження, використання антисептичних препаратів та протизапальних засобів, допомагають на початкових стадіях загоєння опіків, але вони не завжди запобігають формуванню рубцевої тканини, що погіршує естетичний вигляд

шкіри. Варто зауважити, що ферментна терапія надає можливість прибрати фізичний дискомфорт, який часто спостерігається під час скорочення рубцевої тканини при активному русі в ділянках тіла, де розташовані суглоби [2].

Проведений ґрунтовний аналіз сучасних наукових джерел, опублікованих у провідних наукометричних базах (зокрема Scopus, Web of Science, PubMed), дозволив визначити, що одержання колагенолітичних ферментів можливе за використання широкого кола мікроорганізмів як продуцентів. Але не всі мікроорганізми, які мають здатність до утворення колагеназ, є безпечними. Деякі з них можуть утворювати разом з ферментами різноманітні токсини. До таких мікроорганізмів належать: *Clostridium histolyticum, Vibrio alginolyticus, Porphyromonas gingivalis.* Незважаючи на це, було виділено штами бактерій що здатні продукувати безпечну колагеназу, в достатніх концентраціях та з оптимальною активністю, наприклад *Streptomyces sp., Bacillus subtilis, B. licheniformis* та *B. megaterium.* Оптимізація умов культивування цих мікроорганізмів може підвищити продуктивність та забезпечити високу якість отриманого продукту.

Серед безпечних та високопродуктивних мікроорганізмів, здатних до синтезу колагенази, особливу увагу привертає штам *Bacillus megaterium* КМ 369985, який за умов глибинного культивування здатний синтезувати фермент з оптимальною ферментативною активністю у культуральній рідині – 600 Од/мл [3].

Одним із ключових аспектів у розробці біотехнологічного процесу синтезу ферменту колагенази є врахування фізіолого-біохімічних особливостей продуцента. Аналізуючи інформацію сучасної наукової літератури, було з'ясовано, що штам *B. megaterium* КМ 369985 здатен синтезувати високоактивну колагеназу за умови оптимального складу поживного середовища. Згідно з даними досліджень, ефективне продукування ферменту досягається при використанні середовища, що містить глюкозу (20 г/л) як джерело вуглецю, колаген I типу (10 г/л) як індуктор, а також мінеральні солі: $CaCl_2$ (0,05 г/л), NaH_2PO_4 (0,5 г/л) і K_2HPO_4 (0,5 г/л). [3].

Культивування рекомендується здійснювати глибинним періодичним методом, що дає змогу підтримувати стабільні умови, необхідні для росту бактерій і синтезу цільового продукту. Оптимальними параметрами процесу можна вважати температуру 37 ± 1°C, рівень розчиненого кисню (pO_2) у межах 20–30 % та інтенсивність аерації 1 л/л·хв. Підкреслюється, що культивування протягом 72 годин дозволяє досягти максимальної ферментативної активності, яка, як правило, фіксується у стаціонарній фазі росту мікроорганізмів. Важливу роль у запуску біосинтезу відіграє пептид колаген, який виступає специфічним індуктором синтезу колагенази [3].

Завдяки своїй протеолітичній активності, колагеназа сприяє розщепленню патологічно зміненого колагену та стимулює синтез нового, фізіологічного колагену, що призводить до відновлення пошкодженої тканини. Використання колагенази у схемі лікування зменшує апоптоз та некроз клітин на ранніх стадіях опікових ушкоджень. Найчастіше колагеназу використовують для приготування мазей, оскільки дана лікарська форма має низку переваг: забезпечує тривалість і поступову дію ферменту, може мати антибактеріальну дію, якщо до складу мазі входять протимікробні лікарські речовини, забезпечує зволоження шкіри [4].

Проте отриманий фермент доцільніше використовувати для створення ін'єкційного препарату з метою лікування рубців. Переваги даної терапії полягають в тому, що фермент доставляється безпосередньо до місця локалізації рубцевої тканини, що забезпечує високу концентрацію активної речовини в зоні дії. Таке точкове введення дозволяє досягти більш вираженого терапевтичного ефекту [2].

Висока ефективність та безпечність ін'єкцій колагенази навіть у високих дозах дозволяє використовувати її як перспективний лікарський засіб для лікування рубців після опіків. Попит на ефективні методи лікування таких ускладнень стає ще більш актуальним, зважаючи на зростання кількості населення з опіковими ушкодженнями внаслідок військових дій, особливо через використання фосфорних бомб.

Таким чином, біотехнологічне одержання субстанції ферментного препарату – колагенази, синтезованої непатогенним штамом *B. megaterium* КМ 369985 за умов глибинного культивування на доступному й дешевому поживному середовищі, – створює підґрунтя для розробки ін'єкційного лікарського препарату для терапії рубців і відкриває нові можливості для застосування у регенеративній медицині.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Мацелюх Е. В., Варбанець Л. Д. // Biotechnologia Acta. 2008. 1(3): 013-024.
2. Zhou S. et al. // Chinese Journal of Plastic and Reconstructive Surgery, 2023. 5(3): 120-125.
3. Savita K., Arachana P. // Int. J. Res. Biosciences. 2015. 4(4): 81-87.
4. Frederick R. E. et al.. // International Journal of Molecular Sciences. 2021. 22(16): 8643.

USE OF GENETIC ENGINEERING METHODS TO INCREASE ANTAGONISTIC ACTIVITY OF PROBIOTIC STRAINS

V. Vaskovska[1], N. Masalitina[2], O. Bliznjuk[3]

National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", Kharkiv, Ukraine
[1]higher education student, Viktoriia.Vaskovska@ihti.khpi.edu.ua
[2]Associate Professor, Ph.D., Nataliia.Masalitina@khpi.edu.ua
[3] Professor, D.Sc., Olha.Blyzniuk@khpi.edu.ua

Imbalance of the intestinal microbiota (dysbiosis) is a common feature of many diseases affecting the digestive, immune, and other body systems. Traditional probiotic preparations based on natural bacterial strains show limited efficacy due to insufficient antagonistic activity, low survival in the gastrointestinal tract, and sensitivity to antibiotics. In view of this, there is a pressing need to create new probiotic microorganisms with improved properties. Modern biotechnological approaches, particularly genetic engineering methods, enable the targeted modification of probiotic strains to enhance their functionality. A review of the literature and a patent search indicated that a promising direction in developing more effective next-generation probiotics is the development of genetically modified bacteria, in particular *E. coli* M-17/pColap, with enhanced antagonistic activity and controlled antibiotic resistance [1–3].

A review of the literature and a patent search indicated that at the first stage of research it is advisable to use the ColE1 plasmid, isolated from a non-pathogenic *E. coli* strain. This plasmid contains genes encoding the synthesis of colicin E1, an antimicrobial peptide active against related enterobacteria. However, the disadvantage of the natural plasmid is the presence of a *mob* site, enables its mobilization via conjugative plasmids, thereby posing a risk of horizontal gene transfer of genetic material [1–3].

In order to eliminate this risk, according to the method described in the sources, the BspLuII.1 restriction enzyme was used to completely remove the mob site without disrupting other functional genes of the plasmid. The next step, according to the literature, was to excise a DNA fragment from the pUC19 vector from the pUC19 vector using the BspHI restriction enzyme. This fragment contains the *bla* gene, which encodes the synthesis of β-lactamase and provides resistance to ampicillin. The resulting fragment was ligated to the modified ColE1 plasmid, forming a hybrid non-conjugative plasmid pColap, which was used to transform the *E.coli* M-17 strain, and the recombinant *E. coli* M-17/pColap strain was obtained [1].

The results of the study confirm that the recombinant *E. coli* M-17/pColap strain demonstrates increased antagonistic activity due to the expression of colicin E1. At the same time, since the pColap plasmid is non-conjugative, the risk of its horizontal transfer to other microorganisms is minimized.

The strain is resistant to ampicillin at a concentration of up to 150 mg/dm³, which allows for effective selection, but at the same time retains the ability to eliminate it from the body with high doses of β-lactam antibiotics. To further increase the productivity of the strain, as indicated in the relevant publications, it is advisable to use induced mutagenesis using UV irradiation and acridine compounds, which contributes to the rapid accumulation of biomass [1–3].

Thus, the development and implementation of genetically modified probiotic strains, such as *E. coli* M-17/pColap, is a promising approach to increasing the effectiveness of probiotic preparations with controlled biological properties and a high level of safety.

REFERENCES

1. Skrotska O.I., Starovoitova S.O. // *Biotechnologia Acta*. 2013. (1): 34-45.
2. Mbarga M.J.A., Podoprigora I.V., Volina E.G., Ermolaev A.V., Smolyakova L.A. // *Journal of Pharmaceutical Research International*. 2021. 33(29B): 158-167. DOI: 10.9734/JPRI/2021/v33i29B31601.
3. Woo S.-G., Kim S.-K., Lee S.-G., Lee D.-H. // *Journal of Biological Engineering*. 2025. 19: 10. DOI: 10.1186/s13036-025-00479-y.

ВМІСТ ТОРУЛАРОДИНУ В *DAPHNIA MAGNA* ЗА БІОІНКАПСУЛЯЦІЇ УФ-ОПРОМІНЕНОЇ *RHODOTORULA MINUTA*

Г.М. Демчук[1], Л.В. Худа[2]

Чернівецький національний університет ім. Ю. Федьковича, м.Чернівці, Україна,
[1]студентка, demchuk.halyna@chnu.edu.ua
[2]доцент кафедри біохімії та біотехнології, l.khuda@chnu.edu.ua

Живі корми, які використовуються в аквакультурі, мають володіти високою поживною цінністю та в своєму складі містити ессенціальні нутрієнти. Дафнії, які активно застосовуються як живі корми, є дефіцитними за каротиноїдами, тому їх насичення цими нутрієнтами істотно підвищує їх якість. Каротиноїди — ліпофільні тетратерпеноїди з кон'югованими подвійними зв'язками, які синтезуються рослинами та мікроорганізмами — відіграють центральну роль у нейтралізації вільних радикалів і фотозахисті клітин. Серед природних джерел цих пігментів особливо вирізняються дріжджі роду Rhodotorula, здатні накопичувати до 70 % β-каротину, торулену і торулародину від загального пігментного пулу, а також синтезувати білки, ліпіди й полісахариди, що підсилює їхню поживну цінність.

Торулародин — це C_{40}-ксантофіл каротиноїд, що синтезується виключно червоними олеагінозними дріжджами (роди *Rhodotorula* та *Sporobolomyces*) шляхом окиснення торулену, його кон'югований полієновий ланцюг і термінальна карбоксильна група зумовлюють інтенсивне червоне забарвлення. Торулародин діє як потужний антиоксидант, стабілізуючи клітинні мембрани у стресових умовах та є потужним поглиначем синглетного кисню [1].

Серед різних факторів посилення синтезу каротиноїдів у дріжджів слід відмітити ультрафіолетове опромінення. Як відомо, УФ-опромінення у надмірних дозах може викликати пряме ушкодження макромолекул (ДНК, білків, ліпідів) та непряме — через генерацію активних форм кисню (АФК), які порушують біологічні функції клітин. Для захисту від цих ушкоджень багато мікроорганізмів синтезують каротиноїди. У дріжджів дані пігменти виконують фотопротекторну роль та входять до складу системи антиоксидантного захисту. Вплив УФ-променів активує вільнорадикальні процеси, що в свою чергу стимулює посилений синтез каротиноїдів, дозволяючи при цьому відібрати високопродуктивні мутантні штами з покращеними адаптивними властивостями [2]. Культури дріжджів з підвищеною каротиногенною здатністю є перспективними для процедури проведення їх біоінкапсуляції в

живі корми. Ця технологія дозволяє зберігати біологічну активність корисних речовин та забезпечувати їхнє контрольоване вивільнення.

Враховуючи вище зазначене, метою даної роботи була кількісна оцінка вмісту торулародину в *Daphnia magna* після процедури біоінкапсуляції УФ-опроміненої культури *Rhodotorula minuta*.

Як джерело каротиноїдів для інкапсуляції в живі корми використовували культуру *Rhodotorula minuta* УКМ Y-1349, яку культивували на твердому поживному середовищі Сабуро при 28º С. Дослідні групи попередньо були піддані опроміненню УФ-лампою ДБ-60 (довжина хвилі 254 нм) у стерильних умовах протягом 120 хв. Контрольні групи опроміненню не піддавали. Надалі дослідні та контрольні зразки дріжджів культивували протягом 7 діб на рідкому середовищі Сабуро для отримання біомаси. По 20 екземплярів дафній з маточної культури поміщали в 200 мл культиваційного середовища. Культивування дафній здійснювали при температурі 22±1°С з 16-годинним фотоперіодом в умовах кліматичної кімнати. Внесення кормового субстрату здійснювали через кожні 48 годин протягом 16 діб.

Визначення вмісту торулародину в гомогенатах дафній здійснювали спектрофотометричним методом (довжина хвилі 450 нм) на 8 та 16 день проведення експерименту.

Показано, що в наслідок біоінкапсуляції *Daphnia magna* клітинами УФ-опроміненої Rhodotorula minuta кількість пігменту зростає у 1,3 рази на 8 день вигодовуванняна порівняно із тваринами контрольної групи. Проте, подальше вигодовування до 16 днів статистично достовірної різниці у вмісті торулародину в обох контрольній та дослідній групах тварин зафіксовано не було. Вміст пігменту дорівнював показникам до початку інкапсуляції.

Отже, показана можливість збільшеня кількості торулародину у тілі *Daphnia magna* після короткочасного годування УФ-опроміненою культурою Rhodotorula .

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. N. Ochoa-Viñals et al. // Fermentation. 2024. 10(4): 190. URL: https://doi.org/10.3390/fermentation10040190

2. Z. Li et al. // *Heliyon*. 2022. P. e11505. URL: https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e11505

МІКРОКЛОНАЛЬНЕ РОЗМНОЖЕННЯ СОРТУ FOREVER SUSAN ЛІЛІЇ АЗІАТСЬКОЇ: БІОТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПІДХІД ТА ЕКОЛОГІЧНЕ ЗНАЧЕННЯ

О.В. Герасименко

Національний університет біоресурсів та природокористування України, Київ, Україна
студентка денної форми навчання ОС бакалавр, факультет захситу рослин,
біотехнологій та екології, aleksagerasimenko03@gmail.com

Актуальність теми: Лілії є одними з найпопулярніших декоративних рослин у світі. Зростаючий попит на лілії зумовлює необхідність розробки ефективних методів розмноження, особливо з урахуванням обмежених природних ресурсів та потреби у збереженні рідкісних та цінних сортів. Їх ефективне розмноження шляхом культивування in vitro дозволяє не лише зберігати цінні сорти, але й зменшувати навантаження на природні популяції, що є важливим чинником в умовах екологічних викликів сучасності.

Метою дослідження: Підбір оптимальних умов для культивування in vitro лілії азіатської сорту Forever Susan з метою підвищення ефективності мікроклонального

розмноження та забезпечення отримання якісного рослинного матеріалу, придатного для подальшої адаптації в умовах відкритого ґрунту.

Методи дослідження: У роботі застосовувалися класичні методи стерилізації, експлантації. Експланти культивували на варіантах живильного середовища Мурасіге-Скуга (МС), з додаванням фітогормонів – кінетину та NAA (нафтилоцтвої кислоти) у різних концентраціях. Отримані мікропагінці демонстрували високу здатність до вкорінення, що забезпечило добру приживлюваність рослин під час адаптації до умов відкритого ґрунту. За результатами дослідження вдалося значно підвищити ефективність розмноження порівняно з традиційними методами.

Основні результати: Найкращі результати отримано при використанні модифікованого середовища МС з додаванням гормонів кінетину та NAA у відповідних концентраціях. Це сприяло успішному формуванню калюсу, індукції пагонів та утворенню коренів. Отримані мікропагінці демонстрували високу здатність до вкорінення. За результатами дослідження вдалося значно підвищити ефективність розмноження порівняно з традиційними методами.

Екологічна значущість: Застосування in vitro методів для культивування лілій сприяє збереженню природних популяцій шляхом зменшення потреби в масовому викопуванні рослин з дикої природи. Це дозволяє зменшити антропогенний вплив на біорізноманіття та забезпечує сталий розвиток декоративного рослинництва. Крім того, метод дозволяє вирощувати здоровий посадковий матеріал без використання пестицидів та стимуляторів, що зменшує хімічне навантаження на довкілля.

Висновки: Проведене дослідження доводить, що метод мікроклонального розмноження in vitro є ефективним для лілії азіатської сорту Forever Susan. Отримані результати мають практичне значення для комерційного розведення, а також для програм збереження декоративних видів у ботанічних садах і колекціях. Застосування цього методу сприяє вирішенню важливих екологічних та господарських завдань.

Ключові слова: in vitro, лілія, мікроклональне розмноження, кінетин, екологія, біотехнологія.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ:

1. Мурасіге Т., Скуг Ф. // Plant Physiology. 1962.
2. Дьяків І.М. // Біотехнологія рослин. 2019.
3. Smith R.D. // Plant Tissue Culture Techniques. Springer. 2020.
4. Федорчук Т.П. // Аграрна наука. 2021.

ВАЖЛИВА РОЛЬ ЛІЗИНУ ТА МЕТІОНІНУ У ТВАРИННИЦТВІ

П.В.Петров[1], Д.Д.Бруслік[2], І.М.Волошина[3]

Київський національний університет технологій та дизайну, м. Київ, Україна,
[1]студент 4 курсу спеціальності 162 біотехнологія та біоінженерія, alaheblan@gmail.com
[2]студент 4 курсу спеціальності 162 біотехнологія та біоінженерія, superselltype@gmail.com
[3]доцент кафедри біотехнології шкіри та хутра, wirn@ukr.net

Білки є важливими компонентами кормів, що складаються з амінокислот, які вивільняються під час вживання твариною кормових білків. Із цих амінокислот тварина синтезує вже свої типові білки, окрім незамінних амінокислот, які надходять з кормом.

Кормові амінокислоти в основному відносяться до незамінних амінокислот, таких як L-лізин, L-метіонін, L-треонін і L-триптофан, а також до деяких амінокислот, відсутнім у рослинних кормах, таких як L-валін і L-аргінін [1]. Основна функція амінокислот у кормах – сприяти зростанню та розвитку тварин, покращувати якість м'яса, стимулювати апетит та

підвищувати стійкість до хвороб. Кормові амінокислоти отримують за допомогою екстракції із білкових субстратів, хімічним синтезом та біотехнологічним синтезом за допомогою штамів-продуцентів [1, 2].

Соєвий шрот – один із найпоширеніших високобілкових кормів у тваринництві, особливо для свиней, птиці та жуйних. Він є відходом виробництва соєвої олії та має багатий амінокислотний склад. Соєвий шрот містить усі незамінні амінокислоти, але деякі з них є лімітуючими, тобто присутні в недостатній кількості для задоволення потреб тварин. В соєвому шроті фіксують високий вміст лізину, аргініну і глутамінової кислоти, але лімітуючий вміст метіоніну та цистеїну, тому їх потрібно додавати до раціону у формі окремих амінокислот [1, 3].

Соєвий шрот дуже багатий на різні амінокислоти і тому є основним конкуруючим джерелом лізину, що утворюється шляхом ферментації. Серед необробленої кормової сировини горох відносно багатий на лізин, який містить близько 1,47 % цієї амінокислоти. Потреба поросят в амінокислотах також показана і сильно залежить від віку. Спочатку потреба в лізині становить 1,1 %, яка падає приблизно до 0,6 % на завершальній фазі періоду відгодівлі. Хоча деякі сирі корми відносно багаті на лізин, концентрація лізину в загальній кормовій суміші залишається обмеженою [3].

Різниця між споживанням амінокислот з корму та власними потребами тварини в амінокислотах може призвести до наступної проблеми. Тварину необхідно продовжувати годувати, доки не будуть задоволені її потреби в першій лімітуючій амінокислоті. Амінокислоти, які зараз присутні в надлишку, не можуть бути перетворені на тваринний білок, і в результаті страждає використання корму [4]. Ці надлишки поживних речовин розщеплюються, що призводить до надмірно високих і, отже, дорогих викидів азоту та призводить до екологічно шкідливого азотного навантаження на навколишнє середовище. Таким чином, проблема має як екологічні, так і фінансові наслідки.

Отримання амінокислот за допомогою мікробного синтезу широко використовується у всьому світі за рахунок використання недорогих біологічних субстратів та екологічно безпечні умови. Оскільки організм тварин не може синтезувати лізин і метіонін самостійно, вони повинні надходити з кормом [2, 5]. Метіонін і лізин є амінокислотами, що запускають процес синтезу білка, тому вони необхідні для формування м’язів, тканин і органів, особливо у швидкорослих тварин. Лізин підтримує нормальну роботу імунітету, підвищує стійкість до інфекцій, сприяє кращому засвоєнню кальцію, важливого для формування кісток і зубів, необхідний для утворення деяких ферментів, антитіл і гормонів. При дефіциті лізину у тварин спостерігаються: втрата апетиту, затримка росту, зниження продуктивності, ослаблення імунітету. Метіонін бере участь у синтезі глутатіону – головного внутрішньоклітинного антиоксиданту, що захищає клітини від пошкодження вільними радикалами. Також метіонін має ліпотропну дію, а саме допомагає запобігати ожирінню печінки, сприяє правильному метаболізму жирів і зменшує ризик жирової дистрофії. Бере участь у нейтралізації токсичних речовин через метилювання, а також у метаболізмі сірковмісних сполук. Є попередником цистеїну та таурину, які важливі для структури білків, обміну речовин і роботи нервової системи. Метіонін підтримує ефективність імунної системи, зменшуючи сприйнятливість до інфекцій та покращуючи загальний стан здоров’я [2, 4, 5].

До основних мікроорганізмів, що здатні синтезувати амінокислоти належать *Corynebacterium glutamicum, Escherichia coli.* Ці бактерії є одними із основних промислових продуцентів лізину, глутамату і метіоніну. Продуцентами лізину також можуть бути *Bacillus methanolicus* та *Brevibacterium linens*. А для метіоніна використовують ще *Bacillus subtilis* та *Pseudomonas* spp. [6-8]. Біосинтез лізину за допомогою мутантних штамів *C. glutamicum* зустрічається у літературі найчастіше. За рахунок мутації *C. glutamicum* біосинтез лізину збільшився до 180 г/л, тоді як отримання лізину за допомогою *Escherichia coli* становить 130 г/л, а *Bacillus methanolicus* – 11 г/л [6-8]. Найвищий рівень продукції L-метіоніну досягнуто у генетично модифікованих штамах *E. coli*, з виходом до 21,28 г/л. *C. glutamicum* та *Bacillus*

subtilis синтезують близько 3 г/л. Тому у перспективі удосконалення технології отримання амінокислот за допомогою сучасних біотехнологій.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ:

1. Zhao K. // Adv Appl Microbiol. 2022.119: 1-33. doi: 10.1016/bs.aambs.2022.05.001.
2. Luo Z. // J Anim Sci Biotechnol. 2025. 16(1): 46. doi: 10.1186/s40104-025-01183-z.
3. Lobos N.E. // J Dairy Sci. 2021. 104(6): 6620-6632. doi: 10.3168/jds.2020-19835.
4. Andretta I. // Animal. 2016. 10(7): 1137-47. doi: 10.1017/S1751731115003067.
5. Silva J.T. // Animals (Basel). 2021. 11(10): 2854. doi: 10.3390/ani11102854.
6. Wang Y. // J Ind Microbiol Biotechnol. 2016. 43(9): 1227-35. doi: 10.1007/s10295-016-1803-1.
7. Xu J.Z. // Microb Cell Fact. 2018. 17(1): 105. doi: 10.1186/s12934-018-0958-z.
8. Anakwenze V. // Advances in Microbiology. 2014. 4: 344-352. doi: 10.4236/aim.2014.47041.
9. Li Z. // Biotechnol Biofuels. 2023. 16: 101. https://doi.org/10.1186/s13068-023-02347-7

ВИКОРИСТАННЯ ЦІАНОКОБАЛАМІНУ У ТВАРИННИЦТВІ

М.О. Саханда[1], А.І. Юркевич[2], І.М.Волошина[3]

Київський національний університет технологій та дизайну, м. Київ, Україна,
[1]студент 4 курсу спеціальності 162 біотехнологія та біоінженерія, maxsahanda@gmail.com
[2]студент 4 курсу спец. 162 біотехнологія та біоінженерія, anna0962031227@gmail.com
[3]доцент кафедри біотехнології шкіри та хутра, wirn@ukr.net

Ціанокобаламін (вітамін В12) – це водорозчинний вітамін з унікальною структурою, який грає одну з основних ролей у метаболізмі нуклеїнових кислот, синтезі амінокислот та підтримці функції нервової системи. Ціанокобаламін активно використовується у медичній, фармацевтичній і харчовій промисловості. Однак біосинтез вітаміну В12 є рідкою властивістю лише окремих видів бактерій та архей, тобто промислове виробництво цього вітаміну напряму залежить від мікробної ферментації [1]. Процес синтезу ціанокобаламіну надзвичайно складний, він охоплює понад 30 генів і багато ферментативних стадій. На сьогодні ідентифіковано два основні біосинтетичні шляхи: аеробний, характерний для бактерій родів *Pseudomonas denitrificans* та *Ensifer adhaerens*, і анаеробний, властивий *Propionibacterium freudenreichii*, *Bacillus megaterium* і *Salmonella enterica* [2]. Ці шляхи генетично розрізняються за наявністю окремих ферментів, наприклад, монооксигенази або альтернативної кобальтохелатази [2]. Мікробне виробництво вітаміну В12 вдосконалюється завдяки досягненням у галузі синтетичної біології та метаболічної інженерії. Розроблено інструменти генної модифікації, які дозволяють сконструювати гетерологічних продуцентів - це штучно створені штами, що здатні синтезувати ціанокобаламін з високим виходом. Наприклад, штам *E. adhaerens* SCM2034 був генетично модифікований для потреб промислового виробництва, хоча питання його безпеки все ще перебуває на стадії дослідження [2]. Сьогодні актуальним напрямом досліджень є оптимізація метаболічних шляхів, регуляція генів групи кобаламіну, та розробка нових регуляторних стратегій, які дозволяють підвищити ефективність біосинтезу [1, 2]. Залучення мікробних систем для біосинтезу дозволяє створювати вітамін В12 у великій кількості та з високою чистотою, що критично важливо для медичного та ветеринарного використання [2]. Ціанокобаламін широко використовується як кормова добавка для всіх видів і категорій тварин де його ефективність і безпека були перевірені [3]. Додавання ціанокобаламіну до раціону сприяє нормалізації метаболічних процесів, покращенню росту та загального стану здоров'я тварин. Наприклад, дослідження на свинях показали, що

біодоступність ціанокобаламіну залежить від дози: при збільшенні дози з 25 до 250 мкг/день біодоступність зменшувалася з 9,7 % до 2,0 %, що свідчить про зворотну залежність між дозою та ефективністю засвоєння [4]. У дослідженнях на свиноматках встановлено, що підвищення концентрації ціанокобаламіну в раціоні під час гестації призводить до збільшення рівня вітаміну B12 у плазмі крові та зниження рівня гомоцистеїну, що позитивно впливає на здоров'я як матері, так і потомства [5]. Також дослідження на телятах показали, що ін'єкції мікрокапсульованого вітаміну B12 сприяють підтримці оптимального рівня цього вітаміну в організмі протягом першого року життя, що є важливим для нормального росту та розвитку молодняку. У жуйних тварин, зокрема телят, B12 критично важливий для використання пропіонату – основного джерела енергії, що утворюється при бродінні кормів у рубці. Дефіцит вітаміну може призвести до анемії, затримки росту, зниження апетиту та порушення енергетичного обміну. У дослідженні встановлено, що рівень вітаміну B12 у сироватці крові телят знижувався після періоду відлучення: у першому експерименті з 119 до 57 пмоль/л, у другому – утримувався на рівні 90–96 пмоль/л. Ін'єкційна форма мікроінкапсульованого вітаміну B12 ефективно підвищувала концентрацію в сироватці крові: до 323 пмоль/л у першому експерименті та 520 пмоль/л у другому - пік через 28–35 днів після ін'єкції. Концентрація вітаміну B12 у печінці була вдвічі вищою у телят, які отримували ін'єкції, порівняно з контрольною групою. Водночас додаткове введення вітаміну не вплинуло на приріст живої маси. Ін'єкції ефективні для підвищення концентрацій у крові та печінці, однак не дають приросту продуктивності, якщо дефіциту немає [6]. Впливом на годівлю великої рогатої худоби вітаміну B12 було незначне зниження вмісту жиру в молоці та збільшення вмісту лактози. Обмеження годівлі викликало різке зниження надоїв, зростання NEFA у крові, пригнічення оксидативного вибуху PMN та зменшення проліферації PBMC [7]. При дослідженні додавання вітаміну B12 у курей, вчені дійшли висновку що це підвищувало відсоток та товщину яєчної шкаралупи. Ціанокобаламін не вплинув на різноманіття цекальної мікробіоти, але змінив її структуру та склад, зокрема підвищив вміст бактерій типу *Firmicutes*, які мають протизапальну дію та є домінантними у здоровому кишечнику курей. Аналіз метаболічних функцій мікробіоти (за PICRUSt) показав, що високі рівні вітаміну B12 позитивно корелювали з активацією метаболізму вуглеводів, ліпідів, вторинних метаболітів, зокрема флавоноїдів і фенілпропаноїдів. Це перше дослідження, яке доводить, що високі дози вітаміну B12 змінюють функціональний потенціал мікробіоти цекуму, що може покращити якість шкаралупи, метаболізм та здоров'я кишечника у період пікової несучості [8].

Ціанокобаламін відіграє важливу роль у забезпеченні метаболічного здоров’я тварин, особливо жуйних, завдяки участі у синтезі амінокислот, метаболізмі пропіонату та підтримці нервової системи. Його мікробне виробництво є дуже важливим для стабільного постачання в сільське господарство. Ін’єкційні форми забезпечують підвищення концентрації вітаміну в крові та печінці. У різних видах тварин додавання вітаміну B12 впливає на показники здоров’я, імунітету та якість продукції, зокрема молока чи яєчної шкаралупи.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Fang, H. // Microbial Cell Factories. 2017. 16(1): 15. https://doi.org/10.1186/s12934-017-0631-y

2. Calvillo Á. // Bioengineering (Basel). 2022. 9(8): 365. https://doi.org/10.3390/bioengineering9080365

3. EFSA Panel // Journal. European Food Safety Authority. 2018. 16(7): e05336. https://doi.org/10.2903/j.efsa.2018.5336

4. Matte J. J. // Journal of Animal Science. 2010. 88(12): 3936-3944. https://doi.org/10.2527/jas.2010-2979

5. Simard F. // Journal of Animal Science. 2007. 85(12): 3294-3302. https://doi.org/10.2527/jas.2006-523

6. Grace N. D. // New Zealand Veterinary Journal. 2014. 62(5): 274-278. https://doi.org/10.1080/00480169.2014.920701

7. Vanacker N. // Animal: an international journal of animal bioscience. 2020. 14 (2): 339-345. doi:10.1017/S1751731119002301

8. W. Rui // Frontiers in veterinary science. 2021. 8: 712183. doi:10.3389/fvets.2021.712183

ВПЛИВ ДВОВАЛЕНТНИХ КАТІОНІВ НА СИНТЕЗ ПОВЕРХНЕВО-АКТИВНИХ РЕЧОВИН *ACINETOBACTER CALCOACETICUS* IMB B-7241 ІЗ АНТИМІКРОБНОЮ ТА АНТИАДГЕЗИВНОЮ АКТИВНІСТЮ

Д.А. Луцай[1], Т.П. Пирог[2]

[1]Національний університет харчових технологій, Київ, Україна,
аспірантка, lutayda0@ukr.net
[2] Національний університет харчових технологій, м. Київ, Україна, професор,
[2]Інститут мікробіології і вірусології НАН України, м. Київ, Україна,
провідний науковий співробітник, tapirog@nuft.edu.ua

Наші попередні дослідження засвідчили, що антиадгезивна та антимікробна активність поверхнево-активних речовин (ПАР), синтезованих *Acinetobacter calcoaceticus* IMV B-7241, залежить від умов культивування, зокрема наявності факторів росту, мікроелементного складу середовища та природи джерела вуглецю. Встановлено, що заміна автолізату дріжджів і комплексу мікроелементів на солі Cu^{2+}, Fe^{2+} або Zn^{2+} у складі поживного середовища супроводжувалася підвищенням синтезу поверхнево-активних речовин при одночасному зниженні їх біологічної активності. Подібний ефект, ймовірно, пов'язаний зі зміною якісного складу комплексу ПАР, зокрема зменшенням вмісту аміноліпідів, які, згідно з літературними даними, мають вищу антимікробну ефективність порівняно з гліколіпідами. Отже, інтенсифікація біосинтезу поверхнево-активних речовин не обов'язково супроводжується збереженням їхніх біологічних властивостей, що підкреслює доцільність поглибленого вивчення впливу окремих компонентів поживного середовища на властивості отриманого продукту.

Мета. Дослідити вплив катіонів цинку в складі етанол і н-гексадеканвмісних середовищ на антиадгезивну та антимікробну активність поверхнево-активних речовин *Acinetobacter calcoaceticus* IMB B-7241.

Методи. Штам IMB B-7241 культивували в рідкому мінеральному середовищі з додаванням етанолу чи гексадекану в концентрації 2 % (за об'ємом). В одній із модифікацій середовища, замість автолізату дріжджів та розчину мікроелементів, у середовище вносили катіони міді (Cu^{2+}) у концентрації 0,16 мкмоль/л (розчин $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ у концентрації 4 мг/100 мл), заліза (Fe^{2+}) у концентрації 3,6 мкмоль/л (1 % розчин $FeSO_4 \cdot 7H_2O$) та цинку (Zn^{2+}) у концентрації 38 мкмоль/л (розчин $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ у концентрації 1,1 г/100 мл). ПАР екстрагували з супернатанту культуральної рідини сумішшю хлороформу і метанолу (2:1). Кількість адгезованих клітин визначали спектрофотометричним методом, антимікробні властивості ПАР − за показником мінімальної інгібуючої концентрації (МІК).

Результати. Внесення Zn^{2+} (38 мкмоль/л) у середовище з етанолом і н-гексадеканом, що містить сульфат міді та заліза, супроводжувалося утворенням ПАР з вищою антимікробною та антиадгезивною активністю, а також збільшенням активності $НАДФ^+$-залежної глутаматдегідрогенази − ключового ферменту біосинтезу аміноліпідів. Мінімальна інгібуюча концентрація щодо *Escherichia coli* IEM-1, *Enterobacter cloaceae* C-8, *Staphylococcus aureus* БМС-1 і *Proteus vulgaris* ПА-12 поверхнево-активних речовин, синтезованих за наявності Zn^{2+}, і адгезія *E. coli* IEM-1 на абіотичних поверхнях, оброблених такими ПАР, були, відповідно, у 1,6−3,3 рази і на 10−19 % нижчими, ніж аналогічні показники для препаратів, отриманих за

умов росту штаму IMB B-7241 в середовищі без катіонів цинку. Активність НАДФ$^+$-залежної глутаматдегідрогенази наприкінці експоненційної фази росту *A. calcoaceticus* IMB B-7241 у середовищі з етанолом (н-гексадеканом), сульфатом міді, заліза і цинку становила 1739±87 (8333±416) нмоль·хв$^{-1}$·мг$^{-1}$ білка, що у 2 і 15 разів вище, ніж в аналогічних умовах культивування на етанолі і н-гексадекані без Zn^{2+}.

Висновки. Отримані дані засвідчують можливість регуляції біосинтезу поверхнево-активних речовин з антимікробними та антиадгезивними властивостями у *A. calcoaceticus* IMB B-7241 за внесення в середовище з етанолом (н-гексадеканом) катіонів цинку − активатора НАДФ$^+$-залежної глутаматдегідрогенази − ключового ферменту синтезу аміноліпідів, а також можливість регуляції біологічних властивостей поверхнево-активних речовин у процесі культивування продуцента.

ДРІЖДЖІ РОДУ *SACCHAROMYCES* ЯК ІНДУКТОР СИНТЕЗУ ПОВЕРХНЕВО-АКТИВНИХ РЕЧОВИН *ACINETOBACTER CALCOACETICUS* IMB B-7241 З ВИСОКОЮ АНТИАДГЕЗИВНОЮ АКТИВНІСТЮ

М.С. Іванов[1], Т.П. Пирог[2]

[1] Національний університет харчових технологій, м. Київ, Україна,
аспірант, nikita.ivanov00@gmail.com
[2] Національний університет харчових технологій, м. Київ, Україна, професор,
[2]Інститут мікробіології і вірусології НАН України, м. Київ, Україна,
провідний науковий співробітник, tapirog@nuft.edu.ua

Вступ. Дріжджі роду *Candida*, такі як *Candida albicans* і *Candida glabrata*, є відомими своєю здатністю утворювати біоплівки на імплантованих медичних виробах, у тому числі судинні катетери, сечові катетери та зубні протези, що призводить до таких інфекцій, як кандидемія. Мікробні поверхнево-активні речовини (ПАР) завдяки різноманітній біологічній активності є альтернативними все менш дієвим протигрибковим засобам для вирішення проблеми адгезії *Candida*. Одним з методів підвищення біологічної активності (антиадгезивної, деструкція біоплівок) мікробних ПАР може бути спільне культивування штаму продуцента із конкурентними мікроорганізмами (індукторами). Використання еукаріотичних індукторів, наприклад, клітин роду *Saccharomyces*, на відміну від прокаріотичних, може виявитися перспективним для одержання поверхнево-активних речовин з підвищеною антиадгезивною активністю щодо дріжджових тест-культур, зокрема представників роду *Candida*.

Метою дослідження було визначення антиадгезивної активності поверхнево-активних речовин, синтезованих *Acinetobacter calcoaceticus* IMB B-7241 за внесення у середовище культивування дріжджів *Saccharomyces cerevisiae* БТМ-1 як індуктора.

Матеріали та методи. Культивування продуцента ПАР *A. calcoaceticus* IMB B-7241 здійснювали у рідкому мінеральному середовищі з очищеним гліцерином концентрацією 3 % та відходами виробництва біодизеля 5 % (об'ємна частка) як субстратом. Дріжджі *S. cerevisiae* БТМ-1 вносили у середовище культивування продуцента ПАР у вигляді суспензії живих, інактивованих клітин, а також у вигляді супернатанту після вирощування штаму. Кількість адгезованих на абіотичних поверхнях (сталь, кахель, лінолеум) клітин дріжджових тест-культур (*Candida albicans* Д-6 та *Candida tropicalis* РЕ-2) визначали спектрофотометрично і виражали у відсотках.

Результати досліджень. Результати показали, що при внесенні дріжджового індуктора у середовище як із очищеним гліцерином, так і відходами виробництва біодизелю синтезуються ПАР із підвищеною антиадгезивною активністю. Так, адгезія *Candida albicans* Д-6 та *Candida tropicalis* РЕ-2 до сталі, кахелю чи лінолеуму за обробки ПАР, синтезованих на

очищеному гліцерині за наявності живих або інактивованих клітин, чи відповідного супернатанту *S. cerevisiae* БТМ-1 становила 31–49 і 28-41 % відповідно, що у 1,1-1,6 і 1,1-1,3 разів нижче, у порівнянні з обробкою ПАР, утворених у середовищі без індуктора.

Схожі закономірності спостерігалися при використанні відходів виробництва біодизелю як субстрату. ПАР, синтезовані за наявності інактивованих клітин *S. cerevisiae* БТМ-1 виявилися найбільш ефективними щодо *C. tropicalis* РЕ-2, знижуючи адгезію дріжджів на кахлі та лінолеумі у 1,2-1,4 рази порівняно з ПАР, отриманими без індуктора. Кількість прикріплених до сталі та лінолеуму клітин *C. albicans* Д-6 у разі обробки цих абіотичних поверхонь розчинами ПАР, синтезованих за внесення живих клітин індуктора *S. cerevisiae* БТМ-1становила 31-38 %, у той час як за використання поверхнево-активних речовин, одержаних у середовищі без індуктора була 9-12 % вищою (43-47 %). Адгезію *C. albicans* Д-6 на кахлі вдалося знизити у 1,7 разів (порівняно з використанням ПАР, синтезованих без індукторів), лише у разі внесення у середовище культивування продуцента живих клітин індуктора *S. cerevisiae* БТМ-1.

Висновки. Отже, в результаті проведеної роботи встановлено, що використання як індуктора дріжджів *S. cerevisiae* БТМ-1 у різному фізіологічному стані дало змогу підвищити антиадгезивну щодо представників роду *Candida* активність поверхнево-активних речовин *A. calcoaceticus* IMB B-7241.

ВПЛИВ ФУЛЕРЕНУ C_{60} НА ФІЗІОЛОГІЧНІ ТА БІОХІМІЧНІ ПОКАЗНИКИ КУКУРУДЗИ ЗВИЧАЙНОЇ (*ZEA MAYS L.*)

А.Є. Гуржий[1], Т.А. Ткаченко[2]

Національний університет біоресурсів і природокористування України, Київ, Україна
[1]студентка денної форми навчання ОС бакалавр, факультет захисту рослин, біотехнології та екології, ficusviridis@gmail.com
[2]к.б.н., доцент кафедри фізіології, біохімії рослин та біоенергетики, tttkach82@gmail.com

В умовах кліматичних змін та посилення абіотичних стресів, пошук нових підходів для підвищення продуктивності сільськогосподарських культур є актуальним і важливим. Дослідження впливу наночастинок, а саме фулерену C_{60}, на фізіологічні та біохімічні показники рослин відкриває нові можливості для оптимізації росту та стійкості таких стратегічно важливих культур, як кукурудза, яка забезпечує продовольчу безпеку та є сировиною для багатьох галузей промисловості, проте її вирощування потребує багато поживних речовин, що з часом призводить до виснаження родючого шару ґрунту [1]. Використання фулерену C_{60} може сприяти оптимізації живлення та підвищенню врожайності кукурудзи, проте, попри сприятливий вплив наночастинок, існує ймовірність виникнення фітостресу за високих концентрацій наночастинок.

Метою роботи було дослідження впливу фулерену C_{60} на морфофізіологічні та біохімічні показники кукурудзи звичайної (*Zea mays L.*) для визначення оптимального діапазону концентрацій, що стимулюють ріст без прояву фітотоксичності.

Предметом дослідження були зразки кукурудзи звичайної (*Zea mays L.*) сорту «Багратіон». Тривалість досліду складала 21 день, обробка рослин методом поливу проводилась на 14 день, на стадії формування третього листка. Для обробки використовувалися розчини фулерену C_{60} наступних концентрацій: 0,9 мкг/мл, 0,6 мкг/мл, 0,3 мкг/мл та 0,1 мкг/мл. Контрольні рослини поливали водою.

Для вивчення впливу фулерену C_{60} проводили морфометричний аналіз зразків. Вимірювали довжину пагона і кореня, загальну довжину рослини, масу пагона і кореня, загальну масу рослини, кількість листків, товщину кореня і пагона. Аналіз морфометричних показників показав, що сприятливими для росту рослин кукурудзи звичайної були розчини з

концентраціями 0,6 мкг/мл та 0,1 мкг/мл, які покращували досліджувані параметри порівняно з рослинами контрольної групи.

Також було визначено вміст пігментів фотосинтезу, а саме хлорофілів *a, b* та каротиноїдів спектрофотометричним методом за довжин хвиль 663 нм, 646 нм та 470 нм. Найбільший вміст хлорофілів *a* спостерігався у біомасі кукурудзи, підживлення якої відбувалося розчином фулерену C_{60} у концентрації 0,1 мкг/мл (14,8 мг/л). Найбільший вміст хлорофілів *b* був у зразках, що обробляли розчинами з концентраціями 0,1 мкг/мл та 0,3 мкг/мл (3,3 мг/л, 3,9 мг/л відповідно). Найбільший вміст каротиноїдів відмічали у зразках, які обробляли розчинами з концентраціями 0,1 мкг/мл та 0,3 мкг/мл (5,7 мг/л, 5,6 мг/л відповідно). Найменший вміст хлорофілі *a, b* та каротиноїдів був виявлений у зразках, що обробляли розчином фулерену C_{60} концентрацією 0,9 мкг/мл.

Визначення каталазної активності біомаси рослин проводили спектрофотометричним методом за довжини хвилі 410 нм (Королюк, 1988). Найвища активність каталази виявлена у зразків, що були оброблені розчином фулерену C_{60} з концентрацією 0,9 мкг/мл (484848 кат), а найнижча – за концентрацій 0,1 мкг/мл та 0,3 мкг/мл (285048 кат та 247752 кат відповідно).

Отримані результати можуть свідчити про позитивний вплив наночастинок на ріст кукурудзи звичайної (*Zea mays L.*) та її фізіолого-біохімічні показники за використання низьких концентрацій (0,1 мкг/мл та 0,3 мкг/мл), тоді як при високих концентраціях відбувається зменшення вмісту пігментів у біомасі рослин та підвищення каталазної активності, що може вказувати на виникнення стресових умов та можливий токсичний вплив фулерену C_{60}.

Отже, враховуючи усі показники при обробці кукурудзи звичайної (*Zea mays L.*) фулереном C_{60} найсприятливіший вплив відбувається при концентрації розчину 0,1 мкг/мл, а найменш сприятливий – при концентрації розчину 0,9 мкг/мл.

СПИСОК ЛІТАРАТУРИ

1. Басанець О. Вирощування кукурудзи: повна технологія. 2020. 12 трав. URL: https://superagronom.com/articles/367-viroschuvannya-kukurudzi-povna-tehnologiya#disqus_thread

ВПЛИВ БІОКОМПОЗИЦІЇ *ARMILLARIA MELLEA* (VAHL) P. KUMM. НА МОРФОМЕТРИЧНІ ПОКАЗНИКИ ОВОЧЕВИХ КУЛЬТУР

К.С. Сушицька[1], О.А. Бойко[2]

[1,2]Національний університет біоресурсів і природокористування України
k.sushytska@gmail.com
olga_bojko@ukr.net

Одним із перспективних напрямів сучасної біотехнології є використання грибних екстрактів як природних біостимуляторів росту рослин. У межах цього дослідження проаналізовано вплив екстрактів з плодових тіл *Armillaria mellea* (Vahl) P. Kumm. на морфометричні параметри на ранніх етапах розвитку трьох овочевих культур — огірка (*Cucumis sativus L.*), томата (*Solanum lycopersicum L.*) та баклажана (*Solanum melongena L.*).

Гриби роду *Armillaria*, зокрема *Armillaria mellea*, хоч і відомі як патогени деревних рослин, також є джерелом цінних біологічно активних речовин, таких як фенольні сполуки, флавоноїди та інші метаболіти з антиоксидантною активністю та здатністю стимулювати ріст рослин [1]. Використання цих сполук як біостимуляторів може стати екологічно безпечною альтернативою синтетичним регуляторам росту, сприяти підвищенню стійкості культур до стресових факторів довкілля та ефективнішому вирощуванню овочевих культур. Дослідження

метаболітів *A. mellea* також відкриває перспективи для біотехнологічних застосувань у сфері рослинництва та пошуку природних стимуляторів росту [2].

Метою роботи було дослідити вплив біологічно активних речовин з грибів виду *Armillaria mellea* на ріст та розвиток томатів, огірків та біклажанів.

Для виготовлення екстракту використовували плодові тіла *A. mellea*, які попередньо заморожували, а потім подрібнювали у замороженому вигляді. Отриману масу екстрагували у фосфатному буфері (1/15М, pH 7,0–7,2) у співвідношенні 0,68–0,72 кг грибної маси на 1 л буфера. Суспензію віджимали до залишкової вологості 10–12 %, після чого додавали 18 % сульфату амонію для осадження білкових фракцій. Після фільтрації отримували концентрат, з якого безпосередньо перед обробкою готували робочі розчини. Для дослідження використовували дві концентрації: 0,5 г/л (вища) — для оцінки інтенсивної дії біоклмпозиції, і 0,1 г/л (нижча) — для вивчення м'якого стимулювального ефекту [3, 4].

Для посіву насіння застосовували універсальний торф'яний субстрат Eco plus з нейтральною кислотністю (pH 5.5–6.5), високою вологоємністю (40–50 %) і збалансованим вмістом макро- та мікроелементів. Дослід включав п'ять варіантів: контроль (замочування у воді), два варіанти передпосівного замочування в екстрактах (0,5 та 0,1 г/л) і два варіанти підкореневого поливу відповідними концентраціями. Замочування проводили протягом 4 годин при 18–20°C, а всі варіанти вирощувалися в ідентичних умовах.

Аналіз результатів показав, що екстракти *Armillaria mellea* чинять переважно позитивний вплив на ранній ріст досліджуваних культур, проте ступінь цього впливу варіює залежно від культури, способу внесення та концентрації. Зокрема, у рослин огірка найкращі результати спостерігались у варіанті В3: довжина головного кореня досягала 94 мм, що на 24,9 мм більше, ніж у контролі, а маса збільшувалась на 0,468 мг (становила 1,142 мг). Високі показники також фіксувалися у варіантах В1 та В4, що свідчить про універсальну стимулюючу дію препарату на цю культуру при обох способах внесення. Подібну чутливість до дії екстракту виявили рослини баклажана: у варіанті В3 довжина кореня зросла з 16,6 мм до 36 мм, а маса — з 0,183 мг до 0,526 мг, тобто більше ніж утричі. Помітні ефекти спостерігались і при замочуванні у вищій концентрації (В1) та при поливі меншою дозою (В4). Натомість замочування насіння у нижчій концентрації (В2) виявилося неефективним і навіть пригнічувальним: довжина кореня зменшилась до 12,6 мм, а маса — до 0,109 мг. Томат, на відміну від огірка та баклажана, краще реагував на нижчу концентрацію екстракту за умови підкореневого поливу (В4): маса кореня зросла до 0,541 мг, що на 0,12 мг більше, ніж у контролі, а довжина сягнула 80,1 мм проти 70,1 мм. Водночас застосування екстракту у формі замочування, особливо у варіанті В2, знижувало як масу, так і довжину кореня, що може вказувати на чутливість томатів до навіть низьких концентрацій препарату в умовах прямого контакту насіння.

Таким чином, екстракти *A. mellea* продемонстрували виражену біостимулювальну дію при застосуванні у формі підкореневого поливу, особливо у вищій концентрації. Найчутливішою культурою виявився баклажан, тоді як томат відреагував краще на м'яку стимуляцію. Це свідчить про необхідність диференційованого підходу до вибору дозування і способу внесення біокомпозиції залежно від культури. Отримані результати підтверджують перспективність грибних екстрактів як альтернативи синтетичним стимуляторам росту.

СПИСОК ЛІТАРАТУРИ

1. Грибівництво: практикум / Одеський державний аграрний університет. URL: [https://surl.li/philds)

2. 4. Aksoy A., Hale W.H., Dixon J.M. // The Role of Armillaria mellea in Agriculture. Sciendo. 2016. https://intapi.sciendo.com/pdf/10.1515/fv-2016-0036

3. Пат. на корисну модель Україна 53983, AO1C 21/00 CO5F 11/00. Композиція біохімічних речовин для стимуляції продуктивності та захисту від хвороб сільськогосподарських рослин / О.А. Бойко, М.Д. Мельничук, А.Л. Бойко, І.П. Григорюк, В.О.

Дубровін. – Заявл. 16.04.10; Опубл. 25.10.2010, Бюл. № 20. Режим доступу: https://iprop-ua.com/inv/pdf/7f2v7vjr-pub-description.pdf

4. Пат. на корисну модель Україна 53984, AO1C 21/00 CO5F 11/00. Спосіб стимуляції продуктивності сільськогосподарських рослин та їх захисту від хвороб / О.А. Бойко, М.Д. Мельничук, А.Л. Бойко, І.П. Григорюк, В.О. Дубровін. – Заявл. 16.04.10; Опубл. 25.10.2010, Бюл. № 20.

ВПЛИВ ПРОТЕЇНОВОГО ГІДРОЛІЗАТУ ДРІЖДЖІВ НА МОРФОМЕТРИЧНІ ПОКАЗНИКИ КУКУРУДЗИ *ZEA MAYS*

С.В. Коноваленко[1], Н.Г. Нестерова[2]

Національний університет біоресурсів і природокористування України, Київ, Україна
[1]студентка денної форми навчання ОС бакалавр, факультет захисту рослин, біотехнології та екології, konovalenkosophia@gmail.com
[2]науковий керівник, к.с-г.н., доцент кафедри фізіології, біохімії рослин та біоенергетики, natalianesterova@nubip.edu.ua

Підвищення продуктивності агроценозів, зокрема кукурудзи, є ключовим завданням сучасного рослинництва. Застосування біологічно активних речовин, зокрема протеїнових гідролізатів, розглядається як перспективний метод стимуляції ростових процесів та оптимізації морфогенезу рослин. Протеїнові гідролізати, зокрема отримані з пивних дріжджів, зарекомендували себе як ефективні біостимулятори, що комплексно впливають на рослини, покращуючи їх ріст, засвоєння поживних елементів, стійкість до несприятливих факторів довкілля та, як наслідок, підвищують врожайність [1, 2]. Їхній позитивний вплив зумовлений багатим складом, що включає легкодоступні амінокислоти та інші біологічно активні сполуки [2, 3], які отримують шляхом гідролізу різноманітних білкових джерел, у тому числі й пивних дріжджів [1, 3].

Метою даної роботи була оцінка впливу передпосівної обробки насіння, фертигації, позакореневого підживлення та їх комбінації протеїновим гідролізатом дріжджів різних концентрацій (0,5 %, 1,5 %, 2,5 %) на морфометричні показники кукурудзи *Zea mays*. Розчин амінокислот застосовувався як позитивний контроль у рекомендованих концентраціях для кожної обробки.

Результати дослідження виявили диференційований вплив застосованих обробок на морфометричні показники кукурудзи. Передпосівна обробка насіння 1,5 % розчином протеїнового гідролізату дріжджів та розчином амінокислот стимулювала ріст кореневої системи, збільшивши її довжину на 19,01 % та 22,46 % відповідно порівняно з контролем. Фертигація 2,5 % розчином гідролізату також позитивно вплинула на довжину кореня, зумовивши її зростання на 21,00 %. Комбіноване застосування (позакореневе підживлення та фертигація) гідролізату в концентраціях 0,5 % та 2,5 % сприяло збільшенню довжини кореня на 23,34 % та 20,13 % відповідно.

Щодо довжини пагона, передпосівна обробка насіння 1,5 % гідролізатом викликала незначне її збільшення (1,99 %), тоді як інші варіанти передпосівної обробки суттєво не вплинули або призвели до незначного зменшення. Фертигація гідролізатом і амінокислотами переважно не стимулювала ріст пагона, а в деяких випадках навіть призводила до його зменшення. Фоліарне підживлення гідролізатом у концентраціях 1,5 % та 2,5 % також не виявило значного стимулюючого впливу на ріст пагона, а застосування 0,5 % розчину показало помітне збільшення (29,14 %). Обробка амінокислотами методом позакореневого підживлення призвела до збільшення довжини пагона на 23,95 %. Комбіноване застосування 1,5 % гідролізату спричинило значне інгібування росту пагона (23,61 %).

Аналіз сирої маси кореня виявив її збільшення при фертигації 2,5 % гідролізатом та розчином амінокислот (на 8,60 % та 6,45 % відповідно). Інші обробки, включаючи передпосівну, переважно призводили до зниження сирої маси кореня. Сира маса пагона демонструвала загальну тенденцію до зменшення у всіх варіантах обробки порівняно з контролем, з найбільш значним зниженням при комбінованому застосуванні 1,5% гідролізату (36,31%) та при фоліарному підживленні 0,5%, 1,5% та 2,5% гідролізату (на 22,24%, 10,44% та 26,17% відповідно). Застосування амінокислот для позакореневого підживлення також призвело до зниження сирої маси пагона (на 16,34%). Кількість листків істотно не варіювалася між варіантами досліду.

Отже, застосування протеїнового гідролізату дріжджів може мати стимулюючий вплив на ріст кореневої системи кукурудзи, особливо при передпосівній обробці насіння та фертигації. Позакореневе підживлення низькою концентрацією гідролізату (0,5%) показало позитивний вплив на ріст пагона. Однак вплив на накопичення сирої маси є менш однозначним і залежить від методу застосування та концентрації гідролізату. Подальші дослідження необхідні для оптимізації застосування протеїнових гідролізатів з метою підвищення продуктивності кукурудзи.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Sun W., Shahrajabian M. H., Kuang Y., Wang N. // Plants. 2024. 13(2): 210. https://www.mdpi.com/2223-7747/13/2/210

2. Engel D. C. H., Feltrim D., Rodrigues M., Baptistella J. L. C., Mazzafera P. // Agriculture. 2024. 14(8): 1205. https://www.mdpi.com/2077-0472/14/8/1205

3. Bitzer L., Open M., Alburquerque N. // Frontiers in Plant Science. 2017. 8: 2202. Retrieved from https://www.frontiersin.org/journals/plant-science/articles/10.3389/fpls.2017.02202/full

МІКРООРГАНІЗМИ ЯК ОСНОВА БІОТЕХНОЛОГІЇ

Я.С. Саустян[1], О.В. Філіпцова[2]

Національний фармацевтичний університет, м. Харків, Україна,
[1]студентка 2 курсу, anasaustan@gmail.com
[2]професор кафедри біотехнології, philiptsova@yahoo.com

Мікробні продукти є важливими для розробки різних терапевтичних засобів, включаючи антибіотики, протипухлинні препарати, вакцини та терапевтичні ферменти. Методи генної інженерії, функціональна геноміка та синтетична біологія розкривають раніше неохарактеризовані природні продукти. Мікробна біотехнологія, технологічне застосування мікроорганізмів, відіграла важливу роль у виробництві значних природних біологічно активних продуктів. До них належать антибіотики, протигрибкові засоби, протипухлинні препарати, протипаразитарні, противірусні засоби, імуносупресанти, анатоксинові вакцини та терапевтичні ферменти. Деякі мікробні компоненти виявилися безцінними у створенні генетичних інструментів, таких як системи CRISPR-Cas та термостабільні ферменти ДНК-полімерази. Ці інструменти є важливими для розробки стратегій генної інженерії. Генна інженерія як дисципліна відіграє вирішальну роль у раціональному та точному розвитку мікробної біотехнології. Отже, ці дві концептуальні теми — мікробна біотехнологія та генна інженерія — демонструють позитивну взаємодію.

Протягом тисячоліть мікроорганізми сприяли повсякденному життю людини, забезпечуючи її такими предметами першої необхідності, як хліб, пиво та вино. Останнім часом технологічне застосування мікроорганізмів, відоме як мікробна біотехнологія, стало критичним фактором у виробництві життєво важливих природних біологічно активних

сполук. До них належать антибіотики, протигрибкові та протиракові засоби. Більше того, поява технології рекомбінантної ДНК значною мірою завдячує мікробній біотехнології, яка зробила свій внесок у створення адекватних ферментативних компонентів (тобто термостабільних ДНК-полімерази та рестрикційних ферментів, серед іншого) та позахромосомних структур ДНК (плазмід та космід), необхідних для клонування та генетичної модифікації клітин. Примітно, що винахід полімеразної ланцюгової реакції, де ДНК-полімераза Taq (похідна від архейного виду *Thermus aquaticus*) ампліфікує ДНК, здійснив революцію в молекулярній біології. Однак мікробна біотехнологія виходить за рамки спиртового бродіння, синтезу антибіотиків та проривів у молекулярній біології. Це динамічна галузь, де постійні дослідження призводять до нових відкриттів. Одним із знакових досягнень сучасної медицини стало секвенування геному людини за допомогою класичних методів секвенування ДНК, яке заклало основу для вивчення геноміки людини. Проект «Геном людини» тривав 13 років (завершено у 2003 році) і став найбільшим у світі спільним біологічним проектом в історії. Протягом останніх кількох десятиліть було розроблено різні платформи для секвенування всього геному (наприклад, Illumina, PacBio, Nanopore), що дозволило секвенувати величезну кількість генетичних основ за короткий проміжок часу та недорого.

Ера хіміотерапії розпочалася на початку XX століття з відкриттям першої антибактеріальної сполуки синтетичного походження німецьким хіміком Паулем Ерліхом. Ця сполука мала антагоністичну дію проти спірохети, яка викликає сифіліс. У наступні роки були відкриті інші сполуки, як природні, так і синтетичні, з антимікробною активністю, такі як пеніцилін, сульфаніламід та стрептоміцин. Фармацевтичні компанії тоді діяли, виходячи з припущення, що в біосфері існує невичерпний запас низькомолекулярних біологічно активних сполук. В результаті в наступні роки було відкрито багато інших антибіотиків. Загальна схема, якої дотримувалася фармацевтична промисловість у середині XX століття для відкриття природних продуктів, базувалася на двох передумовах. По-перше, здатність виділяти та вирощувати мікроорганізм на звичайних лабораторних субстратах, а по-друге, ідентифікація його потенціалу виробництва антибіотиків за допомогою біологічних антимікробних тестів, тим самим відбираючи найкращі мікробні ізоляти. Десятиліття пошуків мікробних продуктів призвели до того, що компанії створили величезні колекції мікроорганізмів, які були виділені, охарактеризовані та перевірені на наявність біоактивних сполук, переважно з антибіотичною активністю. Однак зараз відомо, що лише мінімальний відсоток мікроорганізмів у біосфері (~1%) можна культивувати та виділяти в лабораторіях. Отже, класичні процеси були замінені більш сучасними та раціональними методами отримання нових активних сполук.

У XIX столітті, коли Луї Пастер і Роберт Кох довели, що бактерії є агентами, що викликають багато інфекцій, ще не було відомо, як ці організми (бактерії та інші мікроорганізми) можна використовувати для виробництва природних сполук, здатних боротися з цими бактеріальними інфекціями, тобто антибіотиків. Антибіотики, з іншого боку, часто природним чином виробляються мікроорганізмами або, в деяких випадках, принаймні основою кінцевої антибіотичної сполуки (тобто напівсинтетичні антибіотики). Однак кілька синтетичних антибіотиків наразі перебувають на стадії клінічних досліджень і широко використовуються в клініках. Основні типи антибіотиків, що використовуються сьогодні, були відкриті протягом перших двох третин XX століття. Однак, щоб знайти витоки хімічної промисловості, яка б призвела до появи сполук зі специфічною активністю проти певних організмів, ми повинні простежити коріння до другої половини XIX століття. Це те, що Пауль Ерліх визначив як сполуки, які «повністю діють виключно на паразита, що знаходиться в організмі». Скориставшись розвитком хімічної промисловості на початку XX століття, у 1904 році розпочалася масштабна систематична програма скринінгу з метою пошуку специфічного препарату для лікування сифілісу, захворювання, спричиненого спірохетою *Treponema pallidium* . Результатом цієї програми скринінгу стала розробка похідного арсфенаміну в 1907 році. Роками пізніше, під комерційною назвою «Сальварсан», було доведено його ефективність у лікуванні сифілісу у людей. Цей препарат використовувався до появи

пеніциліну в 1940-х роках. Пеніцилін був випадково відкритий у 1928 році Олександром Флемінгом через випадкове забруднення культуральної чашки грибком родини *Penicillium*. Приготувавши концентрат з культури цієї цвілі, Флемінг продемонстрував чудову антибіотичну активність проти стафілококів. Після відкриття пеніциліну були також відкриті інші сполуки (природні або синтетичні) для систематичного лікування інфекційних захворювань.

Досягнення в генній інженерії та мікробній генетиці мають вирішальне значення для розвитку різних біотехнологічних процесів, які наразі класифікуються як червоні (медичні процеси), білі (промислові процеси), жовті (процеси виробництва харчових продуктів) та зелені (сільськогосподарські процеси) біотехнології. Отже, можливо вирішувати проблеми сучасного суспільства за допомогою досліджень та інновацій, зосереджених на найпростіших формах життя, а саме на мікроорганізмах. Мікробна біотехнологія – це дисципліна, яку найчастіше використовують біотехнологи, мікробіологи, біохіміки, екологи та генні інженери. Однак, для того, щоб розпочати справжню біотехнологічну революцію в більшості виробничих секторів суспільства, включаючи фармацевтичну та медичну галузі, все ще потрібна значна кількість досліджень.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1 Miethke M, Pieroni M, Weber T et al. // Nat Rev Chem. 2021. 5(10): 726-749. doi: 10.1038/s41570-021-00313-1. PMID: 34426795; PMCID: PMC8374425.

2 Santos-Beneit F. // Front Microbiol. 2015. 6: 402. doi: 10.3389/fmicb.2015.00402. PMID: 25983732; PMCID: PMC4415409.

3) Challis G.L., Hopwood D.A. // Proc Natl Acad Sci USA. 2003.100(2): 14555-61. doi: 10.1073/pnas.1934677100. PMID: 12970466; PMCID: PMC304118.

ХІМІКО-БІОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ВИЗНАЧЕННЯ ВМІСТУ БІЛКУ У ПРОДУКТАХ, ФЕРМЕНТОВАНИХ ЇСТІВНИМИ ГРИБАМИ

Д.О. Бахлуков

ДУ «Інститут харчової біотехнології та геноміки НАН України», м. Київ, Україна
аспірант відділу рослинних харчових продуктів та біофортифікації, Bahlukov@gmail.com

В умовах активного пошуку альтернативних джерел білка зростає зацікавленість у застосуванні їстівних грибів як біотехнологічного інструменту для перетворення агровідходів та рослинних субстратів на харчові продукти з високою поживною цінністю. Їстівні гриби ефективно засвоюють азотисті сполуки субстрату, продукуючи біомасу, багату на білки та незамінні амінокислоти [1]. Це визначає їхню важливу роль у виробництві функціональних продуктів, однак ускладнює точне визначення вмісту білкових компонентів. Традиційні аналітичні методи, зокрема метод К'єльдаля, не враховують особливостей грибної біотрансформації, включаючи зміни якісного складу білків при незмінному вмісті загального органічного азоту. Це зумовлює необхідність перегляду підходів до аналітичної оцінки білкової фракції у ферментованих продуктах. Метою роботи є оцінка ефективності традиційних методів визначення протеїну у ферментованих грибами продуктах та розробка шляхів удосконалення розрахункових підходів з урахуванням специфіки грибної біотрансформації.

Здійснено критичний аналіз нормативної бази України щодо визначення вмісту білка, з акцентом на методі К'єльдаля. Проаналізовано зміни амінокислотного складу субстратів у процесі ферментації їстівними грибами. Розглянуто підходи до коригування коефіцієнтів на основі змін компонентного складу та частки грибної біомаси у кінцевому продукті.

Згідно з нормативними документами України, арбітражним та найбільш поширеним методом визначення вмісту сирого протеїну в харчових продуктах є метод К'єльдаля [2], що базується на визначенні вмісту загального органічного азоту з подальшим множенням на відповідний коефіцієнт. Проте використання фіксованих коефіцієнтів є одним із суттєвих обмежень цього методу. Чинні нормативні документи України містять різні значення коефіцієнтів для ідентичних харчових продуктів, що ускладнює порівнянність результатів. Застосування методу К'єльдаля потребує особливої обережності при оцінюванні процесів біологічної трансформації, зокрема ферментації. У випадках порівняння вмісту протеїну у вихідній сировині та ферментованому продукті виникає проблема вибору релевантних коефіцієнтів. Вищі гриби здійснюють синтез білка шляхом переамінування амінокислот субстрату, що призводить до збереження загального вмісту органічного азоту, але збільшення білкової маси за рахунок синтезу амінокислот з більшою молекулярною масою. Отже, для коректного визначення вмісту сирого протеїну у вихідній та кінцевій стадіях ферментації необхідно застосовувати різні коефіцієнти [3]. Визначення коефіцієнтів для продуктів ферментації вищими грибами може бути здійснене шляхом: визначення амінокислотного складу вихідної сировини та кінцевого продукту з подальшим розрахунком відповідних коефіцієнтів; розрахунку коефіцієнтів на основі масової частки залишків вихідного субстрату та частки накопиченої біомаси гриба у кінцевому продукті ферментації.

Таким чином, коректне визначення білкової цінності ферментованих грибами продуктів потребує індивідуалізованого підходу до розрахунку коефіцієнтів. Це дозволяє об'єктивно оцінити приріст протеїну та ефективність біотрансформації, що має важливе значення для розробки інноваційних харчових продуктів у рамках концепції сталого розвитку та біоекономіки.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Wang X., Pei Y., Wu J., Zhong X., Liu H., Xue Y. // Comprehensive reviews in food science and food safety. 2025. 24(2): e70166. https://doi.org/10.1111/1541-4337.70166

2. Стріха Л.О., Петрова О.І., Шестаковська Н. В. // Таврійський науковий вісник. Сільськогосподарські науки. 2020. 115: 236-241.

3. Михальська О.М., Білоцерківець Т.І. // Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків. http://bioenergy.gov.ua/sites/default/files/articles/17_t2_374_0.pdf

ЕНТОМОКОМПОСТУВАННЯ ЯК СТАЛИЙ АГРОТЕХНОЛОГІЧНИЙ ІНСТРУМЕНТ: ЕФЕКТИВНІСТЬ ФРАСУ *HERMETIA ILLUCENS* У ПОЛЬОВИХ УМОВАХ

Н. Кость[1], С. Василюк[2]

Національний університет "Львівська Політехніка", Львів, Україна,
[1]аспірант, nazarii.r.kost@lpnu.ua
[2]професор, sofiia.v.vasyliuk@lpnu.ua

На сьогодні у світі стрімко збільшується чисельність населення. Відповідно до росту популяції збільшуються потреби в харчових продуктах, а разом із цим - і кількість неспожитих продуктів, тобто харчових відходів. Очікується, що до 2050 року кількість населення досягне позначки 10 мільярдів осіб, а кількість згенерованого людьми сміття - 3.4 мільярди тон, 44% з яких це органічні відходи [1]. Разом з цим виникає гостра потреба в розвитку методів безпечної утилізації біологічних відходів та необхідність у виробництві більшої кількості харчів. Весь цикл виробництва харчової продукції починається з вирощування рослинної сировини, яка потім використовується як їжа або корм для годівлі тварин. Використання

добрив покращує родючість грунту, забезпечує рослини мікро- та макроелементами, підвищує врожайність. Упродовж тривалого часу люди використовували мінеральні добрива. Проте через постійне здорожчання енергоносіїв виробництво мінеральних добрив та їх використання стало менш вигідним. Крім того, доведено, що близько половини добрив, внесених для рослин, засвоюється, поки решта зумовлює забруднення, а саме закислення грунтів, втрату біорізноманіття, кліматичні зміни [2]. Для цих двох проблем доцільно послуговуватися циклічною моделлю виробництва, суть якої полягає у тому, що з відходів роблять нові продукти. Перспективною є біоконверсія харчових відходів за допомогою комах Коловодниці чорної (*Hermetia illucens*) в біомасу комах, що в подальшому слугуватиме кормом для тварин та ентомокомпосту (англомовний термін - frass) - органічного добрива для рослин. Ентомокомпост (фрас) складається з неспожитих комахами залишків субстрату, похідними від комах - виділення і екзоскелетів, та пулу мікроорганізмів, які його ферментують [3]. Ентомокомпост містить основні для рослин макроелементи (N, P, K) на рівні 2-4% кожного на суху масу (залежно від субстрату, який споживали комахи) та більше 90% органічної речовини, що робить його цінними органічним добривом рослин [4].

Проведено дослідження потенційної цінності ентомокомпосту, отриманого при вирощуванні Коловодниці чорної, який вносили під посіви кукурудзи (*Zea mays*) гібриду Blackrock в кількості 7.5 тон на гектар (суха речовина - 75.3 %). Добриво вносили в міжряддя кукрудзи та механічно змішували з грунтом, щоб уникнути розсіювання вітром. Густота посіву рослин - 88000/га. Контрольні ділянки удобрювалися сечовиною з розрахунку 150 кг/га (N-69 кг/га). Усі ділянки разом з контрольною мали трикратну повторність і рандомізоване розміщення між собою. Дослідні ділянки знаходились у Львівській області (49°52'50.4"N 24°12'29.8"E) та були площею 50 м^2. Висоту рослин вимірювали тричі: на етапі росту, коли було 9-10 листків; стадія цвітіння; перед збором врожаю зерна.

Результати експерименту з додаванням фрасу *Hermetia illucens*, як органічного добрива в додаток до мінерального (сечовина) демонструють зміни у висоті рослин, швидкості росту, кількості зерен в качані та кінцевій урожайності кукурудзи за умов промислового вирощування.

На стадії росту кукурудзи 8-10 листків середня висота рослин контрольної групи становила 45.83±6.91 см, в той час як висота дослідних рослин становила 60.27 ± 3.08 см. Під час фази цвітіння кукурудзи висота контрольної групи була 172.53 ± 15.65 см, тоді як рослини, вирощені з додаванням фрасу, були висотою 211.48 ± 9.73 см. В кінці експерименту, під час збору урожаю (стебла рослин висохли) висота кукурудзи, яка росла з додаванням сечовини була 234.18 ± 12.39 см, натомість дослідні рослини були вищими -- 262.62 ± 9.12 см. Таким чином, різниця у висоті контрольної групи рослин під час всього періоду вегетації була помітно нижчою в порівнянні з рослинами, що додатково удобрювалися ентомокомпостом.

Подібно до різниці у висоті рослин спостерігалася і відмінність в урожайності між контрольною та дослідною групами рослин. Середня врожайність для контрольної групи рослин становила 13.82 ± 0.53 т/га, а для дослідної - 15.8 ± 1.15 т/га. Варто також зазначити, що довжина качанів контрольної групи рослин була 18.12 ± 0.18 см, а дослідної 19.19 ± 0.4 см. Кількість зерен у качані також різнилася. Для контрольної групи середнім було значення 593±8 зерен/качан, а для дослідної – 639 ± 15 зерен/качан. Таким чином, підвищення врожайності дослідної групи кукурудзи було зумовлене більшими розмірами качанів і, відповідно, - більшою кількість зерен в качанах.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. I. G. Lopes, J. W. Yong, C. Lalander // *Waste Manag.* 2022. 142: 65–76. doi: 10.1016/j.wasman.2022.02.007.

2. I. Bouhzam et al. // *Sustain. Prod. Consum.* 2025. 56: 460–476. doi: 10.1016/j.spc.2025.04.012.

3. N. E. A. Basri, N. A. Azman, I. K. Ahmad, F. Suja, N. A. A. Jalil, N. F. Amrul // *Foods*. 2022. 11(17). doi: 10.3390/foods11172664.

4. G. Lomonaco, A. Franco, J. De Smet, C. Scieuzo, R. Salvia, P. Falabella // *Insects*. 2024. 15(4). doi: 10.3390/insects15040293.

ПИВОВАРІННЯ ЯК ЕВОЛЮЦІОНУЮЧА БІОТЕХНОЛОГІЧНА СИСТЕМА

А.В. Калач[1], О.Г. Швець[2]

Сумський НАУ , м. Суми, Україна,
[1]студ. 1м ФАТП, alinka.kalach15@gmail.com
[2]доцент кафедри біотехнології та хімії, olgvlasenko@gmai.com

Пивоваріння, одна з найдавніших галузей харчової промисловості, що зародилася задовго до християнства, історично поєднувала ремесло та емпіричні знання, зберігаючи свою актуальність донині. На сучасному етапі ця галузь являє собою комплексну біотехнологічну систему, яка динамічно інтегрує досягнення мікробіології, хімії, інженерії, автоматизації та інформаційних технологій. Згідно з визначенням Bull A.T., біотехнологія охоплює три ключові компоненти: організми, застосування та процеси. Розглядаючи сучасне пивоваріння через цю призму, можна чітко ідентифікувати кожен із зазначених елементів, демонструючи еволюцію цієї давньої практики в інтеграцію наукових та високотехнологічних підходів, спрямованих на забезпечення стабільної якості продукції та задоволення споживчих вимог.

Першочергову роль в пивоварінні відіграють мікроорганізми - різноманітні штами пивних дріжджів *(Saccharomyces cerevisiae* та *Saccharomyces pastorianus*) для ферментації, а також бактерії (наприклад, *Lactobacillus, Pediococcus* у виробництві кислих елів), які здійснюють процес бродіння, перетворюючи цукри на етанол та вуглекислий газ, а також формуючи широкий спектр смако-ароматичних сполук. Селекція та культивування різних штамів дріжджів є ключовим біотехнологічним аспектом, що визначає унікальні характеристики різних сортів пива. У крафтовому пивоварінні активно використовуються нетрадиційні, дикі та гібридні штами, розширюючи біологічне різноманіття виробництва. Крім того, важливу роль відіграють рослинні організми – ячмінь та інші зернові, що піддаються процесу солодування для отримання необхідних ферментів та цукрів, а також хміль (Humulus lupulus) з його унікальними хімічними сполуками.

Пивоваріння є прикладом застосування біологічних процесів для перетворення сировини на кінцевий продукт з бажаними властивостями – смаком, ароматом, вмістом алкоголю та іншими характеристиками. Це включає використання ферментативної активності солоду, метаболічної діяльності дріжджів та антимікробних властивостей хмелю для створення складного хімічного профілю пива.

Виробництво пива є багатостадійним біотехнологічним процесом, кожен етап якого (підготовка сировини, затирання, фільтрація, варіння, бродіння, дозрівання та розлив) потребує ретельного контролю технологічних параметрів (температури, pH, часу, концентрації), оскільки навіть незначні відхилення можуть суттєво вплинути на органолептичні властивості та колоїдну стабільність кінцевого продукту.

Ключові біотехнологічні етапи включають затирання, де ферментативне розщеплення крохмалю до ферментованих цукрів (глюкози та мальтози) визначає подальший хід бродіння за участі ферментів, що є продуктами біологічної активності. Процес варіння з хмелем не лише забезпечує гіркоту та пастеризацію, але й завдяки антимікробним властивостям хмелю стабілізує сусло та формує специфічний ароматичний профіль.

Охолодження сусла та подальша ферментація є ключовими біотехнологічними етапами, на яких штами пивних дріжджів здійснюють контрольований біосинтез основних метаболітів пива. У процесі ферментації відбувається активне продукування етанолу та

вуглекислого газу, які визначають міцність та карбонізацію напою. Водночас утворюється широкий спектр вторинних метаболітів (естери, вищі спирти, альдегіди та інші сполуки), що формують складний смако-ароматичний профіль, характерний для різних типів пива. Застосування дріжджів верхового (при вищих температурах) або низового (при нижчих температурах) бродіння є визначальним фактором у виробництві елів та лагерів відповідно, зумовлюючи відмінності в їхньому хімічному складі та органолептичних властивостях.

Необхідною умовою стабільного виробництва є комплексний контроль якості, що включає фізико-хімічний (визначення екстрактивності початкового сусла, вмісту спирту, pH, кольору шкалою EBC або SRM, ступеня насичення CO_2 за допомогою рефрактометрії, спектрофотометрії, газової хроматографії, ІЧ-спектроскопії), органолептичний та особливо мікробіологічний аналіз. Останній спрямований на запобігання контамінації небажаними мікроорганізмами (дикими дріжджами, бактеріями родів Lactobacillus, Pediococcus), що можуть призвести до псування продукту.

Сучасна пивоварна індустрія характеризується активним впровадженням інноваційних технологій. Автоматизовані системи керування (SCADA, PLC) забезпечують точне підтримання технологічних параметрів та моніторинг виробничих процесів у реальному часі. Застосування цифрових технологій, таких як інтернет речей (Internet of Things, IoT) та штучний інтелект, відкриває нові перспективи для аналізу великих обсягів даних, прогнозування характеристик пива контролю температурних режимів і виявлення потенційних дефектів до появи відхилень у продукції.

Окремою тенденцією є зростання сектору крафтового пивоваріння, що вирізняється не стільки масштабами випуску, скільки креативним підходом до рецептур, експериментами з різноманітними сортами солоду, хмелю, нетрадиційними інгредієнтами (прянощами, фруктами, травами) та використанням нетрадиційних (зокрема диких та гібридних) штамів дріжджів. Такий підхід зумовлює збагачення ринку новими стилями – кислими елями, димленими лагерами, фруктовими IPA тощо.

Важливим аспектом є зростаюча увага до екологічної складової. Сучасні пивоварні інтегрують принципи сталого розвитку, спрямовані на мінімізацію водоспоживання, впровадження енергоефективних технологій, рециклінг побічних продуктів (пивної дробини для кормів, біоенергетики). Очисні системи сприяють зниженню екологічного навантаження, а біорозкладна упаковка допомагає зменшити обсяг пластику.

На світовому ринку спостерігається виражена тенденція до зростання попиту на безалкогольне пиво, особливо серед молоді та прихильників здорового способу життя. Цей мейнстрім сучасності зумовлює підвищений інтерес до передових методів деалкоголізації, таких як мембранна фільтрація, вакуумна дистиляція та осмотичні процеси. Всі ці інновації вимагають ретельного контролю та адаптації існуючих технологічних процесів до нових вимог ринку.

У підсумку зазначимо, що сучасне пивоваріння є динамічною та високотехнологічною галуззю харчової промисловості, яка успішно поєднує багатовікові традиції з останніми досягненнями науки та техніки. Подальший розвиток галузі визначатиметься інтеграцією цифрових технологій, розширенням крафтової культури, посиленням екологічної свідомості та інноваціями у виробництві функціональних напоїв, таких як безалкогольне пиво.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Bamforth C.W. // Beer: Tap into the Art and Science of Brewing. 2023.
2. Briggs D., Boulton C., Brookes P. Stevens R. // Brewing: Science and Practice. 2004.
3. Bull A.T. // Biotechnology, the art of exploiting biology. In Microbial Diversity and Bioprospecting (ed. Bull,l A.T.). 2004. 3.
4. DSTU 3888:2015 // Beer. General technical conditions. 2015. 17 p.
5. Kunze W. // Technology Brewing and Malting. 2019.

БІОТЕХНОЛОГІЧНІ ПІДХОДИ ДО ВИКОРИСТАННЯ ЕКСТРАКТІВ ВОДОРОСТЕЙ В АГРОНОМІЇ

Є.В. Грибуля[1], О.Г. Швець[2]

Сумський НАУ, м. Суми, Україна,
[1]студ. 4курс ФАТП, gribulya.zhenya@ukr.net
[2]доцент кафедри біотехнології та хімії, olgvlasenko@gmai.com

У сучасному сільському господарстві спостерігається чітка тенденція до пошуку екологічно сталих та ефективних рішень для підвищення продуктивності рослинництва та забезпечення їхньої стійкості до комплексу абіотичних і біотичних стресових факторів. У цьому контексті особливу увагу привертає використання екстрактів водоростей, які є концентрованим джерелом різноманітних біологічно активних сполук. До таких сполук належать фітогормони, полісахариди, амінокислоти, мінеральні елементи, антиоксиданти та осмопротектори, що обумовлюють широкий спектр їхнього позитивного впливу на фізіологічні процеси та адаптивні можливості сільськогосподарських культур.

Ефективне розкриття потенціалу водоростей в агрономії безпосередньо залежить від застосовуваних біотехнологічних методів отримання цільових екстрактів. Процес екстракції є ключовим етапом, що визначає якісний та кількісний склад кінцевого продукту. На сьогоднішній день у цій галузі використовуються як традиційні, так і новітні підходи. Традиційні методи, зокрема водна, спиртова та кислотно-лужна екстракція, залишаються актуальними завдяки своїй доступності та здатності вилучати певні класи біологічно активних сполук. Водна екстракція ефективна для вилучення гідрофільних компонентів, спиртова – для органічних сполук, а кислотно-лужна – для специфічних полісахаридів.

Водночас, інтенсивний розвиток біотехнологій зумовив появу та впровадження низки новітніх екстракційних методів, що характеризуються підвищеною ефективністю та екологічністю. Ультразвукова екстракція, заснована на кавітаційних ефектах, сприяє інтенсивному руйнуванню клітинних стінок водоростей, значно збільшуючи вихід екстракту за умов низьких температур та короткого часу обробки. Мікрохвильова екстракція прискорює масообмін між клітинами та розчинником, дозволяючи зберігати термолабільні сполуки. Ферментативна екстракція, що базується на використанні специфічних ферментів, забезпечує високу селективність процесу та мінімізує використання агресивних хімічних реагентів. Надкритична флюїдна екстракція з використанням CO_2 дозволяє отримувати висококонцентровані екстракти без залишкових розчинників, а субкритична водна екстракція є екологічно чистим методом для вилучення широкого спектру сполук. Перспективним напрямом є також застосування комбінованих підходів, що поєднують переваги різних методів для досягнення оптимального результату.

Екстракти водоростей знаходять широке застосування в сучасному сільському господарстві як натуральні біостимулятори та засоби підвищення стійкості рослин до стресових факторів. Біологічно активні сполуки, що входять до їхнього складу, комплексно впливають на фізіологічні процеси рослин. Зокрема, природні фітогормони стимулюють ростові та розвиткові процеси, а осмопротектори та антиоксиданти підвищують толерантність рослин до абіотичних стресів, таких як посуха, екстремальні температури та засолення ґрунту. Крім того, екстракти водоростей можуть покращувати засвоєння поживних елементів, сприяючи ефективнішому використанню мінеральних добрив та підвищенню якості врожаю за рахунок збільшення вмісту корисних речовин. Окремі компоненти екстрактів також виявляють потенціал у індукції системної стійкості рослин до фітопатогенів. Залежно від агрономічних цілей та виду культури, екстракти водоростей можуть застосовуватися для обробки насіння, позакореневого та кореневого підживлення, а також для обробки ґрунту. Дослідження демонструють позитивний вплив екстрактів водоростей на різні

сільськогосподарські культури, що проявляється у підвищенні врожайності, стійкості до несприятливих умов та покращенню загального фітосанітарного стану посівів.

Отже, використання біотехнологічних підходів до отримання та застосування екстрактів водоростей є перспективним напрямом розвитку екологічно орієнтованих агротехнологій. Різноманіття методів екстракції дозволяє отримувати продукти з різним складом біологічно активних сполук, адаптовані до специфічних потреб сільськогосподарських культур.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Висоцький А.І. // Науковий вісник СНАУ. 2020. 4: 45–50.
2. Дудар Т.М., Павлюк В.І. // Вісник аграрної науки. 2023. 3: 33–39.
3. Сидоренко І.П. // Аграрна наука і практика. 2021. 2: 26–31.
4. Khan W., Rayirath U. P., Subramanian S., Jithesh M. N., Rayorath P., Hodges D. M., et al. // Journal of Plant Growth Regulation. 2021. 39: 123–140.

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ БОРОШНА СПЕЛЬТИ ДЛЯ ХЛІБОБУЛОЧНИХ ВИРОБІВ З ВИСОКОЮ ГІДРАТАЦІЄЮ ТІСТА

В.Г. Єнгібарян[1], Д.О. Жигунов[2]

Одеський національний технологічний університет, м. Одеса, Україна
[1]здобувач СВО «Доктор філософії», vengi3010@gmail.com
[2]д.т.н., проф. vengi3010@gmail.com

У сучасному хлібопеченні зростає інтерес до високогідратованого тіста, що дозволяє отримати пористий м’якуш, хрустку скоринку та продовжену свіжість готових виробів. Цей тренд зумовлений як змінами у споживчих вподобаннях, так і прагненням оптимізувати виробничі процеси за рахунок зниження кількості додаткових інгредієнтів. Проте традиційне пшеничне борошно не завжди забезпечує стабільність структури при високій вологості тіста, особливо за нестачі сильних білкових фракцій. Це актуалізує пошук нових сировинних компонентів, здатних стабілізувати тісто з підвищеною гідратацією.

Одним із таких компонентів може стати борошно зі спельти – древнього виду пшениці, який нині переживає ренесанс в ремісничому та функціональному хлібопеченні. Його застосування розширюється також у сегменті крафтового виробництва, де цінується не лише смак, а й автентичність, натуральність сировини. Окрім того, спельта набуває популярності серед споживачів, які дотримуються принципів чистого харчування (clean label) і прагнуть уникати продуктів з покращувачами або хімічними добавками.

Борошно спельти має вищий вміст білків порівняно зі звичайною м’якою пшеницею, проте якість цієї клейковини є дещо нижчою. У спельті переважають гліадинові білки, що забезпечують пластичність, але не утворюють достатньо міцного еластичного каркасу тіста. Внаслідок цього тісто з такого борошна має м’яку та липку консистенцію, менш стабільну структуру та тенденцію до розтікання при випіканні. Це ускладнює виробництво хліба з гідратацією понад 75 %. Висока гідратація тіста ускладнює механізовану обробку, що є критичним фактором для великих галузевих підприємств.

Водночас борошно спельти має підвищену ферментативну активність, вміст вітамінів та мінералів, що сприяє покращенню харчової цінності готових виробів.

Характерною рисою спельтового тіста є добра розтяжність та м’який м’якуш із вираженим горіхово-солодовим ароматом. Це робить його привабливим для споживачів, які надають перевагу продуктам з м’яким смаком і високим рівнем засвоюваності. Також важливо

відзначити, що хліб зі спельти часто краще переноситься людьми з підвищеною чутливістю до глютену, хоча він не є безглютеновим, що розширює його споживчу нішу.

Для ефективного використання борошна спельти у тісті із високою гідратацією слід враховувати низку технологічних особливостей. Таке тісто вимагає менш інтенсивного замішування, щоб уникнути надмірного руйнування слабкої клейковини. Також доцільно зменшити кількість води на 5-10 % у порівнянні з аналогічними пшеничними рецептами. Для покращення об'єму виробів і структури м'якушу можливе використання природних або харчових поліпшувачів, а також подовження ферментації або застосування автолізу. Автоліз у поєднанні з тривалою холодною ферментацією дозволяє частково компенсувати нестачу еластичності тіста та покращити його стабільність під час випікання.

Застосування заквасок замість дріжджів також сприяє стабілізації тіста завдяки біохімічному зміцненню білкової сітки. Закваски додатково підвищують смакові характеристики хліба та сприяють подовженню терміну його зберігання за рахунок органічних кислот, що пригнічують розвиток плісняви. Окрім цього, ферментовані тістові заготовки зі спельти можуть бути адаптовані до технології заморожування, що відкриває можливості для виробництва заморожених напівфабрикатів у сегменті здорового харчування.

Незважаючи на деякі складнощі у роботі з тістом зі спельти, досвід пекарів показує, що за правильного підходу можна досягти добрих результатів: хліб має ніжну текстуру, тривалий термін збереження свіжості та підвищену біологічну цінність. У європейській практиці спельта активно використовується у сумішах із пшеничним борошном у співвідношенні 20–50 %, що дозволяє поєднати харчові переваги обох культур та компенсувати слабку клейковину спельти.

Таким чином, борошно спельти є перспективним інгредієнтом для розробки сучасних хлібобулочних виробів з високою гідратацією тіста, що поєднують харчову цінність, натуральність та технологічну адаптивність.

ГОРИЗОНТАЛЬНА ПЕРЕДАЧА ПЛАЗМІД ЯК ФАКТОР ПОШИРЕННЯ АНТИБІОТИКОРЕЗИСТЕНТНОСТІ СЕРЕД ЕНТЕРОБАКТЕРІЙ

Т.Б.Дідик[1], П.С. Юрко[2]

ННЦ «Інститут експериментальної і клінічної ветеринарної медицини», Харків, Україна,
[1]провідний науковий співробітник, didykmicr@ukr.net ,
[2]завідувачка лабораторії молекулярної діагностики, yurkopolina81@gmail.com

Формування і поширення резистентності до бета-лактамів, зокрема до карбапенемів у грамнегативних бактерій є однією з найбільш актуальних проблем антибіотикорезистентності (Wang X. et al, 2018). Всесвітня організація з охорони здоров'я визнала продукування карбапенемази бактеріями *Klebsiella pneumoniae* та *Escherichia coli* проблемою міжнародного рівня (Bordin A. et al, 2019).

Однією з відомих карбапенемаз є Нью-Делі метало-β-лактамаза (NDM), яка відрізняється універсальністю і дуже високою здатністю розщеплювати усі види бета-лактамних антибіотиків.

Швидке зростання поширеності інфекцій, викликаних NDM-позитивними штамами ентеробактерій здебільшого пояснюється горизонтальною передачею плазмід (Ye L. et al, 2019; Liu Z. et al, 2017), невеликих молекул подвійної багатониткової, спіральної, нехромосомної ДНК, які часто мають гени, що кодують стійкість до антибіотиків (Virolle C. et al, 2020). Процес кон'югації дозволяє бактеріям переносити копію R-плазмід іншим бактеріям (Wang B. et al, 2024). Горизонтальне перенесення генів антибіотикорезистентності може відбуватися не тільки між штамами усередині виду, але й між різними видами *Enterobacteriaceae* (Khalid S. et al , 2020).

Метою нашого дослідження було визначити здатність та, якщо вона є, термін передачі гену *blaNDM* від штаму *Klebsiella pneumoniae* до штаму *Escherichia coli* за умови сумісного культивування.

У якості донора гену *blaNDM* було відібрано штам *Klebsiella pneumoniae*, виділений із зовнішнього середовища, що мав ген *blaNDM*. У якості реципієнта обрали референтний штам *Escherichia coli*, який не являвся носієм гену *blaNDM*. Дослідження проводили за різних умов культивування бактерії у двох формах існування – планктонній та біоплівковій. Ген *blaNDM* виявляли за допомогою полімеразної ланцюгової реакції (ПЛР).

Після сумісного культивування штамів у МПБ за температури 30°С через 3, 7 та 10 днів проводили відбір бактерій у планктонній формі та з біоплівки з подальшим пересіванням на середовище Ендо у різних розведеннях для отримання одиничних колоній. Колонії клебсієл та ешеріхій з середовища Ендо досліджували за допомогою ПЛР на наявність гену *blaNDM*.

Ген *blaNDM* виявлявся в бактеріальних клітинах *Escherichia coli* у біоплівковій формі на 7 день сумісного культивування з *Klebsiella pneumoniae*. У планктонній формі на 10-й день культивування ген *blaNDM* не виявлявся.

В результаті проведених досліджень встановлено факт перенесення гену *blaNDM* від штаму *Klebsiella pneumoniae* до штаму *Escherichia coli* у біоплівці. У планктонній формі передачу даного гену не виявлено, однак це не виключає можливості горизонтального перенесення плазмід у цій формі і, можливо, пояснюється недостатнім терміном сумісного культивування штамів бактерій. Дослідження продовжуються.

ЗАХОДИ ЗБЕРЕЖЕННЯ ТА ВІДТВОРЕННЯ ВИДОВОЇ РІЗНОМАНІТНОСТІ УСТРИЦЬ У ЧОРНОМУ МОРІ

Е.А. Чаусов[1], Н.Ю Кібенко[2]

Державний біотехнологічний університет, кафедра біотехнології, молекулярної біології та водних біоресурсів, м. Харків, Україна
[1]студент бакалаврського рівня вищої освіти, causovegor@gmail.com
[2]старший викладач, svetakibenko67@gmail.com

За літературними даними у середині 1950-х років чисельність личинок устриць у літній період сягала 2000 лич./м ^{3} (Захваткіна, 1959). Наприкінці 1970-х років відбулося різке зниження чисельності устриць природних поселень (Іванов та ін., 1976). Головні причини – на тлі посиленого антропогенного преса, поширення раковинної хвороби, спричиненої мікрогрибком *Ostracoblabe implexa* та хижака-вселенця черевоного молюска *Rapana thomasiana* . У 1980-ті роки розроблено основи біотехніки вирощування устриць у штучних умовах (Монін, 1990). Вид *O. edulis* занесений до Червоної книги України. Вигляд *O. lamellosa* , мабуть, через відсутність єдиної думки про ареал поширення та чітку видову диференціацію між устрицями, не внесений до державного реєстру охорони.

По опису, устриці двох видів розрізняються за формою раковини і маківки (Скарлато, Старобогатов, 1972) . Раковина *O.* 3-65 м зустрічається *O. edulis* і на 8-10 м - *O. lamellosa* .

Застосовуючи способи селекції у відборі маточного стада і при вирощуванні личинок, відтворення чорноморських устриць можна проводити в розплідниках. Біотехніка культивування чорноморських устриць включає такі етапи: відбір та кондиціювання виробників, отримання, вирощування та осадження личинок, підрощування спату, нарощування мікроводоростей – корми для виробників, личинок та спату.

Нерестовий період чорноморських устриць починається у червні за температури +18°С. Плавне підвищення температури води до +21°С, рясне харчування, щоденна зміна води та постійна аерація - необхідні умови підготовки устриць до нересту в розпліднику. Нерест відбувався через 4-5 діб від початку стимуляції. Виношування личинок тривало протягом 5-6

діб за температури +21,4°С. При відомому початку нересту та тривалості виношування личинок, можна виключити етап кондиціонування виробників у розпліднику для отримання більш життєстійкої молоді.

Вихід (або «роїння») личинок із супрабранхіальної порожнини самок тривав протягом 6 діб. Максимальна кількість личинок, випущених самками, визначено третього дня. Відзначено вплив материнського ефекту на початкові розміри, темпи зростання та виживання личинок. З кожним наступним днем розміри випущених велігерів збільшувалися і до кінця терміну «роїння» їхня довжина склала 168,5 і 170,8 мкм відповідно у *O. edulis* та *O. lamellosa* при середніх значеннях висоти раковини 152,0 і 154,0 мкм. Ставлення висоти раковини до її довжини становило 0,90; відношення довжини замкового краю до середньої довжини раковини – відповідно 0,59 та 0,55. Відмінності метричних показників для велігерів двох видів устриць перебувають у межах помилки середніх значень кожному за виду. Проте, аналіз будови замкового краю раковини, як важливої систематичної ознаки двостулкових молюсків, дозволяє визначити видову приналежність личинок. У велігерів *O. edulis* на правому і лівому замковому краї стулок є чотири прямокутні зуби (вид зверху раковини): по два в передній і задній частинах стулки, розділених гладким простором. Велігера *O. lamellosa* в задній частині лівого замкового краю є один прямокутний зуб (вид зверху), а в правому - виїмка. При огляді з боку верхівки зуб нагадує трапецію, що розширюється. Виїмка на правій стулці розширюється до основи. При утриманні виробників двох видів устриць у морі в одному виростному садку, відбулося міжвидове схрещування. В результаті отримані гібридні личинки, у яких замковий край раковин мав проміжну будову: а) на лівій стулці два прямокутні зуби, обмежені виїмками та розділені гладким простором; замок на правій стулці має чотири прямокутні зуби: по два в передній і задній частині стулки з виїмками між ними; б) у правому та лівому замковому краї по два прямокутні зуби, розділені гладким простором; в) у правій стулці замкового краю два зуби ззаду та один спереду, у лівому замку – по одному прямокутному зубу.

Обидва види чорноморських устриць – *O. edulis* та *O. lamellosa* – нині є зникаючими та їх відтворення можливе лише у розплідниках під час проведення селекції на стійкість до раковинної хвороби. Елементи біотехніки одержання та культивування личинок двох видів устриць ідентичні. Личинки двох видів устриць, що проходять аналогічні стадії розвитку, розрізняються за будовою замкового краю раковин та морфо-метричними показниками.

БІОТЕХНОЛОГІЯ ВИРОБНИЦТВА ФРУКТОВОГО ПИВА

К.К. Остапенко[1], Н.Ю Кібенко[2]

Державний біотехнологічний університет, кафедра біотехнології, молекулярної біології та водних біоресурсів, м. Харків, Україна
[1]студент бакалаврського рівня вищої освіти, kostya.ostapenko.03.a@gmail.com
[2]старший викладач, svetakibenko67@gmail.com

Споживання пива широко поширене, так як це найбільш споживаний алкогольний напій і третій серед звичайних напоїв. та захист пива завдяки його ефекту зниження pH та антибактеріальної активності, яка пригнічує грампозитивні бактерії, але неефективна проти пивних дріжджів, що робить пиво безпечним джерелом пиття.

Відомо, що аромат пива виникає в основному за рахунок вроджених хімічних летких сполук ячмінного солоду (або в результаті термічної обробки під час складання), хмелю і дріжджового метаболізму (розвитку пива в процесі бродіння та витримки). В даний час ідентифіковано кілька різних летких сполук. Їх можна поділити на п'ять груп:

- з інгредієнтів, таких як ячмінний солод та хміль,
- з обсмаженого солоду та киплячого сусла

- як побічні продукти метаболізму дріжджів під час ферментації,
- через забруднення мікроорганізмами,
- через невідповідні умови зберігання, такі як вплив кисню та сонячного світла.

Хоча сировина практично однакова для всіх стилів пива, деякі аромати та смаки є унікальними для пива, виробленого традиційним способом, і, мабуть, пов'язані з метаболізмом штамів дріжджів під час витримки.Проводиться безліч досліджень хімії ароматичних сполук пива, особливо з погляду складу та структури летких складних ефірів, які можуть відрізнятися залежно від різних традиційних процесів пивоваріння.

Тому для сучасної технології пивоваріння першорядне значення має найкраще розуміння ключових летких ароматичних сполук, що оптимізує процес вибору сировини та штаму дріжджів, а також для протоколів контролю якості. Таким чином, на додаток до соціокультурних аспектів, пов'язаних із споживанням пива, метою цього огляду є опис кількох біокомпонентів пива, визначення їх поживної функції та їх ролі в органолептичних властивостях пива.

IMPROVED TECHNOLOGY FOR NON-ALCOHOLIC WINE VIROBITS

A. Zazulina[1], N. Kibenko[2]

National Biotechnological University, Kharkiv, Ukraine
[1]student of bachelor's degree level of higher education, anastasia.yazubovich@gmail.com
[2]senior lecturer, svetakibenko67@gmail.com

Entry Wine virobulation is a complex biotechnological process that includes several stages. Grape wine - drink, distill alcohol fermented grape juice. Behind the warehouse and the container, it is already diluted with all the alcoholic drinks. Winemaking is a complex process of reconstituting grapes and wine, which is based mainly on the life of microorganisms. Therefore, in order to carry out technological processes using the method of extracting high-viscosity wine, it is necessary to know the biology of microorganisms of grape must and to carry out similar transformations.

Relevance of work. The wine should contain vitamins, enzymes, minerals and essential oils. It is clear that drinking wine in small quantities does not harm the human body, but, in fact, has a positive effect on the circulatory system. Wine has antibacterial properties. Please note that those who regularly drink this drink may be exposed to harmful bacteria.

Wine has a lot of advantages, they can be overdone endlessly. Before drying, wine improves the human body, promoting vitality. Dry wine also contains an important element – resveratrol. This product enhances the process of aging cells, reduces obesity, and, moreover, can act as a method of preventing cancer, diabetes, heart disease and blood vessels.

Another benefit of regularly drinking wine in small amounts is that it helps remove oxolates from the body, thereby preventing the formation of stones in alcoholics and helping to reduce the risk of type 2 diabetes.

If you look at the power of dry white and red wines, then there are also cardinal differences. There’s a lot more to be left behind in the vibrancy technology. For example, red dry wine develops its brown powers from the skins, which also contain the color of the wine. The skin itself contains a variety of antioxidants. At home, white, dry wine is made from grape pulp and juice from white grape varieties. And the brown skin is soaked in juice before fermentation. It’s impossible to say loudly that it’s too expensive to bring only red wine. Whiter wine also bears the color of power. For example, mixing this drink with mineral water can help fight atherosclerosis. Also, the normal consumption of white wine pleasantly infuses the work of the legen. Even whiter wine, when cooled, directly reduces the release of gas and helps with anemia and impaired speech metabolism. And smut, which may be brown and white wine - these are positive emotions in the process of your experience. Rozhevo wine costs here between white and red wine. This drink can be used in small cases for liver

diseases, colitis and hypertension. The stock of rye wine has an abundance of potassium and phosphorus, which have a positive effect on the nervous system. Warto note that in the course of regular research, the American Cardiological Association has concluded that much dry wine or a small number of other alcoholic beverages do not harm the human body.

This relevance is also due to the fact that wine production in Ukraine and the World is one of the most prestigious types of winemaking activity. Well, these enterprises create a large number of workers. The profitability of such enterprises can reach 100 %. Today, the three leaders in the wine market – Italy, France and Spain – account for 48 % of all light wine production. Ukraine has little visibility in the light market, but there is little potential for increased production and export.

In 2019, the world's winegrowers set an absolute record for the last 15 years: the volume of wine production for the river increased by 17 %. In Ukraine at the time of 2020, 119 million liters of wine were produced and Ukraine exported 14.4 million liters of wine, which is twice as much as in 2019, although wine imports to Ukraine in 2020, the increase was 22% equal to 2019. At the same time, wine-growing galus is developing in Ukraine. The demand for wine products will continue to increase in Ukraine, the wine market will become increasingly saturated, and the demand for wine specialists will increase.

Meta robots. Improved technology for the production of wine sprouts, development of new recipes and wine sprout products. Robotic results. Improved technology for the production of wines is based on further changes in savory fruits and fruits in the distribution of different types of cheese, in the proportion of ingredients and volumes. There are different types of cheese: different varieties of grapes, currants, cherries and half and many other fruits. And also - a mixture of different types of cheese in different proportions. In these cases, changes were made to the classic preparation technology: yeast was added (wine and food), water was added, ethyl alcohol was added. Several pieces of the same grain are given a varying amount of time for the fermentation process. Also, some dishes from the same cheese are given a thin texture of the crust, but are not added to the roast.

New recipes have been developed for the production of wines and wine extracts (for example, wine extract). The skin recipe gives the wine a singing relish and power (savory power, flowing into the body, a number of wrappers, a number of peels), which rises from all others. The skin peeling method (recipe) has its own advantages: time of preparation, vigor of sweet cheese, savory fruit, softness of the drink, sweetness, etc. minds. This work provides up-to-date information on the biotechnological production of wine fungi in Ukraine and the World, their rate and stagnation. The recipes and technology for the production of wines have been improved to enhance the quality of the product and the variety of products.

CRISPR/CAS-СИСТЕМИ ЯК ІНСТРУМЕНТ ДЛЯ СТВОРЕННЯ ГЕНЕТИЧНО МОДИФІКОВАНИХ ШТАМІВ *E. COLI*

А.В. Григоренко

Державний біотехнологічний університет, Харків, здобувачка 4-го курсу бакалаврського рівня вищої освіти, hryhorenko.anna.v@gmail.com

Науковий керівник: старший викладач кафедри біотехнології, молекулярної біології та водних біоресурсів Кібенко Н.Ю.

CRISPR/Cas-системи, зокрема тип II, є адаптивним імунним механізмом бактерій, який забезпечує захист від вірусів та плазмід. У Streptococcus pyogenes ця система складається з Cas9-нуклеази та двох РНК-компонентів: crRNA (CRISPR RNA) і tracrRNA (trans-activating CRISPR RNA). crRNA містить послідовність, комплементарну до мішеневої ДНК, тоді як tracrRNA забезпечує структуру, необхідну для зв'язування з Cas9. У лабораторних умовах ці дві РНК часто об'єднують у єдину молекулу — однониткову направляючу РНК (sgRNA), яка спрощує систему без втрати функціональності.

Механізм дії CRISPR/Cas9 починається з формування комплексу Cas9-sgRNA. Цей комплекс сканує ДНК на наявність специфічної короткої послідовності, відомої як PAM (protospacer adjacent motif) [1]. Для Cas9 із S. pyogenes типовою PAM є 5'-NGG-3', де "N" — будь-який нуклеотид . PAM необхідна для розпізнавання мішені та ініціації розриву ДНК. Після зв'язування з PAM, sgRNA базується з комплементарною послідовністю мішеневої ДНК, утворюючи R-петлю. Це активує каталізаторну активність Cas9, що призводить до розриву обох ланцюгів ДНК приблизно за три нуклеотиди вгору за течією від PAM [2].

CRISPR/Cas9 забезпечує точне та ефективне редагування геному, що робить його потужним інструментом у молекулярній біології та біотехнології.

CRISPR/Cas-системи були ефективно адаптовані для використання в бактеріях, зокрема в *Escherichia coli*, завдяки їх простоті та високій специфічності. У порівнянні з традиційними методами мутагенезу [3], ця система дозволяє проводити редагування геному з надзвичайною точністю, включаючи делеції, точкові мутації та інсерції, без потреби у складній рекомбінаційній системі. У більшості протоколів для *E. coli* використовується плазмідна доставка компонентів системи CRISPR/Cas9: один плазмід несе ген Cas9 та систему sgRNA, а другий — донорну ДНК для гомологічної рекомбінації [4].

Оскільки *E. coli* має ефективні механізми репарації ДНК, CRISPR/Cas9 зазвичай поєднують з донорними шаблонами, що мають гомологічні фланки, для індукції гомологічної рекомбінації. Це дозволяє вставляти нові гени або видаляти цілі ділянки з високою ефективністю [5]. Наприклад, Cas9-індукована дволанцюгова перерва активує механізми репарації, які за наявності донорного шаблону спрямовують інтеграцію потрібної послідовності.

В *E. coli* доставка компонентів здійснюється переважно шляхом електропорації — методу, який забезпечує високу трансформаційну ефективність навіть при введенні великих плазмідних конструкцій. Також застосовуються кон’югаційні системи або вірусні вектори, але вони менш поширені через технічну складність.

Завдяки цьому, CRISPR/Cas9 використовується для модифікації метаболічних шляхів у E. coli, наприклад, шляхів біосинтезу амінокислот, біопалива або лікарських речовин. Одне з практичних застосувань — редизайн шляху гліколізу з метою перенаправлення флюксів до цінних метаболітів, таких як бутанол або малонова кислота [6].

Іншим прикладом є створення мутантів *E. coli* зі зруйнованими або модифікованими генами для дослідження їх функцій, що дозволяє глибше зрозуміти регуляцію транскрипції, відповіді на стрес чи механізми патогенності. Таким чином, CRISPR/Cas-системи стали універсальним інструментом у генетичній інженерії E. coli.

CRISPR/Cas-системи мають низку переваг у порівнянні з попередніми технологіями редагування геному, такими як цинкові пальцеві нуклеази (ZFNs), трансактиваторні ефекторні нуклеази (TALENs) та методи рекомбінації. Насамперед, система CRISPR/Cas є простішою у проєктуванні: для спрямування Cas9 до потрібної ділянки геному достатньо змінити лише коротку послідовність у sgRNA, тоді як ZFN і TALEN потребують складного білкового інженерування для кожної нової мішені [7]. Крім того, CRISPR є більш гнучкою технологією, здатною до мультиплексного редагування — тобто одночасного редагування кількох генів — що важливо для створення промислових штамів з комплексними метаболічними змінами [8].

Попри численні переваги, CRISPR/Cas має і обмеження. Одне з основних — off-target ефекти, коли Cas9 розрізає нецільові ділянки геному через часткову гомологію з sgRNA. Це може призводити до небажаних мутацій, що особливо критично в терапевтичному чи промисловому застосуванні. Дослідження показують, що рівень off-target активності можна зменшити за рахунок модифікацій Cas9 (наприклад, використання Cas9-HF1 або eSpCas9) або ретельного проєктування sgRNA [9]. Іншим викликом є токсичність Cas9 для деяких штамів, зумовлена високим рівнем експресії або масовим виникненням дволанцюгових розривів ДНК, що перевантажують системи репарації клітини [10].

У перспективі розвиток технології CRISPR спрямований на подолання цих недоліків. Одним із перспективних напрямів є використання Cas12a (Cpf1) — нуклеази, яка має іншу

специфічність до PAM-послідовностей (TTTV замість NGG) і генерує "липкі кінці", що сприяє точнішій інсерції ДНК-фрагментів. Крім того, Cas12a потребує лише однієї crRNA, що спрощує конструкцію системи (Cell, 2015). Іншими перспективними інструментами є CRISPRi (інгібування транскрипції) та CRISPRa (активація транскрипції), які використовують каталітично неактивну Cas9 (dCas9), здатну блокувати або активувати транскрипцію без розрізання ДНК. Ці системи широко застосовуються у синтетичній біології для тонкого налаштування експресії генів.

Завдяки своїй модульності та ефективності, CRISPR/Cas-технології активно впроваджуються у створення промислових штамів бактерій, зокрема *E. coli*, для виробництва біопалива, амінокислот, ферментів та фармацевтичних препаратів. Також система використовується для створення генетичних контурів, біологічних логічних елементів і сенсорів у рамках напрямку синтетичної біології, що дозволяє розробляти складні біологічні машини для біотехнологічних задач. Таким чином, CRISPR/Cas є ключовим інструментом для майбутнього розвитку мікробної інженерії.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Integrated DNA Technologies. What is the PAM sequence for CRISPR and where is it? URL: https://eu.idtdna.com/pages/support/faqs/what-is-a-pam-sequence-and-where-is-it-located

2. Li T., Yang Y., Qi H., Cui W., Zhang L., Fu X., He X., Liu M., Li P. F., Yu T. // *Signal transduction and targeted therapy*. 2023. 8(1): 36. https://doi.org/10.1038/s41392-023-01309-7

3. Gong Y. N., Tang R. Q., Zhang Y., Peng J., Xian O., Zhang Z. H., Zhang S. B., Zhang D.Y., Liu H., Luo X.W., Liu Y. // *Frontiers in microbiology*. 2020. 11(102). https://doi.org/10.3389/fmicb.2020.00102

4. Addgene. CRISPR Plasmids: Bacteria. URL: https://www.addgene.org/crispr/bacteria/

5. Su S., Phua S. C., DeRose R., Chiba S., Narita K., Kalugin P. N., Katada T., Kontani K., Takeda S., Inoue T. // *Nature methods*. 2013. 10(11): 1105–1107. https://doi.org/10.1038/nmeth.2647

6. Bai X. G., Wang J., Li X., Li W., Xu J. // *Medicine*. 2020. 99(25): e20541. https://doi.org/10.1097/MD.0000000000020541

7. Jinek M., Chylinski K., Fonfara I., Hauer M., Doudna J. A., Charpentier E. // *Science (New York, N.Y.)*. 2012. 337(6096): 816–821. https://doi.org/10.1126/science.1225829

8. LaDeau S. L., Calder C. A., Doran P. J., Marra P. P. // *Ecological research*. 2011. 26(5): 909–916. https://doi.org/10.1007/s11284-010-0725-z

9. Doench J. G., Fusi N., Sullender M., Hegde M., Vaimberg E. W., Donovan K. F., Smith I., Tothova Z., Wilen C., Orchard R., Virgin H.W., Listgarten J., Root D.E. // *Nature biotechnology*. 2016. 34(2): 184–191. https://doi.org/10.1038/nbt.3437

10. Gong Y. N., Tang R. Q., Zhang Y., Peng J., Xian O., Zhang Z. H., Zhang S. B., Zhang D. Y., Liu H., Luo X. W., Liu Y. // *Frontiers in microbiology*. 2020. 11: 102. https://doi.org/10.3389/fmicb.2020.00102

JUSTIFICATION OF THE FEASIBILITY OF DEVELOPING RECIPE FOR PINEAPPLE-SWEETENED YOGHURT MADE FROM COW MILK AND SOY MILK

M. Makarenko[1], L. Myronenko[2]

State Biotechnological University, Kharkiv, Ukraine
[1]student of the first (bachelor's) level of education of biotechnology, molecular biology and water bioresources department, mipsmihail@gmail.com
[2]c.t.s., docent of biotechnology, molecular biology and water bioresources department, mironenko@btu.kharkiv.ua

Yogurt, a widely consumed fermented dairy product, has been enjoyed by diverse cultures around the world for centuries, revered for its unique taste, creamy texture, and significant nutritional benefits [1]. Traditionally, yogurt production involves the fermentation of milk sugars by specific bacterial cultures, resulting in a tangy and nutritious product rich in probiotics, a good source of protein and calcium [2]. However, the rising interest in plant-based diets that do not compromise on taste or nutritional value, has led to the exploration of alternative milk sources, such as soy milk, for yogurt production. Soy milk, derived from soybeans (Glycine max), is a lactose-free alternative with a different nutritional profile compared to cow milk [3]. It is rich in protein, low in saturated fat, and contains beneficial isoflavones [4]. However, transforming soymilk into a palatable and widely accepted yogurt product poses certain challenges, primarily related to flavor and texture. To address these challenges, natural sweeteners can play a crucial role [1].

In addition to the type of milk used, flavoring agents such as fruits are often added to yogurt to enhance its taste and appeal. Pineapple (*Ananas comosus*) is a tropical fruit known for its sweet and tangy flavor, rich in vitamins, antioxidants, and dietary fiber [5]. The inclusion of pineapple in yogurt not only improves its sensory characteristics, but also increases its nutritional value, including high vitamin C content and digestive enzymes [2]. The combination of cow milk, soy milk, and pineapple in yogurt production presents a novel approach to creating a dairy product that caters to diverse consumer preferences and dietary requirements [5]. Additionally, the use of a natural sweetener like pineapple aligns with the current trend towards healthier and more natural food additives, addressing consumer demand for clean-label products [3].

The formulation and evaluation of pineapple-sweetened yogurt made from cow milk and soy milk involves understanding the effects of these ingredients on the physicochemical properties of the yogurt, microbial load, sensory attributes, and proximate composition [4]. This study aims to investigate how varying the proportions of cow milk, soy milk, and pineapple in yogurt formulation impacts these key parameters, ultimately providing insights into the potential of soy milk and pineapple.

Soy milk was prepared with some modification [4]. Soybean (500 g) was steeped in 1 L of distilled water for 18 h at ambient temperature (28°C), then drained. The soybeans were boiled in distilled water for 20 min at 98°C. Then cooled and dehulled manually by rubbing between the palms to wash off the seed coat. Then distilled water added to form a ratio of 1:5 for soybean to water and blended properly. The resultant slurry was filtered through 3 layers of cheesecloth and the residue was discarded. The filtrate (soymilk) was boiled for 20 min, stirring continuously to cook it. Afterwards, it was cooled to 45°C before blending and inoculation with starter culture.

The pineapples were washed and pilled, then diced into pieces for ease of blending. It was blended using a food blender (Master chef blender, model no: MC– BL6731J). The pulp filtered with a cheese cloth, pasteurized for 85 °C for 3 minutes and cooled [5].

Full cream Dano milk powdered (500 g) made from cow milk was reconstituted with 2500 ml of distilled water and pasteurized at 85°C for 15 min to deactivate undesirable microorganisms. Afterward, it was allowed to cool to 45°C before blending and inoculation with starter culture [1].

Soy milk and cow milk were blended in the following ratio based on preliminary studies; 100:0, 75:25, 50:50 for cow milk and soy milk, respectively. The milk blends (1 l) at 45°C were inoculated with a freeze-dried starter culture (yogurmet), in separate beakers**.** After inoculation, samples were tightly

covered and placed in an incubator at 42°C for 8 h to ferment. Then, yoghurt samples were stirred properly and refrigerated at 4°C for further analysis [6]. Pineapple juice was added to the yoghurts after fermentation by dividing each blend into two. Such that one portion of each blend will have 10 % v/v of pineapple juice, while the other portion without pineapple were used as a control [7].

Consequently, the incorporation of soy milk and pineapple significantly altered the pH, titratable acidity, microbial load, and sensory attributes of the yogurt, with the pineapple-enhanced samples generally receiving higher acceptability scores. The proximate composition analysis further revealed that the inclusion of soy milk and pineapple reduced the moisture, ash, and fat content while increasing the carbohydrate content. These findings demonstrate the potential of soy milk and pineapple as functional ingredients in yogurt production, providing alternative formulations that can cater to diverse consumer preferences and dietary requirements.

REFERENCES

1. Otolowo D.T., Omosebi O.M., Araoye K.T., Ernest T.E., Osundahunsi O.F. // Food Prod Process Nutr. 2022. 4(1): 15. https://doi.org/10.1186/s43014-022-00093-1

2. Zhang X., Zheng Y., Zhou C., Cao J., Zhang Y., Wu Z., Pan D., Cai Z., Xia Q. // Ultrason Sonochem. 2024. 105: 106857. https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2024.106857

3. Cui L., Chang S.K.C., Nannapaneni R. // Food Control. 2021. 119: 107474. https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2020.107474

4. Mishra B.K., Hati S., Das S., Prajapati J.B. // Food Technol Biotechnol. 2019. 57(3): 399-407. doi: 10.17113/ftb.57.03.19.6103. PMID: 31866753, PMCID: PMC6902289.

5. Sawant P., Kumar D., Patil V., Ingale Y., Sawant D. // Int J Food Ferment Technol. 2015. 5: 69. https://doi.org/10.5958/2277- 9396.2015.00008.2

6. Ezeonu C.S., Tatah V.S., Nwokwu C.D., Jackson S.M. // Adv Biotechnol Microbiol. 2016. 1(5): 555573.

7. C. A. Okafor, G. U. Eze // World Journal of Biology Pharmacy and Health Sciences. 2024. 19(02), 449–455. https://doi.org/10.30574/wjbphs.2024.19.2.0542

EVALUATION OF ANTIOXIDANT ACTIVITY OF BEER WITH ADDED TOPINAMBOUR

I. Tymchenko[1], L. Myronenko[2]

State Biotechnological University, Kharkiv, Ukraine
[1]student of the first (bachelor's) level of education of biotechnology, molecular biology and water bioresources department, ivantimcenko05@gmail.com
[2]c.t.s., docent of biotechnology, molecular biology and water bioresources department, mironenko@btu.kharkiv.ua

In the recent years identifying some natural sources of obtaining alcoholic beverages with high biological activities is becoming more and more intense. The addition of some medicinal plant extracts, for example, represents the most effective substrate, because the resulting drinks have exquisite taste and aromas. It will also result in a product with a high content of biologically active compounds which are effective in degenerative and cardiovascular diseases and even in diabetes. These are intended to be an alternative to coffee and medicinal herbal tea [1]. The big disadvantage comes from the ethanol intake, which increases the symptoms in people suffering from neurodegenerative disorders.

These beverages are effective due to the proposed formulas, to the degree of ingredient processing and to the stability of bioactive components. The process of digestion causes, in this case, an inactivation of a significant portion of the bioactive compounds, and also a transformation into other compounds with a smaller molecular weight [2]. From here, results the impact and stability that the bioactive component

(mainly phenolic compounds) has to establish a composition with high bioavailability [1]. The purpose of this study was to determine the antioxidant potential of some natural alcoholic beverages, correlated with a chromatographic analysis of the phenolic acids that are present. The tests were carried out by *in vitro* and *ex vivo* methods.

Preparation of alcoholic beverages from topinambour. Tubers of topinambour, called also Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus*) were well cleaned of the soil and washed with water under pressure. They were autoclaved for one hour at 120-130^{0}C, and then milled to obtain a homogenous paste. The decoction is obtained from topinambour supplemented with starch from corn / apple fruit in a ratio of 1:1.

The decoction with starch was heated up to 500C, pH 6 - 6.5 and Spritase HiTaA17105L (0.4 mL / kg) was added. The mixture was maintained at 50^{0}C for 30 min with constant stirring. Subsequently, glucoamylase Spritase GA 14400 (0.7 mL / kg) was added. In the final stage Danstil A at a dose of 25 g / 100 L decoction was added and the temperature was maintained at 25-32^{0}C. The fermentation lasts for 3-5 days. The liquid undergoes a triple distillation and the final product had an alcoholic strength of 60-65 degrees.

The apple decoction was heated up to a temperature of 80^{0}C, and then cooled to the fermentation temperature, 30^{0}C, whereupon the selected yeast - Danstil A (25 g / 100 L decoction) were added. The temperature was maintained at 25-32^{0}C. The fermentation lasts for 6-7 days, and the distillation process was the same as described for the first variant.

In the final stage were obtained distillates supplemented with natural extracts in a ratio of 10-15 %, sweetened with stevia 1 %, then filtered through the filter with plates. The analyzed extracts had the following composition: BF 1 topinambour and apple distillate; BF 2 topinambour, apple and cinnamon distillate; BF3 topinambour and starch distillate; BF 4 topinambour, starch and cinnamon distillate; BF 5 topinambour, starch, momordica and stevia distillate; BF 6 topinambour, starch, wild berries and stevia distillate; BF 7 topinambour, apple, momordica and stevia distillate; BF 8 topinambour, apple, wild berries and stevia distillate. As a control a distillate from topinambour (BF 9) aged for four years in oak barrel was used.

Total antioxidant Activity (TAA) of beers was determined by the method reported by Khan et al., 2013 [3] with little modifications. 0.1 mL of samples was mixed with 0.6 mL of reaction mixture containing 0.6 M sulphuric acid, 28 mM sodium phosphate and 1 % ammonium molybdate into the Falcon tubes. The Falcon tubes were incubated at 93°C for 10 min to complete the reaction, in a Memmert. The absorbance was measured at 695 nm using a Helios λ spectrophotometer. Ascorbic acid and quercetin (1 mg/mL) were used as standards. % TAA was calculated using the following equation, % TAA = [(AC – AS)/AC)×100, where AC is the absorbance of the control, and AS is the absorbance of the sample [4-6].

The distillates which were derived from the fermentation of topinambour showed an antioxidant activity at least comparable to the one of the controls (ascorbic acid). BF 6 presented a similar value, averaging at 65 ± 0.7 %, but lower than that of the second standard (quercetin) with about 7± 0.15 %. The remaining samples had values higher by 2-3 % compared to that of the quercetin. An exception was BF 9, which had a TAA value of 84 ± 1.50 %, with over 15% higher compared with quercetin (1 mg / mL). If normally TAA value increases with increasing the concentrations of product in the tested sample [3], in the case of distillates the stability of the phenolic component represents the key element in the expression of the antioxidant potential. Also, following the aging process (4 years) TAA of the distillates of topinambour is a high one, averaging around 75 ± 0.08 %, similar to that expressed by ascorbic acid and by BF 5, which contains momordica and was sweetened with stevia.

Compared to other beers containing a high amount of anthocyanins, the BF 6 and BF 8 samples have a very low content of ascorbic acid, linked to long-term stability. Had it been present, the ascorbic acid would have led to loss of biological activity, as a result of the degradation of the anthocyanin component. These results are consistent, according to studies by Hernandez-Herrero, M.J. Frutos, 2015, to a color stability of the product, and the antioxidant activity is also directly influenced by the presence of these flavonoids in wild berries, along with tannins [7, 8].

Such beers, containing natural bioactive compounds, sweetened with stevia, can be consumed even by people with diabetes. Cinnamon and wild berries mask the unpleasant taste of stevia, resulting in

a formulation containing a high level of bioactive compounds, and therefore the target groups can have a normal lifestyle. These innovative formulas are not encouraging the consumption of alcohol, but represent an attempt to show that a small amount of alcohol can have beneficial effects on the organism, by an intake of antioxidants with high stability, due to the provision of valuable secondary metabolites.

REFERENCES

1. Ferruzzi M.G. // Physiol. Behav. 2010. 100(1): 33.

2. Vamanu E., Pelinescu D., Avram I., Nita S. // BioMed Res. Int. 2013. Article ID 289821, p. 1.

3. Khan M.A., Rahman A.A., Shafiqul I., Khandokhar P., Parvin S., Islam M.D.B., Hossain M., Rashid M., Sadik G., Nasrin S., Mollah M.N.H., Alam Ahm K. // BMC Res. Notes. 2013. 6(24): 1.

4. Miguel M., Bouchmaaa N., Aazza S., Gaamoussi F., Lyoussi B. // Fres. Environ. Bull. 2014. 23(6): 1.

5. Owusu J., Ma H., Wang Z., Afoakwah N. A., Zhou C., Amissah A. // J. Food Biochem. 2015. 39: 91.

6. Khlifi S., Hachimi Y.E.L., Khalil A., Es-safi N., Abbouyi A.E. // Indian J. Pharmacol. 2005. 37(4): 227.

7. Hernandez-Herrero J.A., Frutos M.J. // Food Chem. 2015. 173: 495.

8. O. Vasile Pop, A. Vamanu, A. Erdelyi Pop, E. Vamanu, S. Nita // Rev. Chim. (Bucharest). 2016. 67(7): 1301-1305.

Секція 2 ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ У ПРИРОДОКОРИСТУВАННІ Й ЕКОЛОГІЧНОМУ РОЗВИТКУ, ГЕОЕКОЛОГІЧНИЙ СТАН МІНЕРАЛЬНО-СИРОВИННИХ І ЗЕМЕЛЬНИХ РЕСУРСІВ: ВИКЛИКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ

ГРУПУВАННЯ СХИЛОВИХ ЗЕМЕЛЬ В КОНТЕКСТІ ЇХ ПОВОЄННОГО ВІДНОВЛЕННЯ

В.П. Коляда[1, 2]

[1]Національний Науковий Центр «Інститут грунтознавства та агрохімії імені О. Н. Соколовського», Харків, Україна, завідувач лабораторії ОГВЕ та ДМД, koliadavalerii@gmail.com

[2]Східноукраїнський національний університеті імені Володимира Даля, Київ, Україна, доцент кафедри агрономії та землеустрою, kolyada@snu.edu.ua

Ерозійна деградація грунтів, представлена водними, вітровими та агротехнічними ерозійними процесами в агроландшафтах, лишається важливою проблемою сьогодення та продовжує заважати повній реалізації агровиробничого потенціалу схилових земель сільськогосподарського призначення в Україні. Так, площа сільськогосподарських угідь, які зазнають впливу водної ерозії – складає 13,3 млн. га, вітрової ерозії (дефляції) – 6 млн. га, а всього від ерозії потерпає 40% земель ріллі. Серед схилових грунтів близько 4,5-5,0 млн. середньо- і сильнозмитих грунтових відмін, площа ярів складає близько 140 тис. га, а їх кількість перевищує 500 тис. Близько 70 % площ земель полезахисних лісосмуг до 2019 р. залишалися у складі земель запасу, резервного фонду або загального користування державної власності, через що охорона, догляд та поновлення смуг не здійснювалася, що викликало їхню руйнацію та втрату захисних функцій. Щорічні втрати від ерозії в Україні сягають близько 500 млн. тон ґрунту, з яких 24 млн. тон гумусу, 1млн. тон азоту, 700 тис. тон фосфору, 10 млн. тон калію, що в грошовому еквіваленті складає 5 млрд. дол. США.

Крім того, прояви ерозійних процесів набувають загрозливих масштабів в контексті розвитку таких актуальних та таких, що можуть поширюватися в майбутньому, кліматичних (метеорологічних) явищ, як: інтенсивні опади, повені та тимчасові водні потоки, пилові бурі, посухи, спекотні періоди та лісові пожежі. До екологічних загроз схиловим землям з наявністю еродованих відмін грунтів та ризиком прояву ерозійних процесів можна віднести і території з масштабними лісовими пожежами, які мали місце через воєнні дії 2022-2023 рр.. Разом з тим, в Україні напрацьовано значний обсяг наукових робіт, присвячених питанню агротехнологічного (еколого-технологічного) групування схилових земель сільськогосподарського призначення в залежності від ступеня їх крутизни та типу грунту.

Для визначення режимів землекористування схиловою ділянкою необхідно керуватися вимогами «Методичних рекомендацій щодо розроблення проектів землеустрою, що забезпечують еколого-економічне обґрунтування сівозміни та впорядкування угідь». Згідно даного документу необхідно провести виділення агротехнологічних груп земель за кутами нахилу їх поверхні та типу ґрунту: I група – до 3°, слабопошкоджені і слабозмиті грунти, II група – від 3 до 5°, середньо і сильнозмиті грунти, III група – понад 5 чи 7°, переважно сильнозмиті грунти з формуванням ерозійних форм релєфу. До двох ключових принципів еколого-ландшафтної системи землеробства на схилах можна віднести:

- екологічно орієнтований блок інформації - устрій агроландшафтів (шляхом організації території) як фундамент, на якому формується система землеробства незалежно від категорій землекористувачів і форм власності. Вирішення цієї задачі передбачає оптимізацію

співвідношення угідь і категорій земель, контурну організацію території, оптимальне розміщення захисних лісонасаджень, гідроспоруд, ділянок, призначених під залуження та ділянок природних територій (в тому числі деградованих та малопродуктивних земель);

- агротехнічний грунто-водоохоронний блок інформації (структура посівних площ, сівозміна, система обробітку грунту, внесення добрив і та ін.) адаптується до створеної просторової структури агроландшафту. В умовах відновлення земель повинен передбачати розширене відновлення родючості грунтів і має будуватись на принципах екологізації та біологізації землеробства.

Основні напрями групування схилових земель в контексті їх повоєнного відновлення та сталого використання на думку автора мають спиратися на потреби малих та середніх за розміром господарюючих в сфері агровиробництва суб'єктів. При цьому значна консультаційна, наукова, та інша підтримка може надаватися науковими установами Національної академії аграрних наук України, численними громадськими організаціями та численними дорадчими службами.

Окремим напрямком розвитку може стати орієнтація господарства з робочими ділянками, розташованими на схилових територіях на виробництво екологічно чистої рослинницької або тваринницької продукції. Існуючі системи землеробства на схилових землях можуть включати в себе не тільки контурно-меліоративну оргіназацію території з широким впровадженням комплексу грунтоводоохоронних організаційно-господарських, агротехнічних та агролісомеліоративних заходів. Реалізація підходів і практик сталого землекористування, запозичених з систем біодинамічного, екологічного, кліматично орієнтованого, точного, рецеркуляційного і регенеративного землеробства може також сприяти більш екологічно і економічно виваженому групуванню схилових земель в контексті їхнього повоєнного відновлення.

В рамках анонсованих напрямів фінансування агропродовольчого сектору та сектору охорони довкілля і зеленого переходу відповідно до Програми фінансової підтримки України від Європейського союзу «Ukraine Facility» виникають додаткові можливості 1) удосконалення інституційної та нормативної бази агровиробництва, її відновлення та модернізації після війни та інтеграції в європейські ринки збуту, 2) реалізації конкретних бізнес-проєктів, відновлення та збереження природних ресурсів, розбудови циркуляційної економіки та запобіганню забрудненню земель. Дані ініціативи відповідають досягненню глобальних цілей сталого розвитку від Організації Об'єднаних Націй та сприяють оперативному повоєнному відновленню ерозійно небезпечних територій із складним рельєфом, до яких відносяться схилові землі у південно-східній частині України.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ:

1. Булигін С.Ю. // Формування екологічно сталих агроландшафтів. 2005. 300 с.

2. Kolyada V. P. // Materials of 8th International Soil Science Congress on Land Degradation and Challenges in Sustainable Soil Management. Section: Soil and Water Conservation, Izmir, Turkey. 2012. 159-162.

3. Belis C.A., Petrosian A., Turos O., Maremuhka T., Morhulova V., Kona A., Djatkov D., Caudullo G., Ceccherini G., Beck P.S.A., San-Miguel J., Arias Navarro C., Wojda P., Jones A., Hanke G., Mariani G., Carravieri A. // European Commission: Joint Research Centre. Status of Environment and Climate in Ukraine, Publications Office of the European Union, Luxembourg. 2025. JRC141480. Отримано з: https://data.europa.eu/doi/10.2760/6292177

4. Наказ Державного агенства земельних ресурсів України від 02.10.2013 № 396 «Про затвердження Методичних рекомендацій щодо розроблення проектів землеустрою, що забезпечують еколого-економічне обґрунтування сівозміни та впорядкування угідь». Отримано з: https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0396821-13#n9

5. План для «Ukraine Facility» задачі та зміст (Березень, 2024). 30 с. Отримано з: https://ucci.org.ua/uploads/files/660538ef4bad0109308362.pdf

WHAT IS SPECIES360?

U. Kałążny

Support Representative, Species360, USA
uljana.kalazny@species360.org

Abstract The ongoing loss of biodiversity and rapid environmental change make international cooperation and data-driven strategies vital in conservation biology. Species360, a non-profit organization, provides the Zoological Information Management System (ZIMS), enabling over 1,300 institutions in more than 100 countries to record and share data about *ex-situ* populations of animals. These centralized tools support evidence-based decisions in veterinary care, welfare tracking, and genetic population management. Alongside ZIMS, Hortis offers a parallel platform for plant collection data, reinforcing ecosystem-level conservation. Together with population management tools like PMx and the Conservation Science Alliance, Species360 empowers global biodiversity management through standardized, collaborative data systems.

Introduction Species360's mission is to foster international collaboration in the collection and sharing of zoological and botanical data. With over five decades of data accumulation, the organization's systems—particularly ZIMS—have become essential tools in managing animal health, reproductive success, and global population strategies.

Data-Driven Tools for Conservation and Management

At the heart of Species360 is ZIMS, a software offering modules for animal husbandry, medical care, aquatic system monitoring, and population management. Key functionalities include:

- ZIMS for Husbandry helps track daily animal care activities such as feeding, housing, enrichment, and inventory, making it easier to manage and improve animal welfare.

- ZIMS for aquarists: Continuous water quality data feeds directly into species health and habitat management decisions.

-ZIMS for Studbooks and Population Management: Enables genetic tracking and strategic breeding through integrated global studbooks, crucial for maintaining genetic diversity and ensuring viable *ex-situ* populations.

- Medical ZIMS: Veterinary teams benefit from shared data such as anesthesia summaries, expected test results, and drug usage patterns, aiding in the development of evidence-based medical protocols for even the rarest taxa.

- Welfare Tracking Tools: The Care and Welfare module and shared behavioral templates support standardization and transparency in welfare assessments across institutions.

Species360 Conservation Science Alliance and Biobanking

The presentation also introduced the Species360 Conservation Science Alliance (CSA), a network of academic, research, and conservation institutions using ZIMS data to inform strategies at global and regional scales. Additionally, the organization's vision for biobanking aims to make wildlife genetic materials globally discoverable, accelerating scientific research and species recovery programs.

Global Impact and Member Contributions

Accurate and consistent data collection is fundamental to modern conservation, as it enables institutions to monitor animal health, guide breeding decisions, support welfare assessments, and contribute to global efforts in species preservation through platforms like ZIMS and Hortis.

Conclusion As biodiversity faces growing threats, tools like ZIMS and Hortis show that data is one of the most important tools for conservation. By helping institutions around the world collect and share information in a standard way, Species360 supports better and faster decisions in managing animals and plants. This shared data helps improve animal care, plan breeding programs, monitor health, and protect endangered species. With more cooperation and access to reliable information, we can take stronger action to protect nature for the future.

AN OVERVIEW OF THE BIO-BASED COATING ON PAPER AGAINST MOSH FOR IMPROVING FOOD PACKAGING SAFETY

A. Shevchenko[1], V. Timchenko[2], L. Myronenko[3]

[1]Alfa Laval Application & Innovation centre, Copenhagen, Denmark
Global Technology Department Manager, alexey.shevchenko@alfalaval.com
[2]National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", Kharkiv, Ukraine
c.t.s., docent, professor of fat and fermentation products technology department,
valentinatimcenko05.08@gmail.com
[3]State Biotechnological University, Kharkiv, Ukraine
c.t.s., docent of biotechnology, molecular biology and water bioresources department,
mironenko@btu.kharkiv.ua

Mineral oil hydrocarbons (MOH) are commonly derived from petroleum and consist of complex compositions, mainly mineral oil saturated hydrocarbons (MOSH) and mineral oil aromatic hydrocarbons (MOAH), often found in industrial mineral oils [1]. Recent toxicological studies on MOSH have highlighted their bioaccumulative nature. Prolonged consumption of MOSH-contaminated food can lead to significant MOSH accumulation in the body, posing a serious threat to human health [2].

Paper and paperboard are usually used for food packaging material owing to their degradability, recyclability, and wide resource. However, MOH components are present in printing inks and recycled food packaging paper. Moreover, cardboard may retain residual inks. Studies [3] have demonstrated that MO from packaging materials can migrate to packaged food, rendering paper-based food packaging a significant source of MO exposure to humans. Various authorities such as the European Food Safety Authority (EFSA), European Directorate for the Quality of Medicines & HealthCare (EDQM), German Federal Institute for Risk Assessment (BfR), Switzerland, France, and other countries have imposed restrictions on MOSH content and migration in food packaging paper and cardboard. The National Key Laboratory for Testing of Food Contact Materials found that 37.6 % of food packaging paper samples exceeded the MOSH limit (> 2 mg/kg), with the highest migration level at 364 mg/kg. Therefore, urgent measures are needed to reduce MOSH content and associated safety risks in paper-based food packaging.

Food packaging materials must safeguard against contamination by bacteria and provide barriers against oxygen, moisture, and oil to prolong food freshness and shelf life, an area of increasing concern [4]. However, the porous network structure of paper material results in limited barrier properties and mechanical strength. Currently, the primary method for preventing MOSH migration to food involves applying a plastic barrier layer (film) or aluminium foil to the paper surface [5]. However, plastics in some applications are expected to be replaced because of their non-degradability. Meanwhile, studies have shown that plastic can release some hydrocarbons that are similar to MOSH [1]. Moreover, the use of plastic or aluminium foil coating could increase the difficulty of recycling paper or cardboard. One of the research teams used activated carbon as a coating on the surface of paper for MOSH adsorption, and results showed that activated carbon can prevent detectable migration of MOH. However, its barrier effect is not good [6].

Therefore, studies on enhancing the barrier and adsorption capabilities against MOSH, as well as the antibacterial properties and mechanical strength of paper packaging materials, can offer valuable insights into replacing plastics with paper in food packaging. However, current studies on the use of biomass-based and environmentally-friendly coatings for paper packaging materials have primarily focused on their food protection attributes, with limited focus on their ability to block external chemical contaminants [7, 8, 9].

In certain research [10], a bio-based coating using sugarcane fibre (SF), anionic starch (AS), nanofibrated cellulose (NFC), and chitosan (CTS) were developed and applied to the internal surface of a food packaging white cardboard. Furthermore, the SF-AS-NFC-CTS bio-coating has a

hydrophilic nature, which enhances the barrier property toward non-polar MOSH components [11]. Summarily, the bio-coating possesses both high adsorption capacity and strong barrier properties towards MOSH components.

Several studies [11, 12] have demonstrated that the migration of MOHs from paper to the external environment follows the Weibull distribution law. Specifically, the detachment curve of MO adheres to the first-order kinetic release model. Under specific temperatures, the migration quantity progressively increases over time until it reaches equilibrium. Therefore, the proposed bio-based SF-AS-NFC-CTS coating, applied to the interior side of food packaging cardboard (in contact with food), is expected to exhibit adsorption and slow-discharge properties against MOSH, reducing the amount of MOSH that migrates in the food. Additionally, the barrier property of the coating is anticipated to hinder the overall migration of MOSH from the paper packaging materials into the packaged food, preserving the quality of the food throughout its designated shelf life.

For this reason, that it would be appropriate for the world scientific community to turn its attention to a bio-based SF-AS-NFC-CTS coating is developed and applied to the surface (contact food) of food packaging white cardboard to reduce the migration of MOSH from paper box printing ink to packaged food. The significantly increased specific surface area of the coating leads to the SF-AS-NFC-CTS coated white cardboard exhibiting excellent adsorption and slow discharge effect on MOSH. This can effectively prevent MOSH migration from paper or cardboard into packaged food.

Meanwhile, for the coated white cardboard, the use of the SF-AS-NFC-CTS coating significantly improved its gas–oil barrier characteristics, mechanical strength (including tensile strength and folding durability), thermal stability, and antibacterial effect against both *E. coli* and *S. aureus*. Moreover, SF-AS-NFC-CTS-coated paper packaging materials can effectively replace PE-coated materials in dry food (fatty and non-fatty) packaging applications. Because of the inherent water adsorption capability of paper material and coating compositions, we believe that it would be worthwhile to focus further research on investigating the water resistance of these bio-based coatings.

REFERENCES

1. Biedermann, M., Grob, K. // J. Chromatogr. A. 2012. 1255: 76–99. https://doi.org/10.1016/j.chroma.2012.05.096 .

2. Schrenk D., Bignami M., Bodin L., Del Mazo J., Grasl-Kraupp B., Hogstrand C., Hoogenboom L.R., Leblanc J.C., Nebbia C.S., Nielsen E., Ntzani E., Petersen A., Sand S., Schwerdtle T., Vleminckx C., Wallace H., Alexander J., Goldbeck C., Grob K., Gómez Ruiz J. Á., Mosbach-Schulz O., Binaglia M., Chipman J.K. // EFSA J. 2023. 21: e08215. https://doi.org/10.2903/j.efsa.2023.8215 .

3. Zhu L., Zhang H., Chen Y.F., Pan J.J., Liu A.D., Pan F., Zhang J.B., Zhong H.N. // Biomed. Environ. Sci. 2019. 32: 130–133. https://doi.org/10.3967/bes2019.018 .

4. Li K.Y., Hu C.Y., Zhong H.N., Chen Y.F., Yang Y.P., Wang Z.W. // Mod. Food Sci. Technol. 2016. 32: 302–308. https://doi.org/10.13982/j.mfst.1673-9078.2016.2.044 .

5. Laine C., Pitkänen M., Ohra-Aho T., Gestranius M., Ketoja J.A. // Packag. Technol. Sci. 2016. 29: 571–583. https://doi.org/10.1002/pts.2239 .

6. Lommatzsch M., Richter L., Biedermann-Brem S., Biedermann M., Grob K., Simat T.J. // Eur. Food Res. Technol. 2016. 242: 1727–1733. https://doi.org/10.1007/s00217-016-2672-6 .

7. Wang W., Gu F., Deng Z., Zhu Y., Zhu J., Guo T., Song J., Xiao H. // Carbohydr. Polym. 2021. 255: 117431. https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2020.117431 .

8. He Y., Li H., Fei X., Peng L. // Carbohydr. Polym. 2021. 252: 117156. https://doi.org/10.1016/J.CARBPOL.2020.117156 .

9. Razavi R., Tajik H., Moradi M., Molaei R., Ezati P. // Carbohydr. Res. 2020. 489: 107912. https://doi.org/10.1016/j.carres.2020.107912 .

10. Xue M., Huang R., Wen Z., Li W., Chai X., Huang L. // Progress in Organic Coatings. 2024. 194: 108590 https://doi.org/10.1016/j.porgcoat.2024.108590

11. Guazzotti V., Limbo S., Piergiovanni L., Fengler R., Fiedler D., Gruber L. // Food Packaging and Shelf Life. 2015.3: 9–18. https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2014.09.003

12. Cai H.M., Ji S.L., Zhang J.Z., Tao G.S., Peng C.Y., Hou R.Y., Zhang L., Sun Y.M. // Food Addit. Contam. A. 2017. 34: 1632–1642. https://doi.org/10.1080/19440049.2017.1331470

ENERGY-SAVING TECHNOLOGIES WITHIN LARGE MANUFACTURING COMPANIES IN THE NORTN OF FRANCE

U. Bauduin[1], H. Korobkova[2]

[1] Dunkirk Clarebout, Dunkirk, France,
Manager SSE, ubauduin@free.fr
[2] State Biotechnological University, Kharkiv,
Associate Professor, Ukraine, korobkova.ann@gmail.com

The Government in France is taking action to limit greenhouse gas emissions as far as possible, in line with our international commitments, and to adapt our society to the effects of climate change [1]. France's ambition is to eliminate greenhouse gas emissions on national soil by 2050 [2].

In general, in the north of France there are several companies where the introduction of energy-saving technologies would be rational. Several avenues of action can be implemented to reduce energy consumption within large manufacturing companies in this region:

1. Consumption Assessment and Monitoring:

– Energy Audit involves: Conduct a comprehensive audit of facilities (buildings, processes, utilities) to identify the most energy-intensive areas and Prioritize actions based on return on investment and savings potential.

– Energy Management System (ISO50001) includes: Implement a formalized energy policy with quantified objectives and also an action plan and the Continuously monitor consumption using meters and an energy dashboard.

– Performance Indicators implies the Set-up alarms in case of deviation.

2. Process Optimization:

–Waste Heat Recovery implies Install heat exchangers on hot exhaust gases (furnaces, paint ovens, compressors) to preheat process water or air.

–Preventive Maintenance involves: Ensure regular timing of motors, pumps, and compressors to maintain optimal efficiency and check the tightness of networks (steam, compressed air) to limit leaks, which are often very costly.

–Standby and Automation includes: Equip machines and utilities (compressors, pumps, conveyors) with load shedding and automatic shutdown systems in case of inactivity and Schedule shutdowns outside of production (nights, weekends).

3. Utilities Efficiency:

– Compressed Air implies the Installation check valves and monitor pressure gauges to detect leaks.

– Heating and Air Conditioning includes: Implement fine-tuning (probes, motorized valves, BMS) to adapt the temperature to the actual needs of production areas and Thermal insulate networks and buildings (walls, roofs, doors).

– Lighting involves: Replace with high-efficiency LEDs and install occupancy detectors in unoccupied areas and the using natural light as much as possible (skylights, light wells).

4. Renewable Energy and Cogeneration:

– Photovoltaic Panels is primary the Installation solar modules on roofs or parking lots to cover part of electricity consumption.

5. Awareness and Governance:

– Staff Training and Involvement implies: Train operators in best practices (machine shutdown, turn off lights, report leaks) and implement an "energy challenge" with collective objectives and rewards.

– Role of an Energy Manager is primary the Appointing an internal leader to coordinate actions, monitor indicators, and lead the process.

– Charter and Communication implies the Developing an energy charter signed by management and regularly communicate the gains made.

Generally, the reducing energy consumption in a large manufacturing company relies on a systemic approach: from precise diagnostics to process optimization, including utility efficiency, the integration of renewable energies, and team mobilization. By combining these levers, substantial savings can be achieved, the carbon footprint reduced, and competitiveness strengthened.

REFERENCES

1. Draft EPP. № 3. March 2025. URL: https://www.consultations-publiques.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/02__projet_de_ppe_3_en.pdf

2. Report The Value for Climate. Action. URL: https://www.strategie.gouv.fr/en/publications/de-laction-climat#:~:text=France's%20ambition%20is%20to%20eliminate,carbon%20capture%20and%20storage%20technology.

THE BEST ENERGY-SAVING TECHNOLOGIES EXIST IN BELGIUM IN AGRICULTURAL SECTOR

S. Allart[1], H. Korobkova[2]

[1] Clarebout, Warneton, Belgium,
Plant Maintenance Manager, sebastienallart@free.fr
[2] State Biotechnological University, Kharkiv,
Associate Professor, Ukraine, korobkova.ann@gmail.com

Belgium's agricultural sector is at the forefront of integrating energy-saving technologies, blending innovation with sustainability. Here are some of the most impactful solutions currently enhancing energy efficiency in Belgian farming:

Agrivoltaics: Dual-Use Solar Farming

Belgium is pioneering agrivoltaics systems, which combine solar energy production with agricultural activities. A notable example is the 13-hectare agrivoltaic project by Namur Agri Energie in Wallonia. Operational since September 2023, it features 15,000 high-efficiency photovoltaic panels generating 10 MWp of renewable energy – enough to power approximately 3,000 households annually. The installation is designed to enhance biodiversity, supporting sheep grazing and beekeeping, while integrating seamlessly with crop production.

DIY Energy-Efficient Farm Tools

The "Boer Bricoleur" initiative empowers Belgian organic farmers to design and build their own energy-efficient equipment. For instance, the e-weeder – a solar-powered tool – was developed at a fraction of the cost of commercial alternatives. The project promotes a circular economy by reusing materials like electric wheelchair parts and drip tape rollers, significantly reducing CO_2 emissions. Over 50 farmers participated in training sessions, and the project has fostered an active community sharing open-source designs.

Precision Agriculture with Remote Sensing

In Flanders, the "Klimrek" project assists farmers in adopting climate-resilient practices through precision agriculture. By utilizing satellite data and tools like WatchITgrow, farmers can optimize

irrigation and fertilizer use, leading to substantial water and nutrient savings. The project also incorporates climate scans to tailor strategies to individual farm conditions, enhancing resilience to extreme weather events.

Financial Incentives for Energy-Saving Investments

The Flemish government offers various funding opportunities to support energy-saving initiatives in agriculture. Programs like the Green Power call provide grants for solar panel installations on marginal land, while the Ecology Premium Plus reimburses up to 55% of additional costs for environmentally friendly investments. These incentives aim to encourage sustainable practices and reduce the financial burden on farmers.

Renewable Energy Integration Best Practices

Belgium promotes the integration of renewable energy sources in agriculture through several best practices:

– **Solar-Powered Monitoring**: Utilizing solar energy to power monitoring systems enhances precision farming and energy efficiency.

– **Biomass Utilization**: Converting agricultural residues into heat and power supports a circular economy and reduces reliance on external energy sources.

– **Hydropower**: Implementing micro-hydropower solutions, such as Pump as Turbine (PAT) technology, allows farms to harness renewable energy from existing water resources.

– **Geothermal Energy**: Employing geothermal systems to heat greenhouses reduces energy costs and supports year-round production, particularly in horticulture.

These practices not only enhance energy efficiency but also contribute to the sustainability of farming operations.

Belgium's commitment to energy-saving technologies in agriculture demonstrates a holistic approach to sustainability, combining innovation, community engagement, and supportive policies to create a resilient and efficient agricultural sector.

REFERENCES

1. Agrivoltaics' Solution Adopted by Namur Agri Energie in Belgium for Sustainable Farming and Energy. URL: https://solarimpulse.com/solutions-explorer/implementation-stories/agrivoltaic-solution-adopted-by-namur-agri-energie-in-belgium-for-sustainable-farming-and-energy?utm_source=chatgpt.com.

2. CAP funds help organic farmers in Belgium build and adapt their own equipment. URL: https://www.ccbt.be/nl/boerbricoleur.

3. Climate-resilient agriculture in Flanders. (2023, July 17). Prism VITO Remote Sensing. URL: https://eo.belspo.be/en/news/climate-resilient-agriculture-flanders?utm_source=chatgpt.com.

4. Energy-saving funding opportunities in Flanders. URL: https://be.fi-group.com/en/energy-saving/?utm_source=chatgpt.com.

5. Best practices for integrating renewable energy source in agriculture. URL: www.harvrest.eu/news-events/project-news/best-practices-for-integrating-renewable-energy-sources-in-agriculture/?utm_source=chatgpt.com.

ENVIRONMENTAL PROBLEMS IN AGRICULTURE AND THE WAYS OF THEIR SOLVING

T. Samadashvili

Scientific-Research Center of Agriculture, Tbilisi, Georgia
Doctor of Agricultural Sciences, Professor
t.samadashvili@agruni.edu.ge

The impact of agricultural production on the environment occurs in two main directions. The first - as the main source of the environment recovery, and the second - as a source of its active pollution.

A sharp reduction of agricultural lands in Georgia will soon become the main cause of environmental disaster. Imagine, in the 90s, agricultural crops occupied 900 thousand hectares. The ability of these plants to absorb carbon dioxide allowed us to have a cleaner environment. This process has long been a concern in many countries around the world.

With the climate change and new environmental conditions, the agricultural sector requires extensive knowledge for the production of high-quality agricultural products. The solution of this problem is associated with many real drawbacks, which include abandoned areas, improper use of fertilizers and herbicides.

The environmentally pure product can only be produced in healthy soil. Soil components, such as mineral and organic compounds and microorganisms for the functioning in the soil need water and air. Under the normal conditions, biological, chemical and phytochemical processes constantly occuring in the soil ensure its self-renewal. In modern conditions, a polluted environment interferes with these processes. The number of pathogenic organisms affecting soil fertility is increasing. It is recognized that over the past 100 years, soil fertility has deteriorated sharply. The reduction in the area of arable land has led to the increase in the area of eroded soils up to 20%.

Water is the most important means of life and healing. It is a source of food for humans and plants. Today the water is saturated with heavy metals and radioactive substances emitted into the atmosphere as a result of industrial activities and wars. Greater efforts are needed to prevent rainwater contamination.

The use of fertilizers and products of chemical protection in agricultural production has sharply increased. In this regard,a good knowledge of the preparations is very important. Fertilizers should be applied only after soil analysis, according to precisely established standards. Today, many ways have been developed to reduce the negative impact of fertilizers. One of the ways is their use in liquid form. This method was developed at the Scientific-Recearch Center of Agriculture and the recommendations were prepared for farmers. The use of fertilizers in this way significantly increases the percentage of their absorbtion by plants and reduces emissions.

Weed control is also a big problem nowadays. Compliance with dosages and concentrations is even more important here. To protect the soil, it is necessary to use fixing substances. They fix the solution on the plant and do not contaminate the soil. The use of fertilizers together with herbicides also gives good results.

Recently, many environmental protection measures have been implemented in agricultural production. Completely new bioproducts have been developed to feed plants and kill weeds. One important advance is the invention of drones, which significantly reduce the use of fertilizers and herbicides. Accurate data entry increases efficiency and allows work to be carried out during all growing seasons. Rapid adoption and widespread implementation of this technology is very important.

The continuation of life on the Earth depends on the ecological state of all countries of the world. To solve this problem, all countries must ensure a reduction in environmental pollution and a significant increase in the ecological potential of the planet.

Agricultural production, increasing the level of knowledge, should maximize the use of modern technologies that ensure environmental safety.

REFERENCES

1. Decree 167- "Georgia Agriculture Strategy 2015-2020";
2. T. Urushadze // Agroecology. Tbilisi. 2001.
3. E. Kvesitadze et al. // Ecological and food potential of the Earth. Publisher "Favorite Style," Tbilisi, 2023.
4. G. Kvesitadze // Global Biological and Environmental Concept. Tbilisi. 2021.
5. C. Giguashvili, M. Azmaiparashvili // Organic farms and their role in the development of agribusiness. Agroplus, 6. Tbilisi. 2023.

DEVELOPMENT OF BIODIVERSITY IN A PLANT IN FRANCE

J. Collet

Environment and Biodiversity Manager, Dunkirk, France
joseph.collet@arcelormittal.com

Biodiversity represents the diversity of living beings and natural environments, as well as their respective relationships and interactions.

Current biodiversity is the result of 3.5 billion years of evolution of the living world on the planet, dating back to when the first living organisms appeared.

The term biodiversity appeared in 1985 during the American Forum on Ecological Diversity. It provides us with numerous services: raw materials, pollination, soil fertilization, water purification, flood prevention, etc. Without biodiversity, life as we know it would eventually disappear.

More than 75 % of the world's food crops rely on animal pollination (fruits, vegetables, coffee, cocoa, almonds, etc.).

Marine and terrestrial ecosystems are the ONLY sinks for carbon emissions. They absorb 5.6 gigatons of carbon per year (equivalent to approximately 60% of global anthropogenic emissions).

Biodiversity issues are considered important in France. France is affected by the European Habitats Fauna Flora Directive [1].

ArcelorMittal France has defined a biodiversity policy for many years, and we will illustrate its implementation through projects at the Mardyck site in northern France [2]. ArcelorMittal France's Biodiversity Policy includes four areas:

1. Analyzing our natural heritage:
   – Understanding, monitoring, and developing the natural heritage present on our sites;
   – Respecting and conserving biodiversity to avoid damaging natural habitats;
   – Identifying and assessing risks and negative impacts on biodiversity.
2. Implementing actions and developments that promote biodiversity:
   – Implementing management plans with site revegetation to encourage the development and establishment of new species;
   – Practicing differentiated management, limiting the use of plant protection products, respecting local species, etc;
   – Improving the living environment for people working on our sites and for local residents: maintaining green spaces and integrating them into the landscape;
   – Eradicating invasive alien species on our sites.
3. Networks for exchange between experts – local authorities, associations, and manufacturers:
   – Work with local experts and partners to develop management plans and create consistency with local natural areas;

– Foster partnerships with stakeholders.

4. Communication and awareness-raising among as many people as possible, particularly employees:

– Raise awareness and encourage people working on its sites to become ambassadors, stakeholders in this approach through activities, and a driving force for biodiversity initiatives;

– Communicate with local stakeholders, residents, and young people to raise awareness of our approach to preserving and developing biodiversity.

In addition, the various ArcelorMittal France sites have been RESPONSIBLE STEEL certified since 2022 (international certification) [3].

The application of these principles should enable us to reconcile our industrial activity with the protection/development of the flora and fauna of our sites, in line with the guidelines of the French government and regional authorities aimed at creating a green and blue network, or "ecological corridor."

We are committed to adhering to this policy across all our production sites.

We ask the managers of the companies involved and their employees to also be active in implementing this policy.

Our company is committed to minimizing the impact of its activities on the environment, controlling its energy efficiency, and preserving biodiversity in the natural heritage located on its sites.

REFERENCES

1. Council Directive 92/43/EEC of 21 May 1992 on the Conservation of natural habitats and of wild fauna and flora. URL: https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/1992/43/oj/eng

2. ArcelorMittal. URL: http://france.arcelormittal.com

3. ResponsibleSteel Certification. URL: https://www.responsiblesteel.org/become-certified

MRI AND AI TECHNOLOGIES IN PLANTS AND SEEDS DIGITIZATION FOR BETTER ALLOCATION, PHENOTYPING AND SPECIES BREEDING

I. Plutenko [1,2]

[1]Leibniz Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research (IPK), Gatersleben, Germany,
Deep Learning specialist, plutenko@ipk-gatersleben.de
[2]Anhalt University of Applied Sciences, Köthen, Germany,
scientific collaborator, iaroslav.plutenko@hs-anhalt.de

A crucial component of the majority of plant breeding and biotechnology programs is the evaluation of pertinent seed properties. Three-dimensional, non-destructive evaluation of the morphometry, composition, and interior characteristics of seeds is required.

The foundation of agriculture, seeds are essential for providing the food, fuel, and fiber that the world's population depends on. Enhancing plant performance in rapidly changing environmental conditions requires quantitative evaluation and knowledge of seed characteristics. For the majority of breeding and biotechnology programs, thorough seed phenotyping is extremely important. The majority of screening instruments focus on the outward morphometric characteristics of seeds, including their form, length, or width, or their composition.

Commonly used non-invasive research and commercial instruments may separate and process individual seeds and are based on projected silhouettes from a batch of seeds or two-dimensional (2D) light pictures. However, seed dissection is necessary for the examination of internal seed architecture using various light microscopy modes, which often yield 2D pictures. Raw digital data in three-dimensional (3D) format can be further recognized and segmented using a variety of computer vision

software tools and algorithms. Nevertheless, it is challenging to effectively capture the complete 3D structure in this setting, particularly with a very large sample throughput.

The interior structure of agricultural seeds can only be effectively analyzed non-invasively using two methods: magnetic resonance imaging (MRI) and X-ray computed tomography (CT). These two modalities have different operating principles, advantages, and disadvantages, despite the fact that they can both produce 3D datasets non-invasively.

Employing magnetic fields and radio waves, the nuclear magnetic resonance (NMR) platform provides an alternative method that is innocuous for both the seed and the investigator. Various NMR approaches are relevant in plant science, encompassing time domain NMR (TD-NMR) and multiple magnetic resonance imaging (MRI) techniques. MRI has been employed not only for imaging seed structure but also for visualizing the tissue-specific distribution of lipids, water, and metabolites in live seeds with satisfactory spectral and spatial clarity. Although MRI surpasses X-ray CT for in vivo study of seeds' internal features, it encounters limitations such as the absence of automated data analysis and restricted throughput. For instance, seed tissues/organs must be manually demarcated to compute the volumes of different components, due to challenges in automating this procedure.

This is where deep learning (DL) strategies enter the picture, their application having markedly propelled progress in image analysis within diverse scientific sectors, including medicine, biology, and agriculture. Computer vision algorithms and the use of DL can prove exceedingly valuable in resolving the difficulties in MRI data interpretation. Plant MRI is a comparatively new area and, regrettably, has not yet yielded enough public data to aid the learning process. However, this constraint should not deter the application of advanced artificial intelligence methods for image processing within plant MRI.

We entered this wild and introduced MRI-Seed-Wizard, a unique tool that combines non-invasive magnetic resonance imaging (MRI) and deep learning algorithms for usage in a new field: plant MRI. The instrument made it possible to quantify 20+ grain characteristics in vivo, including the volumetric parameters of the inner seed structure. A number of these characteristics cannot be evaluated with standard methods, such as computed tomography of X-rays. The purpose of MRI-Seed-Wizard is to automate the manual identification, labeling, and analysis of digital MRI data. In order to boost throughput, we also offer sophisticated MRI techniques that enable the examination of several seeds at once.

This ongoing investigation aims to attain a novel degree of insight into seed composition by utilizing and integrating cutting-edge technologies and methodologies: non-destructive 3D plant MRI, concurrent screening of multiple seeds in a single operation, DL to aid automated segmentation, and a software suite to streamline processing. We intend to establish that structural 3D plant MRI can provide quantitative analytical insights regarding lipid distribution in seeds with robust precision. Paired with thorough morphometric analysis, such holistic screening could augment and enrich the gathered data for analysis and, with appropriate upscaling, can achieve significant throughput capacity via multi-seed scanning.

This innovative methodology facilitates an in-depth examination of seed characteristics pertaining to internal grain architecture and the build-up of specific storage substances. Furthermore, New phenotyping tool can assist in unraveling the genetic underpinnings of quantitative traits by scrutinizing substantial collections of genetic materialsand diverse accession panels for genome-wide association investigations. The rapid, precise, and quantitative evaluation of internal seed morphology establishes a pathway for directed seed enhancement through breeding initiatives.

Acknowledging the promise of MRI applications for plants and seeds, a new economic project has been initiated in Germany, focusing on Saxony-Anhalt regions previously impacted by deindustrialization. The project's goal is to integrate the innovative capabilities MRI with current advancements in AI, jointly forging new methods and digital tools for plant breeding. As an input to “value chains of agricultural crops,” a novel dimension of phenotyping will be introduced for all three key crops (cereals, sugar beet, pea). This initiative brings together partners from bioinformatics, plant research, and industry. The Anhalt University of Applied Sciences (Köthen) is supplying digitization concepts. The Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research (IPK) provides expertise in plant

science and the MRI technology platform. The planned digitalization of plant value chains herein holds substantial potential for generating new services, products, and ultimately jobs within the Central German region of Saxony-Anhalt and beyond.

The outputs from this endeavor will serve as indicators for its expansion and utilization in Ukraine's post-war rebuilding, under the umbrella of German-Ukrainian collaborations and integration into the European Union.

REFERENCES

1. I. Plutenko, V. Radchuk, S. Mayer, P. Keil, S. Ortleb, S. Wagner, V. Lehmann, H. Rolletschek, L. Borisjuk // Journal of Experimental Botany. 2025. 76 (2): 393–410. https://doi.org/10.1093/jxb/erae408

2. Neuberger T., Rolletschek H., Webb A., Borisjuk L. // Lipidomics. Methods in Molecular Biology. 2009. vol 579. https://doi.org/10.1007/978-1-60761-322-0_24

3. Borisjuk L., Rolletschek H., Neuberger T. // The Plant Journal. 2012. 70: 129–146.

4. Van As H., Van Duynhoven J. // Journal of Magnetic Resonance. 2013. 229: 25–34.

5. Kamilaris A., Prenafeta-Boldú F.X. // Computers and Electronics in Agriculture. 2018. 147: 70–90.

ЗМІНА КЛІМАТУ ПЛАНЕТИ ТА СТАЛИЙ РОЗВИТОК УКРАЇНИ

О.Ф. Рильський[1], Ю.Ю. Петруша[2]

[1]Запорізький національний університет, м. Запоріжжя, зав. кафедри загальної та прикладної екології і зоології, Rylsky@ukr.net
[2]Національний університет «Запорізька політехніка», м. Запоріжжя, доцент кафедри «Композиційні матеріали, хімія та технології», yulia.znu@ukr.net

Зміна клімату планети Земля та пов’язані з цим загрозливі зміни в біосфері планети стали незмінною реальністю.

Зазначаючи глобальність процесів, що відбуваються, більшість вчених-екологів виділяють два основних чинники цих змін: природні та антропогенні.

Природні пов’язані з незалежними від людини змінами в положенні магнітного полюсу та зменшенням абсолютної величини магнітного поля, а також з коливаннями кута прецесії осі, навколо якої обертається планета.

Антропогенний чинник пов’язаний з діяльністю людини, яка набула глобального характеру.

Сьогодні основними джерелами різкого зростання температури над територією України є два антропогенних чинника:

а) безконтрольна масова вирубка лісів, знищення лісосмуг, байрачних лісів, руйнування трав’яного покриву на схилах балок, струмків, малих річок;

б) суцільне розорювання землі: Україна є найбільш розораною країною в Європі та Азії. Відомо, що температура над чорним паром може досягати 60°С і більше в спекотні літні місяці.

Ці два антропогені чинника є також головною причиною зникнення малих річок (10 тисяч за 25 років) і причиною загального зневоднення території України.

У подальшому це шлях до ще однієї катастрофи, яка насувається на Україну з величезною швидкістю – це дефіцит прісної (питної) води.

Зникнення лісосмуг і мікролісів у степовій зоні (у багатьох районах Запорізької, Дніпропетровської, Херсонської, Миколаївської, Одеської областях лісосмуги знищені на 50-60 %) беззаперечно призведе через 5-10 років до відновлення пилових бурь, які знищать

мільйони тон чорнозему впродовж декількох років. Ці явища, як і зневоднення країни, є катастрофічними, і належать до питань безпеки держави. Для запобігання такого сценарію необхідно терміново прийняти довгострокову державну програму з широкомасштабного заліснення великих територій країни.

Заліснення степу і лісостепу повинно відбуватись за новими принципами (а не тими, що враховувались 70 років тому при засадженні степу лісосмугами) з урахуванням зміни клімату, проблеми зневоднення річок, а також з урахуванням нових знань, які з'явилися в лісництві, ландшафтознавстві, і нових потребах людства. Виконання загальнодержавної програми заліснення степової та лісостепової зон повинно здійснюватися державними інституціями (наприклад, під керівництвом Українського ордену «Знак пошани» науково-дослідного інституту лісового господарства та агролісомеліорації ім. Г.М. Висоцького), а стан лісових насаджень – жорстко контролюватися державною спеціалізованою службою разом з представниками активної екологічної громадськості. Для цього необхідно терміново внести зміни до закону про ОТГ та закон про обіг земель. На наш погляд, розпилення юридичного статусу лісосмуг за окремими статтями про ОТГ, закону про обіг землі (в якому цих статей навіть ще немає) – це стратегічна помилка, зважаючи на важливість вищезазначених проблем для безпеки держави.

Швидке, широкомасштабне виконання цієї програми затримає на багато років зневоднення України, зменшить динаміку наростання температур на території держави та збереже безцінний дар природи – українські чорноземи.

Все це дозволить народу України ще багато десятиліть (а можливо і століть) жити в більш-менш комфортних екологічних умовах та з економічною перспективою.

НАПРЯМИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СТАЛОГО ВИКОРИСТАННЯ ЗЕМЕЛЬ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Л.М. Макєєва[1], Н.В. Мокєрова[2]

Державний біотехнологічний університет, Харків, Україна,
[1]доцент кафедри управління земельними ресурсами, геодезії та кадастру,
makeevafiz2017@gmail.com
[2]старший викладач кафедри управління земельними ресурсами, геодезії та кадастру,
mokerova.fiz@gmail.com

У сучасному світі, де антропогенний вплив на природу постійно зростає, вкрай важливим стає питання ефективного управління та охорони земельних угідь. Сьогодні особливо гостро постає необхідність збереження земель як життєвого простору, і перед людством, зокрема перед Україною, стоїть завдання розробки дієвих підходів до їх збереження.

Численні наукові дослідження свідчать про стрімке зростання процесів деградації ґрунтів, що зумовлені ерозією, спричиненою вітром і водою, наслідками бойових дій, а також надмірним застосуванням хімічних речовин, зокрема мінеральних добрив та пестицидів.

Війна в Україні суттєво загострила проблеми, пов'язані з використанням земельних ресурсів. Внаслідок бойових дій значно постраждала інфраструктура, відбулося забруднення ґрунтів залишками вибухонебезпечних речовин і техніки, що спричинило деградацію земель і втрату значних площ родючих угідь. Знищення зрошувальних систем, меліоративних об'єктів та агротехнічної інфраструктури ускладнило ведення сільського господарства. До цього додаються зміни у структурі земельної власності, викликані масовим переселенням населення та тимчасовою окупацією частини територій, що створює додаткові виклики для аграрного сектору [1].

Україна володіє унікальними чорноземами, які становлять близько 8,4% від загального світового фонду. Однак неефективне землекористування призводить до втрати їхніх цінних властивостей, що погіршує загальний стан ґрунтів. Саме тому надзвичайно важливо впроваджувати заходи, спрямовані на раціональне використання та збереження земельного фонду держави. Моніторинг, вивчення та відновлення родючості ґрунтів, як надзвичайно цінного, обмеженого та важковідновлюваного ресурсу, повинні стати одним із ключових пріоритетів для сучасних користувачів земель. Без землі неможливо уявити виробництво аграрної продукції, тому питання ощадливого, результативного, раціонального та екологічно безпечного використання земельних ресурсів, а також їх захисту, набуває особливої важливості в умовах сьогодення.

З метою вирішення нагальних питань, пов'язаних із захистом земель, відновленням їх родючості та зупиненням процесів ґрунтової деградації, Кабінет Міністрів України 19 січня 2022 року ухвалив розпорядження № 70-р «Про схвалення Концепції Загальнодержавної цільової програми використання та охорони земель». Основна мета цієї програми полягає у впровадженні державної політики, спрямованої на забезпечення сталого землекористування, формування екологічно безпечного середовища для життя населення та здійснення господарської діяльності, запобігання виснаженню, деградації та забрудненню земель, а також на відновлення і підвищення родючості ґрунтів. Окрім того, програма передбачає збереження функціональних властивостей ґрунтового покриву, підтримку ландшафтного й біологічного різноманіття в умовах ринку та з урахуванням глобальних кліматичних змін [2].

На нашу думку, реалізація Концепції Загальнодержавної цільової програми використання та охорони земель має визначальне значення для забезпечення сталого землекористування в Україні. Впровадження заходів, передбачених програмою, спрямоване на оптимізацію структури земельного фонду, зменшення надмірної розораності територій та обмеження інтенсивного сільськогосподарського освоєння, що, у свою чергу, дозволить підвищити ефективність використання угідь та зберегти природний екологічний баланс.

Особливу роль відіграє збільшення площ, зайнятих природними ландшафтами, що сприятиме збереженню ландшафтного та біологічного різноманіття. Запропонована концепція є вагомим кроком у напрямку відновлення та збереження родючості українських ґрунтів, а також їх подальшого розумного використання. Завдяки комплексу практичних заходів, програма сприятиме екологічній стабільності, розвитку сільських територій та зміцненню соціально-економічного потенціалу держави.

Окрім того, впровадження цієї програми дозволить Україні наблизитися до міжнародних стандартів у галузі охорони земель та сталого землекористування, що має вирішальне значення для збереження природних ресурсів на благо нинішніх і майбутніх поколінь.

Сталий підхід до використання земель сільськогосподарського призначення є ключовою складовою формування дієвої еколого-економічної земельної політики та ефективних земельних відносин. Земельна політика, у свою чергу, істотно впливає на характер суспільних відносин у сфері землекористування. У зв'язку з цим питання сталого управління сільськогосподарськими угіддями та аналіз практичних кроків для розв'язання земельних проблем залишаються надзвичайно актуальними як для наукової спільноти, так і для широкого загалу [3].

Стале використання сільськогосподарських земель — це комплексна система заходів, спрямована на забезпечення гармонійного поєднання екологічних, економічних і соціальних чинників розвитку. Такий підхід враховує природні властивості, вартість і просторові особливості земельних ресурсів. Розв'язання екологічних викликів, пов'язаних із використанням сільськогосподарських територій, є не лише частиною концепції сталого землекористування, але й потужним інструментом стимулювання економічного зростання, технологічної модернізації аграрного сектору та задоволення як матеріальних, так і духовних потреб населення.

Практичне впровадження принципів сталого землекористування у сільському господарстві вимагає чіткого визначення еколого-економічних орієнтирів і застосування дієвих механізмів для досягнення екологічних завдань. Одночасно важливо забезпечити значне зростання рівня екологічної відповідальності серед усіх учасників господарської діяльності.

Серед ключових еколого-економічних пріоритетів у реалізації завдань сталого використання сільськогосподарських земель варто виокремити такі:

- досягнення балансу між екологічними, економічними та соціальними складовими розвитку регіонів, з обов'язковим урахуванням характеристик земельного фонду, його вартості та особливостей використання в межах конкретної території;
- формування просторово-природної моделі організації землекористування, яка дозволить ефективно задіяти потенціал земельних ресурсів без порушення екологічної стабільності на рівні окремих адміністративно-територіальних одиниць;
- гармонізація приватних і суспільних інтересів щодо використання земельного фонду, що забезпечить соціальну справедливість і підвищить ефективність землекористування.

Отже, раціональне використання та охорона земельних ресурсів є стратегічно важливими завданнями для сталого розвитку України. В умовах загроз, спричинених війною, екологічною деградацією та зміною клімату, питання збереження родючості ґрунтів і відновлення порушених територій набувають особливої актуальності. Стале землекористування має базуватися на комплексному підході, що враховує екологічні, економічні та соціальні чинники, а також природні особливості земельного фонду.

Виконання заходів, передбачених програмою, дозволить Україні не лише зберегти свої унікальні ґрунти, зокрема чорноземи, а й рухатися в напрямку екологічно збалансованого та економічно ефективного аграрного розвитку відповідно до міжнародних стандартів.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Чи можна вилікувати ґрунт від війни? Куркуль. URL: https://kurkul.com/spetsproekty/1423-chi-mojna-vilikuvati-grunt-vid-viyni--vidpovidi-na-nayposhirenishi-zapitannya

2. Концепція «Загальнодержавної цільової програми використання та охорони земель» / розпорядження Кабінету Міністрів України від 19 січня 2022 р. № 70-р.

3. Третяк А.М., Другак В.М. // Земельна політика та земельні відносини: соціально-економічні і духовні аспекти розвитку. 2007. 186 с.

ВПРОВАДЖЕННЯ ЗАМКНУТИХ ВОДООБОРОТНИХ СИСТЕМ В ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСАХ МАШИНОБУДУВАННЯ

О.А. Літвак

Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, м. Миколаїв, Україна, к.е.н, доцент кафедри екології та природоохоронних технологій, olya.litvak@gmail.com

Сучасне машинобудування стикається з необхідністю не тільки підвищення продуктивності та якості продукції, а й дотримання екологічних вимог. Зростання масштабів виробництва, використання великої кількості ресурсів та викиди шкідливих речовин роблять галузь одним із значних джерел антропогенного навантаження. У зв'язку з цим зростає роль природоохоронних технологій, які дозволяють мінімізувати вплив на навколишнє середовище на всіх етапах життєвого циклу продукції від проектування до утилізації.

Значну роль в технологічних процесах машинобудівного виробництва відіграє вода. Основні напрямки використання води у машинобудуванні включають:

- охолодження верстатів, інструментів та заготовок;
- мастильно-охолоджувальні рідини при різанні та шліфуванні;
- миття деталей та обладнання;
- гідровипробування трубопроводів та корпусів виробів;
- хіміко-термічна обробка із застосуванням водних розчинів.

При цьому вода після використання забруднюється оліями, металевою стружкою, абразивами, хімічними речовинами та вимагає очищення перед скиданням або повторним застосуванням. Таким чином, надмірне водоспоживання та забруднення стічних вод становлять серйозну екологічну проблему. В умовах наростаючого дефіциту прісної води і посилення екологічних норм, підприємства все частіше переходять на повторне використання води, що дозволяє знизити негативний вплив на навколишнє середовище і одночасно скоротити виробничі витрати [1].

Повторне використання води реалізується через замкнуті чи частково замкнуті водооборотні цикли. Для цього потрібні технології, які дозволяють очистити виробничі стічні води. Це досягається за допомогою наступних методів:

- механічна фільтрація – видалення твердих домішок (стружки, пилу, абразиву) за допомогою фільтрів грубого та тонкого очищення;
- флотація та відстоювання – очищення води від мастил та дрібнодисперсних частинок за допомогою спливання забруднень та їх подальшого видалення;
- сорбційні технології - використання активованого вугілля, цеолітів та інших матеріалів для поглинання органічних забруднювачів;
- мембранні технології (ультрафільтрація, зворотний осмос) - забезпечують високоефективне очищення води, дозволяючи використовувати її повторно навіть у особливо вимогливих процесах;
- біологічне очищення - застосовується у випадках значного органічного забруднення, наприклад при відмиванні деталей.

На практиці в процесах машинобудівного виробництва водооборотні системи впроваджуються в таких формах, як багатоступінчасті станції очищення води, що дозволяють повертати воду у виробничий цикл після фільтрації та знезараження. Також це можуть бути циркуляційні системи охолодження, у яких вода після охолодження обладнання повторно подається до системи після відповідної обробки. Іноді застосовують локальні установки для очищення мийних розчинів, які дозволяють багаторазово використовувати воду під час промивання деталей.

Перехід до замкнутих водооборотних систем дає підприємствам низку переваг:

- значне зниження обсягів споживання прісної води;
- зменшення обсягів та токсичності стічних вод;
- зниження витрат на водопостачання та водовідведення;
- відповідність екологічним вимогам та стандартам
- підвищення екологічної відповідальності підприємства.

Передові природоохоронні та ресурсозберігаючі технології впроваджуються вже на багатьох крупних машинобудівельних підприємствах різних країн. Наприклад, відомий світовий виробник гідравлічних та мехатронних систем Bosch Rexroth (Німеччина), впроваджує на своїх заводах у Німеччині замкнуті цикли охолоджувальної води з рекуперацією тепла. Також використовується біологічне очищення та зворотний осмос. Все це дозволяє до 95% води повторно використовувати у виробничих процесах [2].

Один із найбільших автовиробників світу Toyota Motor Corporation (Японія) реалізує систему замкнутого водопостачання з багаторівневою фільтрацією на своїх заводах в різних країнах світу. Наприклад, складальний завод Toyota в Нижній Каліфорнії (штат Мексики), є одним з небагатьох підприємств Toyota по всьому світу, які мають високий ризик нестачі води. На заводі використовується мембранний біореактор для видалення твердих частинок з води, яка вже використовувалася в процесі виробництва. Потім ця відфільтрована вода проходить через систему зворотного осмосу для усунення будь-яких розчинених твердих частинок. Завод

може повторно використовувати воду знову і знову, що дає змогу щорічно економити близько 94,6 мільйонів літрів води [3]. Крім цього, повторне використання води у малярських цехах заводів Toyota дозволило скоротити її споживання на 35%. Вода від кондиціонування та охолодження також переробляється та використовується повторно.

Таким чином, повторне використання води у технологічних процесах – це не лише інструмент екологічної модернізації машинобудівного виробництва, а й шлях до підвищення його економічної ефективності. Впровадження замкнутих водооборотних систем дозволяє раціонально використовувати ресурси, мінімізувати відходи та забезпечити сталий розвиток галузі. В умовах зростання тарифів на воду та посилення екологічного законодавства такі рішення стають невід'ємною частиною сучасної промислової стратегії.

Реалізація ресурсозберігаючих технологій потребує інвестицій та організаційних змін, однак у довгостроковій перспективі вони сприяють підвищенню ефективності виробництва, покращенню екологічної обстановки та зміцненню позицій підприємств на ринку. Майбутнє галузі – за «зеленими» технологіями, здатними забезпечити баланс між промисловим прогресом та збереженням навколишнього середовища.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Павшук В.М., Чайковський О.А., Дмитроченкова Е.І. // Довідник з ресурсоефективного та чистого виробництва. 2019: 116 с.

2. Bosch. Sustainability report 2023. // Stuttgart. 2024: 110 p.

3. Toyota Motor Corporation. Challenge of Minimizing and Optimizing Water Usage. URL: https://global.toyota/pages/global_toyota/sustainability/esg/challenge2050/ms4-18_fe.pdf.

ДОСЛІДЖЕННЯ БІОРІЗНОМАНІТТЯ КОМАХ-ГЕОБІОНТІВ В ПОРУШЕНИХ БІОТОПАХ КИЇВСЬКОГО ПОЛІССЯ

М.М. Лісовий[1], С.О. Рибалко[2]

Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна,
[1]професор кафедри екобіотехнології та біорізноманіття, lisova106@ukr.net
[2]аспірант 2-го року кафедри екобіотехнології та біорізноманіття, Fisher_r@ukr.net

Вступ. Комахи становлять більше половини усього біорізноманіття планети. Як стверджують [1] наявність в біогеоценозі ентомологічного біорізноманіття в оптимальній кількості забезпечує екологічну стабільність.

Серед біорізноманіття ентомофауни значну роль відіграють ґрунтові комахи (геобіонти), які мешкають в ґрунті та підґрунті постійно або певний проміжок життєвого циклу [2].

В результаті розгляду джерел з обраної теми було встановлено, що сучасний стан ентомологічного біорізноманіття ентомофауни геобіонтів в біотопах Київського Полісся, які піддалися впливу людської діяльності вивчений недостатньо.

Саме тому, **метою** цього дослідження було провести фауністичні дослідження ентомологічного біорізноманіття геобіонтів в порушених, внаслідок антропогенної діяльності, біотопах Київського Полісся.

Матеріали і методи досліджень. Місцем дослідження вибрано порушені внаслідок антропогенної діяльності біотопи Київського Полісся, які розташовані в Вишгородському районі Київської області, (затоплені та підтоплені території біля населених пунктів: Лютіж, Демидів, Казаровичі, Гута Межигірська, Гостомель в заплаві річки Ірпінь), 2022–2025 рр.

Підтопленням нанесено великих збитків природному середовищу, біорізноманіттю: вимокли дерева та чагарники, трав'яна рослинність, загинули імаго, личинки, лялечки і яйця грунтових комах, багато дрібних мишоподібних гризунів та ін. (!!!).

Основна робота з ідентифікації і визначення систематичної приналежності ентомологічного біорізноманіття геобіонтів проводилась на базі НУБіП України, кафедра екобіотехнології та біорізноманіття (камеральні дослідження).

Під час проведення досліджень використовували аналітичні, статистичні та експериментальні методи, апробовані та рекомендовані для польових, лісових та лабораторних досліджень в ентомології, екології та захисті рослин [3,4].

Збір та обліки ентомологічного біорізноманіття геобіонтів проводили за загальноприйнятими методами один раз на 7–10 діб на стаціонарних ділянках [5–7]. Таксономічну приналежність біологічних зборів визначали за допомогою ентомологічного визначника [8].

Результати досліджень У результаті дослідження визначено сучасний стан ентомологічного біорізноманіття геобіонтів у порушених біотопах Київського Полісся, розташованих у заплаві річки Ірпінь. Проаналізовано динаміку чисельності видів у період 2022–2025 років, встановлено їх систематичну приналежність та оцінено вплив антропогенних факторів на склад ентомофауни досліджуваних територій.

В результаті проведених досліджень і аналізу поточного стану та складено список ентомологічного біорізноманіття геобіонтів в порушених, внаслідок антропогенної діяльності, біотопах виявлено 56 видів комах-геобіонтів із 11 родин 4 рядів. Домінуючим за родинами і видами є ряд Coleoptera, до якого входять 53 види з 8 родин, що становить 94,6% від загальної кількості дослідженого ентомологічного біорізноманіття.

Найбільшу кількість видів (17) мала родина Carabidae, родина Curculionidae – 14 видів, Scarabaeidae – 8, Elateridae – 6, Tenebrionidae – 5 видів, а Silphidae, Alleculidae, Gryllotalpidae, Forficulidae, Tipulidae – мали по 1-му виду.

Таким чином, ґрунтова ентомофауна 2022–2025 рр. представлена в основному рядом Coleoptera (82,26 %), в якому домінуючими є види родини Carabidae: *Pterostichus vernalis* Panzer, *Harpalus distinguendus* Duft., *Broscus cephalotes* L., *Amara similata* Gyllenhal, *A. aenea* Degeer, *A. familiaris* Duft., *Calathus erratus* Sahlb., *Bembidion properans* Steph., *Harpalus luteicornis* Duft., що становить 31,48 % від загалу, та Curculionidae: *Otiorrhynchus ligustici* L., *Sitona crinitus* Hrbst., *S. humeralis* Steph., *S. lineatus* L., *S. longulus* Gyll., *S. puncticollis* Steph., що становить 27, 77 %. Найбільш чисельні родини (Carabidae, Curculionidae, Scarabaeidae) ряду Coleoptera займають в видовому відношенні 69, 63 % від загалу.

В ході проведення досліджень сучасного стану видового різноманіття комах-геобіонтів в порушених, внаслідок воєнних дій, біотопах Київського Полісся виникло багато запитань щодо подальшого стану та відтворення природної заплави річки Ірпінь, а також відтворення природної чисельності ентомологічного біорізноманіття і зокрема, спільноти комах-геобіонтів, які піддалися стресу.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. McLellan R. et al. // WWF. 2020. 178.
2. Vagaliuk L. et al. // Biodiversity and its conservation: tutorial. 2024. 285.
3. Barnosky et al. // Macmillan Publishers Limited. All rights reserved. 2020. 53: 471.
4. Chaika V. et al. // Journal of Central European Agriculture. 2021. 22(4): 830-835.
5. Klyachenko O.L., Lisovyy M.M., Kvasko O.Yu. // Fundamentals of Biodiversity: Textbook. 2023: 315 p.
6. Lopez-Vaamonde C., Kirichenko N., Ohshima I. // Measuring Arthropod Biodiversity. 2021: 439–466.
7. Leafminers and plant galls of Europe. 2013. Available from: https:// www.bladmineerders.nl

8. Довідник із захисту рослин. За редакцією М.П. Лісового. 1999: 744 с.

METAPHORIA, ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND ALTSHULER'S ALGORITHM FOR FORECASTING THE STATE OF PHYTOPLANKTON

Y. Bespalov[1], H. Strashnenko[2], V. Kolomiichenko[3]

National aerospace university "Kharkiv Aviation Institute", Kharkiv, Ukraine
[1]engineer, y.bespalov@karazin.ua
[2]associate professor, h.strashnenko@khai.edu
[3]student, v.k.kolomiichenko@student.khai.edu

The formalized description of phytoplankton dynamics described in works [1] can be used to predict its states associated with the disruption of ecological balance. This creates a biosecurity threat in the form of mass development of toxic cyanobacteria in water bodies (MDTCW). The discussion should be focused, in particular, on the dynamics of colorimetric parameters (CP) of phytoplankton, which can be associated with the photosynthetic productivity of the system and its stability in the well-known [2] Margalef succession model (MSM). From a practical point of view, it is important to record the values of the specified CP by computer analysis of the RGB components - the model of digital photos of plant communities shown in the work [3]. Modern methods of artificial intelligence (AI) effectively complement human analysis methods (HAM), but cannot, in some cases, completely replace them. Methods using the logical tools of natural languages (for example, English) play an important role of the HAM. The well-known Altshuller invention algorithm (AIA) is one such method that has proven its effectiveness [4]. Metaphoria is an important tool of the HAM [5].

The subject of this work is the study of the possibilities of combining AI with metaphoria and with AIA for the development of methods for predicting the state of phytoplankton associated with the MDTCW. For the forecast, AI modifications were used that were made publicly available (Chat GPT 3.5).

In accordance with the AIA, the following text was proposed for AI analysis: you need to analyze the text placed below, in quotation marks, and then, based on the results of this analysis, answer three questions.

"The excessive growth of power creates the danger of violating the foundations of law. This danger can be eliminated by reducing the growth of power through political pluralism. Excessive growth of photosynthetic productivity of plankton creates the danger of disruption of ecological balance with the mass development of toxic cyanobacteria in plankton. This danger can be eliminated by diversifying the plankton. Situations of the presence and absence of danger of mass development of toxic cyanobacteria in plankton can be diagnosed using the concepts of "power of authority" and "political pluralism". This is possible because the foundations of law and ecological balance are subject to general systemic laws. This is impossible because the concepts of "power of authority" and "political pluralism" are not used when describing ecological balance. But the concept of "power of authority" can be seen as a metaphor for the concept of "photosynthetic productivity of plankton", and the concept of "political pluralism" can be seen as a metaphor for the concept of "diversity of plankton". A marker of system diversity can be the value of a negative correlation between some system parameters. In the case of plankton, we can talk in this context about the colorimetric parameter G/(R+G+B) and the colorimetric parameter R/G."

The following AI responses were received.

The ideal image should be:

• systemic: since a comparison of two different systems (social and ecological) is considered, their similarity in terms of dynamics is important. Ideally, we need to look for analogies between the functioning of the political system (power of government, political pluralism) and the ecological system (photosynthetic productivity, diversity of plankton);

• universal: the parameters G/(R+G+B) and R/G should be metaphorically linked to the concepts of "power of authority" and "political pluralism", since they both reflect structures that can maintain balance in systems (planktonic ecosystem and social system);

• accurate in diagnostics: it is important that these parameters and concepts can give an unambiguous idea of the presence or absence of a threat to the system (whether it be a violation of the ecological balance or a violation of the foundations of law). The parameters must be well defined and measurable or observable;

• methodologically sound: the use of metaphors must be sound, that is, it is necessary to understand exactly how the metaphor will work in the context of each of the systems.

The contradictions are contained in this ideal image:

• methodological contradiction: there is a problem with directly using ecosystem parameters (e.g. photosynthetic productivity of plankton) as metaphors for political concepts. These systems have different operating principles, and simply transferring metaphors can lead to a loss of accuracy in the analysis;

• difficulty in translating concepts: parameters such as G/(R+G+B) and R/G refer to environmental data, while "power of government" and "political pluralism" are socio-political categories that do not always lend themselves to such quantitative interpretation. Metaphors may not convey the full complexity of the social context and the impact of these factors on the ecosystem;

• contradiction in versatility: expecting the same principles (e.g., "diversity" and "power") to work equally well in two such different areas can lead to significant loss of information or even misinterpretation. Some principles or parameters may be effective for describing an ecosystem, but not for societies.

These contradictions be resolved - by using the same concept for a dual purpose: in accordance with its direct meaning and as a metaphor for another concept:

• clear distinction between concepts: it is necessary to distinguish where we use a concept in its direct meaning and where we use it as a metaphor. This can be achieved by clarifying the context, for example, in one case we are discussing ecological balance, in another – the system of power. Each concept must be related to the system for which it is relevant. We can translate one concept into the language of another only in a metaphorical context;

• flexibility of interpretations: understanding that metaphor is a simplification and transfer of the properties of one system to another requires us to be careful in our conclusions. It is important here that the "power of authority" be more of a functional analogue of the ecological process, rather than a literal translation of the political process into the ecological sphere;

• using different analysis methods: different diagnostic methods can be used depending on the context. For example, methods of environmental statistics and modeling can be used to analyze an ecosystem, and political science and sociological methods can be used to analyze a political situation. However, general principles of systems analysis, such as stability or diversity, can be useful in both cases.

The results of the AI analysis allow us to use the systemic aspects of the relationship between the concepts of "power of authority" and "political pluralism" as metaphors for the relationship between "photosynthetic productivity" and "plankton diversity". The use of this system of metaphors to predict the MDTCW requires constituency. The discussion should concern the interpretation of the specified system of metaphors, in which the marker of an increase or decrease in the probability of MDTCW will be the absolute value of the negative correlation according to Pearson between the values of the parameters G/(R+G+B) and R/G. The results of the analysis of digital photographs of phytoplankton of the Kremenchug reservoir near the city of Cherkasy (Ukraine), taken in the summer of 2024, confirm the productivity of this interpretation. A decrease in the probability of MDTCW corresponds to a decrease in the severity of the influence of the absolute value of this correlation on the state of phytoplakton. The results of this work indicate the potential of combining AI, metaphorization and AIA for the analysis of phytoplakton states.

REFERENCES

1. Nosov K., Zholtkevych G., Georgiants M., Vysotskaya O., Balym Y., Porvan A. // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2017. 4 (4 (88)): 4–11.
2. Margalef R. // Biol. Ann. Rev. 1967. 5: 257-289.
3. Bespalov Yu., Nosov K., Kabalyants P. // BioRxiv. 2017. 161687. doi: https://doi.org/10.1101
4. Altshuller G. // The Invention Algorithm TRIZ, Systematic Innovation and Technical Creativity. URL: http://www.evolocus.com/Textbooks/Altshuller2007.pdf (дата звернення 12.04.2025 р.)
5. Metafora / L. V. Kravets // Encyclopedia of Modern Ukraine [Online] / Eds. : I. M. Dziuba, A. I. Zhukovsky, M. H. Zhelezniak [et al.] ; National Academy of Sciences of Ukraine, Shevchenko Scientific Society. 2018. Available at : https://esu.com.ua/article-66695 Last update : 12 April 2023.

ГЕОІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ МОНІТОРИНГУ ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ В ЗОНАХ ВІЙСЬКОВИХ ДІЙ

І.М. Бузіна

Державний біотехнологічний університет, Харків, Україна
канд. с.-г. наук, доцент кафедри екології та
біотехнологій в рослинництві, nezabudka120187@gmail.com

В умовах сьогодення застосування геоінформаційних технологій моніторингу та прогнозування екологічного стану забруднених чи порушених територій набуває критичного значення у зв’язку із бойовими діями на сході України. Збройний конфлікт призвів до масового забруднення повітря, водних і ґрунтових ресурсів, що у свою чергу створює значні ризики для екосистем та здоров’я населення. Порушені ландшафти, знищені лісові масиви, цілі екосистеми, зниження біорізноманіття – все це потребує значної уваги саме дистанційних методів дослідження. Використання геоінформаційних систем (ГІС) дозволяє швидко та ефективно відслідковувати зміни екологічного стану територій і розробляти відповідні комплексні заходи щодо відновлення чи консервації.

Сучасні потужні ГІС-технології дозволяють інтегрувати дані дистанційного зондування, супутникових знімків та польових спостережень у єдину систему, що, у свою чергу, значно полегшує та пришвидшує збір, аналіз і обробку інформації. Це надає можливість швидкого визначення зон із найвищим рівнем ризику для довкілля. Так, дослідження проведене Clean Air for Ukraine наочно демонструє ефективність застосування сучасних технологій для моніторингу стану повітря та ґрунтів у зонах інтенсивних бойових дій, де фіксуються великі викиди токсичних речовин через використання вибухових речовин і руйнування інфраструктури [1].

Завдяки ГІС-технологіям можна швидко та точно проводити оцінку впливу військових дій на водні ресурси, що є особливо значимим для регіонів із обмеженими запасами питної води. Військові дії призвели до забруднення значних площ водних ресурсів важкими металами та хімічними речовинами, що унеможливлює водопостачання і створює додатковий тиск на екосистеми. Використання супутникових даних дозволяє створювати карти поширення забруднюючих речовин у водоймах і визначати рівень впливу на природні ландшафти [1].

Моделювання екологічної ситуації із залученням супутникових знімків і даних дистанційного зондування дозволяє передбачати довготривалі наслідки військових дій. Наприклад, сформовані моделі на основі викидів від спалювання нафтопродуктів та інших токсичних речовин допомагають прогнозувати зони хімічного забруднення та його вплив на навколишнє середовище. Крім того, методи дистанційного зондування дозволяють оцінювати

стан ґрунтів та виявляти ділянки з високим рівнем забруднення, що може нести серйозні загрози для сільськогосподарського виробництва [2].

Прогнозування екологічного стану ландшафтів за допомогою ГІС-технологій створює основу для прийняття управлінських рішень щодо відновлення пошкоджених територій після завершення військових дій у майбутньому. Науковці Інституту екологічної безпеки та моніторингу довкілля України акцентують увагу на тому, що супутникові системи дозволяють прогнозувати розповсюдження забруднень на великі території, що є особливо важливим, коли доступ до місця забруднення обмежений або територія замінована [2].

ГІС забезпечує створення карт забруднення повітря, води і ґрунтів, локації пожеж, розливу хімікатів, тощо, що дозволяє чітко визначати межі критичних зон, які потребують термінового втручання. Важливо зазначити, що геоінформаційні технології дозволяють враховувати локальні кліматичні умови, рельєф та особливості ландшафту, що робить можливим більш точне моделювання і прогнозування. Тобто, моделювання поширення викидів дозволяє прогнозувати зони поширення токсичних речовин у повітрі, що особливо актуально для регіонів, де часто відбуваються пожежі на промислових об'єктах [3].

Одним із перспективних напрямів розвитку ГІС-технологій є застосування мобільних моніторингових систем, які дозволяють збирати дані безпосередньо на місцях забруднення. Використання мобільних ГІС-пристроїв дає змогу отримувати оперативну інформацію про рівень забруднення і характер екологічних змін у кризових зонах. Як зазначено в звіті Державної екологічної інспекції України, такі технології можуть значно підвищити ефективність реагування на екологічні катастрофи і скоротити час на оцінку наслідків бойових дій.

Таким чином, сучасні потужні ГІС-технології є незамінним інструментом для оцінки, моделювання і прогнозування екологічних наслідків військових дій. Завдяки здатності інтегрувати і аналізувати великі обсяги даних, вони дозволяють створювати точні прогностичні моделі, визначати пріоритетні зони для екологічного моніторингу та забезпечувати своєчасне прийняття відповідних управлінських рішень. У майбутньому, розвиток ГІС-технологій у поєднанні з методами дистанційного зондування сприятиме підвищенню ефективності відновлення екосистем і збереженню їх біорізноманіття.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ:

1. Ангурець О., Хазан П., Колесникова К. та ін. // Наслідки для довкілля війни росії проти України. Clean Air for Ukraine. 2022. 84. – https://cleanair.org.ua/publication/damages/

2. Бондар О.І., Фінін Г.С., Шевченко Р.Ю. // Екологічні виклики воєнного часу: оцінка впливу на довкілля космічними системами дистанційного зондування та GPS-навігації. URL: http://ecoj.dea.kiev.ua/archives/2022/4/7.pdf 40-49.

3. Опалько В.А. // Матер. наук.-практ. онлайн-конф. Харків. 2022. 328-333.

ВІДХОДИ ТВАРИННИЦТВА ЯК СИРОВИНА ДЛЯ БІОГАЗОВОГО ВИРОБНИЦТВА

М.О. Сподоба[1], О.О. Сподоба[2]

Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна
[1] Доктор філософії (PhD), асистент кафедри електротехніки, електромеханіки та електротехнологій; spmisha@ukr.net
[2] Доктор філософії (PhD), старший викладач кафедри конструювання машин і обладнання; sp1309@ukr.net

Побічним фактором тваринницьких комплексів є накопичення продуктів їх життєдіяльності, а саме гною. Відходи тваринництва володіють характерним неприємним

запахом та консистенцією. Їх використовують у якості добрива або для зброджування у біогазових реакторах з метою отримання енергетичного ресурсу – біогазу [1-3]. Сировину, яка використовується у біогазових реакторах можна поділити на три категорії, а саме: сільськогосподарську (твердий гній, енергетичні культури, рештки рослин); побутову (стічні води, органічні відходи та інше); промислову (відходи тваринницьких комплексів, молочних та рибних заводів та інше). Змішуючи відходи тваринництва з іншими типами відходів сільськогосподарської, промислової або побутової діяльності, що відрізняються високим вмістом сухої органічної маси, можна досягти зміни виробленого об'єму біогазу. Адже, склад речовини, що піддається анаеробному зброджуванню впливає на енергетичну цінність та теплоту згоряння утвореного біогазу. Перш за все, кількість відходів залежить від віку та виду тварин, а також способу їх утримання [1, 2]. У середньому, з 1 м^3 відходів тваринництва можна отримати у 20-25 м^3. При змішуванні відходів тваринництва із відходами рибного господарства та продуктами борошномельних заводів можна отримати вищий вихід біогазу, у середньому 30-35 м^3. Кількість гною та його склад, залежить від раціону харчування та віку тварини. Вміст вологи у гної знаходиться у межах 60-85 %

Утримання худоби відіграє основну роль у накопичені відходів. Адже, при безстійловому утримані кількість тварин на одиницю площі невелика, при цьому розсіювання відходів є великим, що створює додаткові витрати на їх збір та доставку на об'єкти по переробці – біогазові комплекси. Відповідно, такий спосіб утримання, з точки зору отримання енергетичних ресурсів є економічно та енергетично витратним. При утримані тварин у закритих приміщеннях кількість відходів, зібраних з одиниці площі, зростає, але витрати на збір та доставку зменшуються. Враховуючи способи утримання та раціону тварин, можна досягнути максимального співвідношення мікроелементів у відходах тваринництва. Розвиток тваринницьких комплексів у поєднанні з біогазовими технологіями є актуальним питанням з енергетичної, харчової та економічної точок зору. Біогазові технології є перспективним процесом отримання енергії (біогазу) та екологічно чистих добрив з відходів тваринництва.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Zablodskiy M., Kozyrskyi V., Zhyltsov A., Savchenko V., Sinyavsky O., Spodoba M., Klendiy G. // *In 2020 IEEE 40th International Conference on Electronics and Nanotechnology (ELNANO).* 2020. 530-535.

2. Spodoba M., Spodoba O. // *IEEE 5th International Conference on Modern Electrical and Energy System (MEES)*. 2023. 1-6. doi.org/10.1109/MEES61502.2023.10402431.

3. Zablodskiy M.M., Spodoba M.O. // *XII International Conference "Electronic Processes in Organic and Inorganic Materials" ICEPOM-12, (June 01-05, 2020),* Kamianets-Podilskyi. 2020. 311.

УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДУ ВИЗНАЧЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ВИТРАТ ПРИ ЗБРОДЖУВАННІ ВІДХОДІВ ТВАРИННИЦТВА У БІОГАЗОВОМУ РЕАКТОРІ

О.О. Сподоба[1], М.О. Сподоба[2]

Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна
[1] Доктор філософії (PhD), старший викладач кафедри конструювання машин і обладнання; sp1309@ukr.net
[2] Доктор філософії (PhD), асистент кафедри електротехніки, електромеханіки та електротехнологій; spmisha@ukr.net

Для оцінки доцільності використання біогазових технологій на фермерських господарствах враховується величина витраченої енергії на процес метаноутворення.

Визначення необхідної кількості енергії для підтримки стабільних параметрів мікроклімату анаеробного середовища є складним і водночас актуальним питанням [1, 2]. Складність полягає у тому, що зміна параметрів мікроклімату залежить від багатьох збурюючих факторів, а також має не лінійний характер зміни. Для вирішення питання встановлення і підтримки рівномірної температури анаеробного процесу, при використанні електронагрівальних пристроїв, необхідно розглядати два види енергії, а саме: електричну та теплову.

Згідно з проведеним аналізом і виявленням наявних недоліків та переваг існуючих систем підтримки температурного режиму у встановлених межах, була запропонована математична модель, що дозволяє виконати комплексний підхід та врахувати взаємопов'язані процеси перетворення електричної енергії у теплову та механічну [2]. Запропонована модель дозволяє врахувати рівняння руху органічної речовини, відходів тваринництва, енергетичні та теплові витрати, для підтримки параметрів мікроклімату у біогазовому реакторі.

Для побудови математичної моделі, було створено рівняння теплового балансу біогазового реактора з нагрівальними та перемішуючими пристроями, яке включає в себе наступні складові рівняння: теплоту органічної речовини, яка знаходиться у біогазовому реакторі, теплоту, що виділяється при зброджуванні органічної речовини, теплоту від нагрівального пристрою, а також враховує величину втрат тепла у навколишнє середовище, разом з відведеним біогазом та вивантаженим шламом (збриджена маса) [2]. Для покращення методу визначення енергетичних витрат на підтримку теплових процесів до складу рівняння введено значення теплової енергії органічної речовини, що завантажується у біогазовий реактор та величина теплової енергії, що накопичується у металоконструкції системи перемішування та біогазового реактора.

Запропонована модель дозволяє визначати кількість електричної та теплової енергії необхідної для встановлення та підтримки температури у встановлених межах для анаеробного бродіння відходів фермерських та побутових господарств. Використання даної моделі дозволяє встановити найбільш енергетично ємнісні процеси, у подальшому використати оптимізаційні задачі для визначення оптимальних параметрів, що призведе до підвищення рентабельності використання біогазових реакторів на фермерських господарствах з метою переробки відходів тваринництва.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Spodoba M., Spodoba O. // IEEE 5th KhPI Week on Advanced Technology (KhPIWeek). Kharkiv, Ukraine. 2024. 1-5. doi:10.1109/KhPIWeek61434.2024.10877980.

2. M. Spodoba, O. Spodoba // *IEEE 5th International Conference on Modern Electrical and Energy System (MEES)*, Kremenchuk, Ukraine. 2023. 1-6. https://doi.org/10.1109/MEES61502.2023.10402431

АНТРОПОГЕННА ТРАНСФОРМАЦІЯ ГІДРОЛОГІЧНИХ СИСТЕМ У МЕЖАХ УРБАНІЗОВАНИХ ТЕРИТОРІЙ: РЕГІОНАЛЬНИЙ ПРИКЛАД СЛОБОЖАНЩИНИ

М.Е. Латишева

Державний біотехнологічний університет, Харків, Україна
Здобувачка 1 курсу спеціальності 103 Науки про Землю
marialatyseva502@gmail.com
Науковий керівник – канд. с.-г. н., доцент кафедри екології та біотехнологій в рослинництві Бузіна І.М.

У сучасних умовах глобальної урбанізації зміни гідрологічного режиму малих річок становлять важливу проблему для фахівців геоекологічного профілю. Малі річки, як елементи

регіональних водних систем, є ключовими для підтримання екологічної рівноваги, формування локального клімату, підтримання біорізноманіття та водного балансу територій. Водночас ці об'єкти найбільш вразливі до змін унаслідок інтенсивного господарського освоєння територій, особливо в районах з високим ступенем урбанізації. Слобожанський регіон, зокрема Харківська область, є яскравим прикладом просторово-часової трансформації гідрологічної мережі під тиском урбаністичних процесів.

На прикладі басейну річки Лопань, що є лівою притокою Уди і входить до басейну Сіверського Дінця, простежується деградація природної гідросистеми. Цей регіон є транскордонним, що додатково ускладнює реалізацію ефективних заходів щодо його охорони. Різке зростання урбанізованих площ, розвиток промислових зон та комунальної інфраструктури, що почалося ще в середині XX століття, сформували довготривалі антропогенні впливи, котрі призвели до змін морфометричних параметрів русла, підвищення показників забруднення води, а також до зниження здатності річки до самоочищення.

Гідрологічні характеристики річки, такі як сезонна мінливість стоку, особливості живлення та інтенсивність льодових явищ, зазнали суттєвих змін. Весняне водопілля, яке раніше забезпечувало відновлення об'єму води, нині не може компенсувати втрати, пов'язані з безповоротним водокористуванням. До того ж підвищення частоти літньо-осінніх злив призводить до локальних паводків, які спричиняють ерозійні процеси, замулення русла та підтоплення прилеглих територій. Відсутність належного залісення водозбірного басейну лише посилює ці негативні явища, порушуючи природні процеси інфільтрації та затримки вологи.

Комплексна оцінка екологічного стану річки Лопань у період 1992–2024 років, здійснена на основі показників біотестування, аналітичного контролю якості води та екологічного індексу, демонструє тривалу тенденцію до погіршення гідроекологічних умов. На окремих ділянках річки, зокрема в межах м. Харків, вода класифікується як незадовільна або навіть брудна за міжнародними стандартами, що пов'язано зі скидами недостатньо очищених або неочищених стічних вод.

Зростання токсичності води, фіксоване в усі сезони, свідчить про постійну присутність джерел забруднення. Найбільший негативний вплив здійснюється через поверхневий стік, насичений нафтопродуктами, важкими металами та органічними речовинами. Важливою проблемою є і вторинне забруднення, яке зумовлюється перемішуванням донних відкладів під час паводків або танення снігу.

З огляду на результати досліджень, що свідчать про системне порушення водного режиму, виникає потреба у впровадженні сучасних природоорієнтованих рішень. Одним з таких рішень є формування умов для природного меандрування малих річок, що дозволяє відновити гідродинамічні процеси, зменшити швидкість течії та підвищити інтенсивність самоочищення. Розширення прибережних захисних смуг, збереження заплав, обмеження господарської діяльності на прибережних територіях є основою сталого управління малими водотоками.

Важливою умовою збереження водної мережі є екосистемний підхід до містобудівного планування. Формування водоохоронної політики має спиратися на інтегроване управління водними ресурсами, враховуючи не лише кількісні показники води, а й якість, біологічну цінність, гідрологічну сталість. У регіональному вимірі, це передбачає перегляд сільськогосподарського землекористування, зокрема заборону розорювання схилів і балок, які виконують функцію природних фільтрів. Підвищення рівня екологічної освіти та залучення місцевих громад до охорони водних ресурсів є також невід'ємною складовою комплексного підходу.

Таким чином, проблема зміни гідрологічного режиму малих річок в умовах урбанізованого ландшафту виходить за межі суто гідрологічної проблематики. Це комплексне екологічне питання, яке має просторовий, часовий і міждисциплінарний вимір. Сучасні тенденції вимагають переходу від технократичного управління водними ресурсами до стратегій, що ґрунтуються на принципах сталого розвитку та інтегрованого управління

природними системами. Лише за таких умов можливе збереження функціональності малих річок як важливого компоненту геоекологічної безпеки України.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Бачинський А.П. // Урбанізація і екологія: взаємозв'язки та наслідки. 2019. 264.
2. Сухенко В.С. // Малі річки України: гідрологічні та екологічні аспекти. 2021. 312.
3. Природоохоронні заходи у водогосподарському секторі: досвід ЄС та України // Вісник НАН України. 2022. 8: 45–52.
4. Український гідрометеорологічний центр. Екологічний стан малих річок. Аналітичний звіт. 2023.
5. Methodology for the assessment of the ecological status of surface waters in Europe. EEA Report. 2021.
6. Водна стратегія України до 2030 року. URL: https://mepr.gov.ua/files/images/strategia_2030.pdf

ЗАХИСТ І ВІДНОВЛЕННЯ ПРИРОДНИХ БОЛІТ ПОЛІССЯ

Є.С. Никонюк

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, Україна, студентка, Yelyzaveta.Nykoniuk@mit.khpi.edu.ua

Поліські болота, які є унікальними природними екосистемами, відіграють важливу роль у збереженні біорізноманіття, контролі водного балансу та пом'якшенні змін клімату. Тим не менш, протягом останніх десяти років ці регіони зазнали значного антропогенного впливу, що призвело до погіршення їх природного середовища. Осушення, сільськогосподарська діяльність, забруднення та зміни клімату є основними факторами, які поставили під загрозу існування цих особливих екосистем.

Збереження цих природних комплексів, відновлення їхніх екологічних функцій і адаптація до сучасних кліматичних викликів є важливим питанням для дослідження охорони та відновлення Поліських боліт. Уряди, наукові установи та екологічні організації активно працюють над планами збереження та відновлення болотних екосистем, впроваджуючи природоохоронні заходи та практики землекористування, орієнтовані на екологію.

Мета цієї роботи полягає в тому, щоб проаналізувати поточний стан Поліських боліт, визначити основні загрози для їхнього існування та розглянути ефективні способи захисту та відновлення їх.

Дослідження показують, що водно-болотні угіддя надають у п'ять разів більше екосистемних послуг, ніж тропічні ліси. Попри це, з 1700 року світ втратив понад 21% таких територій, здебільшого через осушення, що спричинило багатотрильйонні збитки. Лише 13–18 % із понад 12 млн км² угідь мають міжнародну охорону. Їхнє збереження є ключовим для реалізації Цілей сталого розвитку — зокрема чистої води (ЦСР 6), кліматичної стійкості (ЦСР 13), охорони морських (ЦСР 14) та наземних екосистем (ЦСР 15) [1]. У цьому контексті особливої уваги потребують українські болотні ландшафти, зокрема природні болота Полісся.

Поліський природний заповідник займає 20 104 га, з яких близько 22 % становлять болота різного типу та заболочені ліси. У 2004 році частині його територій (2145 га) було надано статус Рамсарських угідь під назвою «Поліські болота». Вони включають комплекс верхових і перехідних боліт «Мірощі» (1600 га) у Перганському лісництві на Олевщині та водно-річковий комплекс «Жолобниця» (545 га) у Селезівському лісництві на Овруччині. Болотний масив «Мірощі» містить значні торфові поклади, що формувалися 8-10 тисяч років і місцями сягають понад трьох метрів.

Територія страждає від змін клімату, зокрема підвищення середніх температур, збільшення посушливих років і скорочення морозних періодів. Дефіцит вологи через відсутність снігового покриву навесні призводить до падіння рівня ґрунтових вод, що негативно впливає на водно-болотні угіддя. Висихання боліт спричиняє зникнення цінних видів флори та фауни, а їхнє поступове заліснення посилює випаровування вологи та прискорює розкладання торфу, що, своєю чергою, збільшує викиди парникових газів. Окрім цього, через нестачу вологи та подовження пожежонебезпечного періоду значно зростає ризик масштабних пожеж.

«Поліські болота» охороняються відповідно до класифікації EUNIS і Бернської конвенції. Вони є середовищем існування багатьох рідкісних та ендемічних видів, важливими місцями зупинки мігруючих птахів [2]. Крім того, болота виконують природну функцію очищення води й відіграють важливу роль у регулюванні річкового стоку.

Проєкт «Полісся — дика природа без кордонів» є важливою ініціативою, спрямованою на збереження та відновлення унікальних болотяних екосистем українського Полісся. Разом із Фондом Майкла Зуккова експерти досліджують потенціал для рекультивації осушених територій у природних заповідниках Черемському, Рівненському, Поліському та Чорнобильському. Особливу увагу приділено взаємодії з місцевими громадами, думки яких часто є неоднозначними: хоча відновлення боліт може обмежити господарське використання земель, вододефіцит і деградація природного середовища стають дедалі вагомішими аргументами на користь екологічних рішень. Планується проведення гідрологічного моніторингу та аналізу торф'яного шару, щоб підготувати науково обґрунтовані кроки з відновлення. Під час круглого столу у Рівному було підкреслено роль боліт як джерел питної води, природних вуглецевих пасток і важливих ареалів біорізноманіття [3]. Цей проєкт підкреслює значення міжнародної співпраці, науки й підтримки на місцях для збереження Полісся — одного з останніх диких регіонів Європи.

Болота та вологі природні ділянки є ключовим елементом у системі взаємозв'язаних природних компонентів. Вони відіграють важливу роль у підтриманні здатності ландшафтів до відновлення, сприяють їх структурній рівновазі та стабілізують екологічне середовище. Водно-болотні екосистеми дуже вразливі до людського втручання — навіть незначні зміни можуть призвести до серйозних і часто незворотних наслідків у їх функціонуванні. Справжніх недоторканих боліт залишилось дуже мало, а процес їх природного відновлення відбувається настільки повільно, що їх вважають практично невідновним природним ресурсом.

Нині природно-заповідна мережа області охоплює значну частину збережених болотних екосистем, зокрема ті, де ростуть рідкісні рослини і мешкають види, занесені до Червоної книги України та міжнародних списків. Згідно з науковими рекомендаціями, торфовища, які зберегли природний стан, слід включити до складу природно-заповідного фонду. У свою чергу, меліоровані території, на яких ще збереглися елементи природних екосистем, потребують відновлення та повторного зволоження. Такі ділянки мають бути переведені до земель водного фонду [4]. Відновлення водного режиму на осушених торфовищах є дієвим способом збереження біорізноманіття, водних запасів, здатності екосистем поглинати вуглець, а також запобігає викидам CO_2, які виникають у результаті мінералізації торфу.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Ramsar Convention Secretariat. Ramsar Convention on Wetlands. Global Wetland Outlook: State of the World's Wetlands and their Services to People. Gland, Switzerland: (2018).

2. Г. Бумар. Водно-болотні угіддя «Поліські болота» - сучасний стан та загрози. // Поліський природний заповідник. URL: http://polesye-reserve.in.ua/publicwork/zahody-akciy.html

3. Полісся – Дика природа без кордонів. Зустріч на місці: порушені болота українського Полісся чекають на відновлення. URL: https://wildpolesia.org/ukr/blog/2023/08/18/зустріч-на-місці-порушені-болота-укра

4. Карпюк З. К. // Охорона болотних екосистем у мережі природно-заповідного фонду Волинської області. Шацьке поозер'я в контексті змін клімату. Волинський національний університет імені Лесі Українки. 2021 р.

ОЦІНКА РІВНЯ ТОКСИЧНОСТІ ПРИРОДНИХ І СТІЧНИХ ВОД ТА ОПТИМІЗАЦІЯ ПРОЦЕСІВ ЇХ ОЧИЩЕННЯ В МЕЖАХ ТОВ «БОГОДУХІВСЬКИЙ МОЛЗАВОД»

В.А. Марчук

Державний біотехнологічний університет, Харків, Україна
Здобувач 4 року навчання, hharlengen@gmail.com
Науковий керівник – канд.с.-г. н., доцент кафедри екології та біотехнологій в рослинництві Бузіна І.М.

В умовах нинішньої екологічної кризи проблема забруднення навколишнього середовища і зокрема водних ресурсів стає надзвичайно актуальною, особливо у воєнний час. Наразі одним з найкритичніших джерел забруднення є промислові підприємства. До таких підприємств належить і досліджуваний об'єкт ТОВ «Богодухівський молзавод», який є важливою складовою молочної промисловості регіону. Виробництво молочної продукції супроводжується значними викидами стічних вод, котрі містять як органічні, так і хімічні забруднювачі, що можуть спричинити підвищення рівня токсичності водних ресурсів.

Оцінка рівня токсичності природних і стічних вод є надзвичайно важливою складовою у питанні забезпечення екологічної безпеки та захисту водних ресурсів. Особливо актуальним цей аспект постає у воєнний час, коли навіть незначне погіршення екологічної ситуації може значно прискоритися через зруйновану інфраструктуру та промислові об'єкти.

Якість природних вод задається показниками, вони можуть бути;

- загальними та специфічними;
- фізичними, хімічними та біологічними;
- простими, груповими і комплексними.

За призначенням показники можна поділити на основні і додаткові, лімітуючі (нормовані) та репрезентативні.

По тому, як показники характеризують водне середовище, вони можуть бути кількісними, якісними та змішаними. [2, с. 8]

ГДК забруднювальних речовин вміщають у собі важливу інформацію щодо якості води. Поняття ГДК базується на концепції пороговості дії хімічних речовин. Відповідно до цієї концепції для кожної окремої речовини існують концентрації, при яких зміни організму будуть мінімальними. [2, с. 19-20]

Під терміном «стічні води» розуміють суміш різних категорій цих вод, які надходять для очистки на очисні станції. Стічні води діляться на три категорії: господарсько-побутові, виробничі та атмосферні.

Господарсько-побутові стічні води утворюються внаслідок використання водопровідної води у побуті. Вони містять виділення життєдіяльності організму та господарські відходи: органічні залишки продуктів харчування, пісок, хімічні засоби, засоби гігієни та інше. Господарсько-побутові стічні води завжди містять велику кількість мікроорганізмів, що містяться у шлунку та на тілі людини, а також змиваються з одягу та продуктів харчування (м'яса, риби, овочів та фруктів тощо). Серед цих мікроорганізмів можуть бути і патогенні.

Виробничі стічні води різноманітні за кількістю та складом. Їх умовно поділяють на три види:

1. Виробничі стічні води, що містять органічні речовини і не містять токсикантів (стічні води харчових підприємств). Такі води можна скидати в міську каналізацію;
2. Виробничі стічні води, що містять органіку, а також токсичні домішки, котрі перешкоджають біохімічному окисленню цих органічних речовин (наприклад, стічні води шкірзаводів). Такі води піддаються очистці з метою видалення токсикантів, після чого можуть скидатися у локальну каналізацію.
3. Виробничі стічні води, що не містять органіки. Такі стічні води заборонено скидати у міську каналізацію.

Скид виробничих стічних вод у міську каналізацію регламентується правилами прийому виробничих стічних вод в системи каналізації населених пунктів.

Надходження виробничих стічних вод у міську каналізацію може бути рівномірним чи нерівномірним, безперервним або залповим, цілорічним чи сезонним.

Атмосферні стічні води утворюються на території об'єкту при випаданні дощів, танення снігу тощо. Атмосферні води вміщають у себе також і органічні речовини разом із піском та сміттям з доріг, тому за своїм складом вони можуть бути віднесені до слабко забруднених побутових стічних вод. [1, с. 5-6]

Очисні споруди – інженерні споруди для очищення, знешкодження й знезараження стічних вод. Зазвичай вони використовуються там, де централізована каналізація недоступна або недоцільна. Крім того, очисні споруди можуть бути більш економічно вигідними, особливо в випадку, коли відстань до централізованої каналізації є великою.

Робота установок ґрунтується на використанні декількох методів очищення каналізаційних стоків, які дають змогу видалити забруднення і домішки, що містяться в стічних водах, та привести їх до рівня чистоти, встановленого нормативними документами. Якщо об’єкт має підвищені вимоги до якості, то процес включає в себе три етапи: механічне, біологічне та фізико-хімічне очищення.

Вартість залежить від багатьох чинників, включно з масштабом і типом очисних процесів, що використовуються в установці, а також географічних умов та вимог місцевих нормативних актів.

Очисна споруда призначена для очищення стічних вод від забруднень та домішок до рівнів, встановлених нормативними документами перед їх скиданням у водні об'єкти (гідротехнічні споруди, дамби, водосховища, водойму (річка, море, озеро, джерело, болото тощо) або у дренажну систему). Це сприяє захисту навколишнього середовища та здоров'я людей.

Воду можна скидати у зливову каналізацію/в ґрунт (траншею підземної фільтрації, колодязь, що фільтрує), відводити на рельєф (кювет, яр, канава, балка, траншея), використовувати для дренажного поливу або повторно використовувати технічну воду (для поливу саду чи газону, миття автомобіля або просто повернути назад у зливний бачок).

Стічні води до водоочисних споруд молзаводу надходять внаслідок їх забруднення після виробничого процесу та після очистки повторно використовуються у дренажних системах на богодухівських полях за містом.

Дослідження оцінки рівня токсичності природних і стічних вод підтверджує важливість систематичного моніторингу якості водних ресурсів. Забруднювачі, що містяться в стічних водах різної класифікації, можуть негативно впливати на навколишнє середовище, якщо не забезпечити належного очищення.

Оптимізація очищення є ключовим аспектом у зменшенні токсичності вод та мінімізації екологічного навантаження на довкілля. Використання сучасних технологій дозволять значно покращити процес фільтрації вод, що призведе до зниження рівня вмісту токсикантів у водних середовищах до прийнятних стандартів.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Ковальчук В.А. // Очистка стічних вод. 2002. 616 с.
2. Юрасов С.М. // Методи оцінки якості природних вод. 2011. 92 с.

ЗАСТОСУВАННЯ ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ ТЕРИТОРІЙ

С.О. Виноградeнко

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна,
доцент, s.vinogradenko15@gmail.com

Сучасні екологічні виклики вимагають високотехнологічних інструментів для оперативного аналізу, оцінки та прогнозування стану довкілля. Геоінформаційні технології (ГІС) стали невід'ємною складовою моніторингу навколишнього середовища, оскільки забезпечують просторову візуалізацію даних, інтеграцію багатьох джерел інформації та аналітичні можливості для виявлення змін у екосистемах [1, 2]. Метою цієї доповіді є висвітлення потенціалу ГІС для моніторингу та прогнозування екологічного стану територій. Роль ГІС у моніторингу навколишнього середовища. ГІС дозволяють здійснювати: збір та інтеграцію екологічних даних із різних джерел (супутникові знімки, польові спостереження, метеодані); просторовий аналіз забруднення повітря, води, ґрунтів; виявлення антропогенних навантажень на ландшафт; відстеження змін рослинного покриву та водного балансу [3, 4]. Прикладом ефективного використання ГІС є оцінка динаміки зміни якості повітря у міських агломераціях за даними супутникового моніторингу Sentinel-5P.

Моделювання в ГІС дає змогу прогнозувати: наслідки ерозії ґрунтів; розповсюдження забруднюючих речовин; вплив кліматичних змін на місцеві екосистеми.

Сучасні програмні рішення, такі як ArcGIS, QGIS, SAGA GIS, дозволяють будувати цифрові моделі рельєфу, гідрологічні моделі та сценарії змін під впливом людської діяльності.

З використанням машинного навчання та аналізу часових рядів даних можна здійснювати прогноз: змін у біорізноманітті; ризиків затоплення або посух; рівнів забруднення у перспективі. Інтеграція ГІС із системами штучного інтелекту дозволяє створювати адаптивні системи раннього попередження про екологічні загрози.

Наприклад для того щоб оцінити стан водозбірного басейну річки Інгулець за допомогою ГІС-аналізу та супутникових даних необхідно з супутника Sentinel-2, польових спостережень побудувати прогноз зміни якості води в умовах зростаючого антропогенного навантаження. Були взяті супутникові знімки Sentinel-2 (2020–2024 рр.) з відкритих джерел Copernicus Open Access Hub [5]. Польові дані з відбору проб води (хімічний аналіз: БСК5, вміст нітратів, фосфатів). Векторні дані щодо землекористування (CORINE Land Cover), розташування промислових підприємств, каналізаційних випусків [6]. Обробка даних проведена у QGIS: шляхом класифікації земного покриву (NDVI, NDWI), побудови цифрової моделі рельєфу для аналізу стоку поверхневих вод та аналізу буферних зон навколо джерел забруднення [7].

Проведено моделювання шляхом розрахунку потенційної зони впливу промислових об'єктів та побудови просторової моделі поширення забруднення із визначенням зон екологічного ризику за шкалою від «низький» до «критичний». Для прогнозування було створено прогнозну модель якості води на основі часових рядів NDWI та гідрохімічних показників. В результаті було виявлено зони підвищеного ризику забруднення в нижній течії річки, пов'язані з скидами шахтних вод та стічних вод агропромислового комплексу.

Запропоновано коригування санітарно-захисних зон та рекомендації щодо моніторингових постів.

Використання ГІС-технологій дозволило комплексно проаналізувати стан водозбірного басейну та сформувати обґрунтовані управлінські рішення для його екологічної стабілізації. Подібні дослідження можуть стати основою для екологічного планування на регіональному рівні.

Отже, геоінформаційні технології відіграють ключову роль у сучасній екологічній аналітиці, сприяючи не лише точному моніторингу поточного стану, а й ефективному прогнозуванню майбутніх змін. Їх інтеграція в екологічну політику та просторове планування дозволяє здійснювати обґрунтовані управлінські рішення щодо охорони довкілля.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Бородін О.І., Сидоренко С.І. // Геоінформаційні системи в екології: підручник. 2021.
2. Веклич А.М., Шевченко Л.О. // Український географічний журнал. 2020. 2: 52–59.
3. Єфіменко, М.Ю., Мартинюк, О.В. // Екологічна безпека. 2019. 1(27): 112–118.
4. Опара В.М., Бузіна І.М., Хайнус Д.Д., Виноградeнко С.О., Коваленко Л.М. // Вісник Харківського національного університету ім. В.Н. Каразіна. Проблеми безперервної географічної освіти і картографії. 2020. 31: 50-59. http://doi.org/10.26565/2075-1893-2020-31-06
5. Copernicus Open Access Hub. 2024. Sentinel-2 User Guide. Retrieved from: https://scihub.copernicus.eu/
6. European Environment Agency. 2018. CORINE Land Cover — Methodology and Guidelines. EEA Technical Report No. 89/2018.
7. QGIS Documentation Team. 2023. QGIS User Guide (version 3.28). Retrieved from: https://docs.qgis.org/

ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ЗАСТОСУВАННЯ БІОЛОГІЧНИХ ПРЕПАРАТІВ У НАСАДЖЕННЯХ ЯГІДНИХ КУЛЬТУР

В.В. Бондаренко

Державний біотехнологічний університет, Харків, Україна
здобувач першого (бакалаврського) рівня вищої освіти, vlad57270@gmail.com
Науковий керівник − канд. с.-г. н., доцент кафедри екології та біотехнологій у рослинництві Коляда О.В.

Сфера сільського господарства проходить через черговий етап трансформації, у якому відбувається конкуренція старих методів та підходів до землеробства, і альтернативних рішень на користь органічному землеробству, які мінімізують шкоду навколишньому природному середовищу та здоров'ю людини. Однією з вагомих складових екологічно безпечного землеробства є біологічні препарати захисту. Нами було проаналізовано аспект використання біологічних пестицидів для захисту ягідних культур, які в свою чергу мають досить важливе значення як для здоров'я людини, так і економічного становища аграрного сектору держави.

Поширення використання хімічних пестицидів у сфері сільського господарства обумовлене відносною невисокою вартістю, що в свою чергу помітно впливає на надання переваги під час вибору між хімічними пестицидами і біологічними аналогами. Однак, при використанні хімічних пестицидів, особливо у неконтрольованих кількостях, виникає ряд проблем, зокрема: формування резистентності (стійкості) шкідливих організмів до препарату, який призначений для протидії з ними; небезпечність для здоров'я людей, внаслідок вживання забрудненої продукції тощо.

Особливо чутливими до дії хімічних пестицидів є корисні ґрунтові мікроорганізми. Втрата мікробіологічної активності ґрунтів з часом може призвести до зниження їх родючості, менш ефективного засвоєння елементів живлення рослинами [2, с. 55-57].

Альтернативою для хімічних засобів захисту рослин є біологічні пестициди. Біологічні препарати захисту рослин поділяються за характером дії на: біологічні інсектициди, біологічні гербіциди, біологічні фунгіциди, біологічні акарициди, а також їх поєднання для універсальності застосування (наприклад біологічний інсекто-акарицид). На відміну від агрохімікатів синтетичного походження, біологічні препарати надають перевагу природним процесам, серед яких можна виділити особливості взаємовідносин між організмами, які існують у природі, та використання механізмів захисту або нападу тих чи інших організмів. Наприклад, біологічні фунгіциди використовують у своєму складі мікроорганізмів-антагоністів цільових фітопатогенів, які навіть якщо і не знищують збудників хвороб, то витісняють їх із екологічної ніші. Також деякі препарати біологічного походження мають у своєму складі не лише антагоністів цільових фітопатогенів, але й додаткові, наприклад, мікроорганізми-інокулянти, які в цілому сприяють зміцненню оброблюваних рослин [1, с. 13-27].

Однією із головних переваг використання біологічних препаратів є їх екологічна безпечність для навколишнього природного середовища та агрофітоценозів, а також безпечність для здоров'я людини. Однак, як і при застосуванні хімічних засобів захисту рослин, при експлуатації біологічних препаратів необхідно дотримуватись встановлених правил безпеки. Зокрема, обов'язковим є використання індивідуальних засобів захисту (захист очей, дихальних шляхів, оголених частин рук тощо), чітке слідування усім рекомендаціям та інструкціям від компанії-виробника обраного біологічного препарату, адже порушення одного з цих пунктів призведе або до проблем зі здоров'ям, або практично нульовій ефективності використовуваного біопестициду.

Нами було проаналізовано ефективність застосування біологічних пестицидів при вирощуванні ягідних культур в умовах Краснокутської дослідної станції садівництва (Харківська область). Для комплексної обробки вирощуваних ягідних культур використовувалися препарати інсектицидно-акарицидної дії «Актофіт», «Актоверм», «Актоцид», препарати інсектицидної дії «Бітоксибацилін-БТУ» та фунгіцидної дії «Поліверсум» і «Триходермін». Було прослідковано позитивний вплив біологічних препаратів на врожайність суниці, полуниці та малини. Вищі показники врожайності культур досягаються за рахунок попередження або знищення всіх фітопатогенів та комах-фітофагів, які і наносять основні збитки врожайності. Застосування всіх досліджуваних препаратів показало позитивні результати після обробки ними насаджень плодово-ягідних культур, при умові їх правильного застосування і слідування усім рекомендаціям виробника. Внаслідок обробки біопестицидами врожайність вирощуваних культур у порівнянні з варіантом без застосування препаратів, в середньому підвищувалась на 12,0-15,0 %, через захищеність рослин від деструктивної дії шкідливих організмів.

Підводячи підсумки, можна зазначити, що незважаючи на високу вартість, біологічні препарати дають можливість аграріям вкласти фінансові засоби у позитивні показники врожайності вирощуваних насаджень ягідних культур, забезпечують чистоту та безпечність продукції, сприяють збереженню ґрунтового покриву та навколишнього природного середовища в цілому. Використання біологічних препаратів у насадженнях вирощуваних ягідних культур дозволяє як підвищити їх врожайність і захищеність від різного роду шкідливих організмів та фітопатогенів, так і не завдати шкоди навколишньому природному середовищу.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. С.В. Станкевич, В.М. Положенець, Л.В. Немерицька та ін. // Біологічні препарати для захисту рослин і технічні засоби їх застосування: навч. посіб. 2022. 211 с.

2. Буценко Л. М., Пирог Т. П. // Біотехнологічні методи захисту рослин: підручник. 2018. 346 с.

АНАЛІЗ ПОТЕНЦІАЛУ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ

Д.О. Ляскало

Державний біотехнологічний університет, Харків, Україна
здобувач другого (магістерського) рівня вищої освіти, dashkaliaskalo@gmail.com
Науковий керівник – канд. с.-г. н., доцент кафедри екології та біотехнологій в рослинництві Коляда О.В.

Сучасний розвиток енергетичного сектору характеризується поступовим переходом від викопних джерел енергії до відновлюваних, що зумовлено як екологічними, так і економічними чинниками. Для України ця тенденція має особливе значення, оскільки енергетична безпека держави значною мірою залежить від імпорту енергоресурсів, а внутрішні енергетичні системи зазнають серйозних випробувань. В умовах глобального кліматичного порядку денного актуальність використання відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) зростає, що робить необхідним дослідження їхнього потенціалу на регіональному рівні.

Основною метою роботи є визначення потенціалу відновлюваних джерел енергії в Полтавській області та оцінка перспектив їхнього використання з урахуванням кліматичних, географічних та економічних факторів.

Дослідження здійснено із застосуванням комплексного підходу, що передбачає аналіз соціально-економічних та екологічних параметрів, використання геоінформаційних технологій (ГІС) для оцінки просторового розподілу потенціалу ВДЕ, а також математичне моделювання ефективності впровадження альтернативних енергетичних систем.

Полтавська область має значний потенціал використання відновлюваних джерел енергії, зокрема сонячної та вітрової. Середньорічна сумарна сонячна радіація на території регіону варіюється в межах 1070–1400 кВт·год/м², що створює сприятливі умови для впровадження фотоелектричних систем. Тривалість сонячного сяйва у південних районах області становить понад 1900 годин на рік, що робить можливим ефективне функціонування сонячних електростанцій, як у приватному секторі, так і у промисловому масштабі.

Оцінка вітроенергетичного потенціалу показала, що середньорічна швидкість вітру в окремих районах області досягає 2,5–3,3 м/с, що є достатнім для встановлення малопотужних вітроенергетичних установок. Географічні особливості регіону, зокрема наявність відкритих просторів і рівнинного рельєфу, сприяють розвитку вітроенергетичних технологій. Найбільш перспективними для встановлення вітрових електростанцій є території поблизу Кременчуцького водосховища, де спостерігається стабільний вітровий режим.

Аналіз економічної доцільності впровадження альтернативних енергетичних систем свідчить про потенційну можливість зниження витрат на електроенергію для місцевого населення та підприємств. Крім того, широке використання ВДЕ сприятиме створенню нових робочих місць у сфері будівництва, експлуатації та обслуговування енергетичних об’єктів, що позитивно вплине на соціально-економічний розвиток регіону.

Результати проведеного дослідження засвідчують високий потенціал Полтавської області для розвитку відновлюваної енергетики, що може відігравати ключову роль у формуванні енергетичної безпеки регіону та України загалом. Впровадження сонячних та вітрових електростанцій сприятиме диверсифікації джерел електроенергії, що зменшить залежність від традиційних паливно-енергетичних ресурсів і забезпечить стабільність електропостачання.

Економічний ефект від розвитку ВДЕ проявляється у зниженні витрат на виробництво електроенергії, особливо в довгостроковій перспективі, оскільки експлуатаційні витрати на сонячні та вітрові електростанції є значно нижчими порівняно з традиційними ТЕС. Згідно з оцінками Державного агентства з енергоефективності, потенційне впровадження ВДЕ в Полтавській області може забезпечити до 15,0 % регіонального споживання електроенергії, що дозволить суттєво знизити залежність від централізованого електропостачання.

Екологічний аспект також відіграє важливу роль у доцільності використання ВДЕ. Зниження викидів CO_2 внаслідок переходу на відновлювану енергетику сприятиме покращенню екологічного стану регіону та відповідатиме міжнародним зобов'язанням України щодо скорочення викидів парникових газів. За розрахунками Національного інституту стратегічних досліджень, реалізація програм розвитку ВДЕ може зменшити викиди CO_2 на 2,5 млн тонн на рік.

З огляду на отримані результати, подальші дослідження доцільно спрямувати на детальніший аналіз економічної ефективності впровадження ВДЕ в Полтавській області, розробку оптимальних моделей фінансування проєктів, зокрема залучення міжнародних інвестицій і державних програм підтримки. Також важливо розглянути питання технологічної інтеграції відновлюваної енергетики в існуючі енергетичні мережі для забезпечення стабільності їхньої роботи.

Загалом, розвиток зеленої енергетики у Полтавській області є стратегічно важливим напрямом, що забезпечить довгострокові соціально-економічні вигоди, сприятиме екологічній безпеці та спричинить позитивні зміни в енергетичній структурі регіону.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Аналітичний звіт про стан та перспективи розвитку відновлюваної енергетики. Державне агентство з енергоефективності та енергозбереження України. Київ. 2022: 10 с.

2. Андрущенко С.В., Дячук О.А. // Зелене відновлення України: енергетичний вимір. Програма розвитку ООН в Україні. Київ. 2024: 52 с.

3. Кузнєцова О. О., Ястремська Л. С., Корнієнко І. М., Барановський М. М. // *Технології та інжиніринг*. 2022. 4(9): 17–34.

4. Можливості залучення приватного сектору до зеленої та стійкої відбудови України. Міжнародна фінансова корпорація (IFC). 2023: 60 с.

5. Публічний звіт Голови Держенергоефективності про підсумки діяльності у 2022 році. Державне агентство з енергоефективності та енергозбереження України. Київ. 2023: 70 с.

6. Суходоля О.М., Сменковський А.Ю., Шевцов А.І., Земляний М.Г. // Стан та перспективи розвитку відновлюваної енергетики в Україні. 2013: 104 с.

ЗАСТОСУВАННЯ ГІС ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ ДЕГРАДАЦІЙНИХ ПРОЦЕСІВ У ҐРУНТОВОМУ ПОКРИВІ АГРОЛАНДШАФТІВ

В.Л. Жолтіков

Харківський регіональний центр державної установи
"Інститут охорони ґрунтів України", м. Харків, Україна
В.о. директора, kharkiv@iogu.gov.ua

У контексті глобальних екологічних змін питання збереження ґрунтового покриву набуває критичного значення, особливо в агроландшафтах, де інтенсивна сільськогосподарська діяльність є одним із головних чинників деградації ґрунтів. Деградація охоплює широкий спектр процесів — ерозію, втрату гумусу, ущільнення, засолення, виснаження поживних речовин і забруднення. Для ефективного моніторингу, оцінювання й прогнозування цих процесів дедалі частіше застосовуються геоінформаційні системи (ГІС), які дозволяють обробляти, візуалізувати й аналізувати просторову інформацію в різних масштабах і з високим ступенем точності.

ГІС дозволяють інтегрувати просторові дані різної природи: цифрові моделі рельєфу, агрохімічні та геофізичні показники, результати дистанційного зондування Землі (ДЗЗ),

метеорологічні спостереження, картографічні матеріали та дані польових обстежень. Це забезпечує можливість не лише картографувати наявний стан ґрунтового покриву, а й будувати моделі прогнозування деградаційних процесів. Зокрема, технології ГІС широко застосовуються для моделювання ерозійної небезпеки за допомогою таких інструментів, як модель RUSLE (Revised Universal Soil Loss Equation) або її модифікацій у середовищах ArcGIS, QGIS або GRASS GIS. На основі таких моделей створюються карти потенційних втрат ґрунту, які враховують інтенсивність опадів, характеристики ґрунту (текстуру, структуру, вміст органіки), крутість і довжину схилів, покрив рослинності, а також антропогенне навантаження.

Одним із ефективних напрямів використання ГІС у ґрунтознавстві є багатокритеріальний геопросторовий аналіз (Multi-Criteria Decision Analysis, MCDA), який дозволяє інтегрувати різні типи вхідних даних та експертні оцінки для виділення зон ризику деградації. Такий підхід особливо цінний у комплексному аналізі агроландшафтів, де на ґрунтові процеси одночасно впливають природні та антропогенні фактори. Наприклад, у дослідженнях, проведених на території Лісостепу України, було встановлено, що найбільш ерозійно небезпечними є ділянки з високими ухилами, слабким рослинним покривом і значною господарською трансформацією територій (Твєткова та ін., 2015).

Дистанційне зондування, зокрема супутникові знімки Landsat, Sentinel-2, MODIS, дозволяє виявляти зміни в спектральних характеристиках ґрунтів, пов’язані з втратою органічної речовини, ущільненням або вторинним засоленням. За допомогою індексів, таких як NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), SAVI (Soil Adjusted Vegetation Index) та інших, можна непрямо оцінювати зміни в покриві рослинності, які часто є індикаторами деградаційних процесів. Крім того, методи класифікації знімків (наприклад, supervised classification, random forest) забезпечують детальне зонування земель за ступенем деградованості.

Інтеграція результатів моніторингу в динаміці дає змогу не лише виявляти осередки деградації, а й оцінювати ефективність застосованих заходів з охорони ґрунтів. Наприклад, порівняння знімків у різні роки дозволяє виявити позитивні або негативні тенденції після впровадження контурно-меліоративних систем, лісосмуг чи зміни структури землекористування.

Застосування ГІС у поєднанні з сучасними підходами до оцінки ризиків і просторового моделювання має важливе значення для формування політик сталого землекористування. Такий підхід дозволяє регіональним і національним структурам планувати ефективні агроекологічні заходи, прогнозувати ризики опустелювання або зниження продуктивності угідь, а також забезпечувати екологічну безпеку територій.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ:

1. Tsvetkova N. M., Saranenko I. I., Dubina A. O. // *Biosystems Diversity*. 2015. 23(1): 90–96. https://doi.org/10.15421/011528

2. Kuznichenko S., Ivanov D., Kuznichenko D. // *Bulletin of NTU "KhPI"*. 2024. 1(11): 18–25. https://doi.org/10.20998/2079-0023.2024.01.03

3. Borrelli P., Robinson D. A., Fleischer L. R., Lugato E., Ballabio C., Alewell C., Panagos P. // *Nature Communications*. 2020. 11: 1–12. https://doi.org/10.1038/s41467-020-17788-w

МОДЕЛЮВАННЯ ВПЛИВУ ЗМІН ЗЕМЛЕКОРИСТУВАННЯ НА ҐРУНТОВЕ СЕРЕДОВИЩЕ В КОНТЕКСТІ СТАЛОГО РОЗВИТКУ

К.Б. Новосад

Харківський регіональний центр ДУ "Інститут охорони ґрунтів України", м. Харків, Україна
канд. с.-ґ. наук, доцент, в.о. головного інженера-ґрунтознавця
konstantin.novosad@gmail.com

Зміни землекористування є одним із ключових факторів, що впливають на стан ґрунтового середовища, біорізноманіття та кліматичну стабільність. У контексті сталого розвитку, розуміння та моделювання цих змін набуває особливої актуальності, оскільки дозволяє прогнозувати наслідки антропогенної діяльності та розробляти ефективні стратегії управління земельними ресурсами.

Моделювання змін землекористування базується на інтеграції геоінформаційних систем (ГІС), дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) та математичних моделей, що враховують як природні, так і соціально-економічні чинники. Серед найбільш поширених підходів є використання моделей Cellular Automata (CA), Markov Chains, а також їх комбінацій (CA-Markov), які дозволяють прогнозувати просторово-часову динаміку змін землекористування з урахуванням історичних даних та сценаріїв розвитку. Наприклад, дослідження в районі Лахору, Пакистан, продемонструвало ефективність моделі CA-Markov у прогнозуванні змін землекористування на періоди до 2044 року, що є критично важливим для екологічного управління та планування сталого землекористування.

Зміни землекористування, зокрема розширення сільськогосподарських угідь, урбанізація та вирубка лісів, призводять до деградації ґрунтів, зменшення їх родючості та втрати екосистемних послуг. Глобальні оцінки показують, що деградація земель щорічно охоплює близько 1 мільйона квадратних кілометрів, що перевищує площу Антарктиди, і становить серйозну загрозу для зусиль зі стабілізації клімату, захисту екосистем та забезпечення продовольчої безпеки.

Одним із ключових аспектів моделювання є оцінка ерозійних процесів, які посилюються внаслідок змін землекористування та кліматичних змін. Дослідження показують, що без ефективних стратегій пом'якшення, деградація ґрунтів може призвести до довгострокового зниження сільськогосподарської продуктивності та економічної нестабільності . Моделі, такі як Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE), у поєднанні з ГІС, дозволяють кількісно оцінити потенційні втрати ґрунту внаслідок ерозії, враховуючи фактори опадів, ґрунтових характеристик, рельєфу, покриву рослинності та агротехнічних заходів.

Крім того, моделювання змін землекористування сприяє розумінню впливу людської діяльності на гідрологічні процеси, зокрема на водний баланс, інфільтрацію та стік. Зміни в покриві земної поверхні можуть значно змінювати гідрологічний режим територій, що, в свою чергу, впливає на ґрунтову вологість, ерозійні процеси та загальну екосистемну стабільність.

У контексті сталого розвитку, моделювання змін землекористування має на меті не лише прогнозування негативних наслідків, але й розробку стратегій адаптації та пом'якшення. Це включає впровадження практик сталого землекористування, збереження лісів, агролісомеліорацію, оптимізацію сільськогосподарських практик та планування міського розвитку з урахуванням екологічних факторів. Такі підходи сприяють досягненню Цілей сталого розвитку, зокрема цілей, пов'язаних із боротьбою з деградацією земель, зміною клімату та забезпеченням продовольчої безпеки.

Висновки з моделювання змін землекористування мають важливе значення для формування політик та прийняття рішень на різних рівнях управління. Інтеграція результатів моделювання у процеси планування дозволяє враховувати потенційні екологічні ризики та

розробляти ефективні стратегії управління земельними ресурсами, що є критично важливим у контексті глобальних екологічних викликів.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Borrelli P., Robinson D. A., Fleischer L. R., Lugato E., Ballabio C., Alewell C., ... & Panagos P. // *Nature Communications*. 2017. 8(1): 2013. https://doi.org/10.1038/s41467-017-02142-7

2. Panagos P., Borrelli P., Meusburger K., Alewell C., Lugato E., Montanarella L. // *Land Use Policy*. 2015. 48: 38–50. https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2015.05.021

ОЦІНКА ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ УРБОҐРУНТІВ З ВИКОРИСТАННЯМ ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ

О.К. Новосад, М.Є. Кузьменко, Ю.М. Парфененков

ХАРКІВСЬКИЙ РЕГІОНАЛЬНИЙ ЦЕНТР ДУ "ІНСТИТУТ ОХОРОНИ ҐРУНТІВ УКРАЇНИ", м. Харків, Україна, kharkivroduchist@ukr.net

Урбоґрунти, тобто ґрунти міських територій, відіграють ключову роль у підтриманні екологічної рівноваги урбанізованих середовищ. Вони забезпечують фільтрацію забруднювачів, збереження вологи, регуляцію мікроклімату та підтримку біорізноманіття. Однак інтенсивна антропогенна діяльність, зокрема промисловість, транспорт, будівництво та інші міські процеси, призводить до деградації урбоґрунтів, зниження їх родючості та накопичення токсичних речовин, особливо важких металів.

Геоінформаційні системи (ГІС) є ефективним інструментом для оцінки екологічного стану урбоґрунтів. Вони дозволяють інтегрувати різноманітні дані, включаючи результати ґрунтових аналізів, просторову інформацію про джерела забруднення, метеорологічні дані та інші фактори, що впливають на стан ґрунтів. Зокрема, ГІС-технології використовуються для створення карт розподілу забруднювачів, аналізу просторових закономірностей їх накопичення та прогнозування змін у ґрунтовому середовищі.

Дослідження, проведене в місті Рівне, продемонструвало можливості ГІС у моніторингу забруднення урбоґрунтів важкими металами. Було використано методи інтерполяції, зокрема IDW (Inverse Distance Weighted), для створення карт розподілу концентрацій кадмію, свинцю, цинку та інших металів. Результати показали, що найбільші рівні забруднення спостерігаються в районах, прилеглих до промислових підприємств та транспортних магістралей. Зокрема, 54 % досліджених ділянок класифіковано як "суттєво забруднені" за індексом навантаження забруднення (PLI), а 28 % — як "помірно забруднені" .

Подібні дослідження були проведені і в інших містах України. Наприклад, у Павлограді було застосовано геостатистичні методи для оцінки забруднення ґрунтів важкими металами. Було встановлено, що основними джерелами забруднення є промислові підприємства, вугільні електростанції та відвали шахт. Результати дослідження дозволили визначити зони з підвищеним рівнем забруднення та розробити рекомендації щодо заходів зменшення екологічного ризику .

ГІС також використовуються для оцінки впливу військових дій на стан урбоґрунтів. Дослідження в Харківській області показало, що бойові дії призводять до значних змін у ґрунтовому покриві, включаючи механічні пошкодження, зміни вмісту органічної речовини та накопичення токсичних речовин. Використання ГІС дозволило детально картографувати ці зміни та оцінити їхній вплив на екосистеми .

Таким чином, ГІС є незамінним інструментом для комплексної оцінки екологічного стану урбоґрунтів. Вони забезпечують можливість інтеграції різноманітних даних, аналізу

просторових закономірностей та прогнозування змін у ґрунтовому середовищі. Це, в свою чергу, сприяє розробці ефективних стратегій управління земельними ресурсами в умовах урбанізації та забезпеченню сталого розвитку міських територій.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Melnyk V., Malovanyy M., Siaska I., Lukianchuk N. // *Ecological Engineering & Environmental Technology*. 2024. 25(11): 299–307. https://doi.org/10.12912/27197050/192736
2. Yakymchuk B., Balanda A., Bzowska G., Bakalrz M. // *Management Papers*. 2024. 196: 1–10. https://managementpapers.polsl.pl/wp-content/uploads/2024/05/196-Yakymchuk-Balanda-Bzowska-Bakalrz.pdf
3. Kovalchuk I., et al. // *Ecological Questions*. 2017. 30(1): 49–57. https://doi.org/10.12775/EQ.2020.013
4. Dmitrievtseva N., et al. // *Science of The Total Environment*. 2023. 857: 159492. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.159492
5. Melnyk V., Tsybulska N. // *Bulletin of NUVGP*. 2010. 4(45): 86–91.
6. Melnyk V., Sternik V. // *Biology and Valeology*. 2015. 17(B63): 129–137.
7. Melnyk V., Malovanyy M., Lukianchuk N., Sternik V. // *Ecological Engineering & Environmental Technology*. 2023. 24(1): 143–153. https://doi.org/10.12912/27197050/154923

ОСОБЛИВОСТІ СЕЛЕКЦІЇ ПШЕНИЦІ НА СТІЙКІСТЬ ДО ЗБУДНИКІВ ХВОРОБ

Ю.Ю. Чуприна

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна
Доктор PhD з екології, доцент кафедри екології та біотехнологій в рослинництві
rybchenko_yuliya@ukr.net

Сучасне сільськогосподарське виробництво вимагає від сортів пшениці не лише високої врожайності та якості зерна, а й здатності протистояти численним біотичним чинникам, зокрема хворобам, які викликаються грибами, бактеріями та вірусами. У зв'язку з цим селекція на стійкість до збудників хвороб є надзвичайно важливою складовою комплексного процесу створення нових сортів пшениці. Поява нових рас патогенів, зростаюча агресивність інфекційних агентів, а також зменшення ефективності хімічного захисту, обумовлене екологічними вимогами та підвищенням резистентності патогенів, значно ускладнюють завдання селекціонерів. У таких умовах використання генетичної стійкості рослин до хвороб розглядається як один із найбільш перспективних та екологічно доцільних методів захисту рослин.

Однією з головних причин значного зниження врожайності та якості зерна пшениці є ураження хворобами в період вегетації та дозрівання. Відомо, що за несприятливих погодних умов і високого рівня інфекційного навантаження втрати врожаю можуть сягати 30–50%, а іноді й перевищувати ці показники. Найбільшу загрозу становлять такі захворювання, як бура та жовта іржа, септоріоз, фузаріоз колосу, борошниста роса, тверда та летюча сажка. Усі ці хвороби не лише знижують урожайність, а й погіршують товарні й технологічні якості зерна, зокрема вміст білка та клейковини [2, с.15-16].

Селекція пшениці на стійкість до хвороб базується на виявленні, оцінці та використанні джерел і донорів стійкості. Такими джерелами можуть бути як традиційні місцеві сорти, адаптовані до умов конкретного регіону, так і дикі родичі культурної пшениці, у яких збереглися гени, що забезпечують високу толерантність або імунітет до збудників хвороб. Зокрема, джерелами генів стійкості до іржі є дикі форми пшениці, такі як *Triticum dicoccoides*, *Aegilops speltoides*, а також синтетичні амфідиплоїди, створені на основі схрещування диких і

культурних форм. Використання таких генетичних ресурсів дозволяє значно розширити генофонд селекційного матеріалу та забезпечити його стабільну стійкість до змінного комплексу патогенів [4, с. 23].

Особливої уваги в селекційному процесі набуває характер стійкості - горизонтальний або вертикальний. Вертикальна стійкість, зумовлена наявністю одного або декількох специфічних генів (наприклад, *Lr, Sr, Yr*), забезпечує високу резистентність до окремих рас патогенів, однак є вразливою до мутацій, які спричиняють появу нових, агресивніших рас. Натомість горизонтальна стійкість, що визначається полігенним контролем, характеризується частковою, але стабільною толерантністю до широкого спектра рас збудників, і має перевагу в довготривалому використанні. У зв'язку з цим сучасна селекція орієнтована на поєднання обох типів стійкості в межах одного сорту - так зване "накопичення генів" або "пірамідування".

Одним із ефективних методів забезпечення селекції на стійкість є використання фітоінфекційних фонів, які створюються шляхом навмисного інфікування посівів відповідними збудниками. Це дозволяє на ранніх етапах селекційного процесу провести якісний відбір форм з ознаками стійкості. У лабораторних умовах також застосовується штучне зараження патогенами з метою вивчення реакції сортів на інфекційне навантаження. Важливим інструментом оцінки є використання міжнародних шкал ураження, зокрема шкали, запропонованої міжнародним центром CIMMYT, яка дозволяє уніфікувати дані та здійснювати порівняння між сортами та лініями різного походження.

Сучасні досягнення молекулярної біології значно прискорили процес селекції на стійкість. Використання молекулярних маркерів (MAS — *marker-assisted selection*) дає змогу ідентифікувати наявність генів стійкості вже на ранніх етапах розвитку рослин, що дозволяє економити ресурси та скорочувати час на створення нових сортів. Ще більш перспективним напрямом є геномна селекція, яка враховує вплив багатьох генів одночасно та базується на статистичних моделях, що дозволяють прогнозувати селекційну цінність ліній без повного польового тестування [5, с.27].

Особливої актуальності набуває селекція на стійкість у контексті змін клімату. Підвищення середньорічних температур, зміни режимів зволоження, поява нових екстремальних погодних умов сприяють швидкому розвитку патогенів, зміні їх ареалів і підвищенню агресивності. Це, своєю чергою, зумовлює необхідність постійного оновлення сортового складу та швидкої реакції на появу нових рас хвороботворних організмів. Отже, селекційні програми повинні бути гнучкими, динамічними та тісно пов'язаними з фітопатологічним моніторингом.

Таким чином, селекція пшениці на стійкість до збудників хвороб є складним, багаторівневим процесом, що включає класичні методи схрещування, використання генетичних ресурсів, сучасні біотехнологічні підходи та постійний фітосанітарний контроль. Комплексне поєднання цих методів дозволяє створювати сорти, які не лише дають стабільні врожаї, а й забезпечують екологічну безпеку аграрного виробництва.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Adugna W. // Euphytica. 2003. 129: 211–218.
2. J. S. Beckmann, M. Soller // Theor. Appl. Genet. 1983. 67: 35 – 43.
3. Chuprina Yu.Yu. , Klymenko I.V., Golovan L.V. // Ukrainian Journal of Ecology. 2021. 11(8): 156-166.
4. Chuprina Yu.Yu., I.V. Klymenko , Yu.M. Belay // Ukrainian Journal of Ecology. 2021. 11(1): 267-272.
5. Chuprina Yu.Yu., Klymenko I.V., Golovan L.V. // Ukrainian Journal of Ecology. 2021. 11(2): 241-248.
6. Петренкова В.П. // Методологія виділення форм польових культур за стійкістю до комплексу біо- та абіотичних чинників. 2018. 242 с.
7. О. О. Созінов, В. И. Глазко // Цитологія та генетика. 1999. 33(6): 53 – 76.

ПОМ'ЯКШЕННЯ НАСЛІДКІВ ЗМІНИ КЛІМАТУ ЯК ОДНА З ЦІЛЕЙ СТАЛОГО РОЗВИТКУ

В.Л. Клеєвська [1], В.В. Кручина [2], І.М. Берешко [3]

Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут», м. Харків, Україна
[1]старша викладачка кафедри екології та техногенної безпеки, v.kleyevska@khai.edu
[2]завідувачка кафедрою екології та техногенної безпеки, v.kruchyna@khai.edu
[3]доцент кафедри Екології та техногенної безпеки, i.bereshko@khai.edu

Зміни клімату, зокрема глобальне потепління, в XXI столітті стає однією з найгостріших екологічних проблем, тобто проблем, що спричинені відхиленням станів підсистем біосфери від встановлених станів рівноваги. При цьому підсистеми біосфери втрачають свою здатність до відновлення і саморегуляції [1]. Згідно з визначенням, наданим в Рамковій Конвенції Організації Об'єднаних Націй про зміну клімату [2], «зміни клімату – це зміни, що прямо або опосередковано пов'язані з антропогенною діяльністю, провокують зміни в глобальній атмосфері, накладаються на природні кліматичні коливання, що спостерігаються періодично». Несприятливі наслідки зміни клімату здійснюють негативний вплив на склад природних і регулюючих екологічних систем, їх відновну здатність та продуктивність, а також на здоров'я та якість життя людини і функціонування соціально-економічних систем.

У 2015 році на самміті Організації об'єднаних націй з питань сталого розвитку було затверджено 17 цілей сталого розвитку та 169 цілей підтримки. Однією з вказаних цілей є ціль 13 «Пом'якшення наслідків зміни клімату» [3].

Світова спільнота визнає зміну клімату однією з головних проблем сучасності, яка несе серйозні потенційні загрози для міжнародної безпеки та глобальної економіки. Зростають ризики для життя і здоров'я населення, енергетичної безпеки, забезпечення продовольством та питною водою, а також для стабільного існування екологічних систем. Вчені вважають основною причиною змін клімату збільшення кількості парникових газів (вуглекислоти, оксидів азоту, метану тощо) в складі атмосферного повітря. В результаті здатність атмосфери пропускати теплові промені, які виносять за межі планети частину теплової енергії, зменшується., і надмірна кількість теплової енергії накопичується в нижніх шарах атмосфери. В Україні [4] найпотужнішими джерелами викидів парникових газів є енергетика промисловість і транспорт.

Для попередження виникнення катастрофічних наслідків зміни клімату необхідно суттєво знизити викиди парникових газів та намагатися стримувати глобальне зростання середньої температури значно нижче 2 ºС. Потрібно докладати зусилля з метою обмежити підвищення температури до 1,5 ºС у порівнянні з до індустріальним рівнем.

Останнім часом на території нашої держави, як і в усьому світі спостерігається стійка тенденція до зростання температури атмосферного повітря, також почастішали і стали тривалішими періоди з високими температурами повітря. Результатом підвищення температури стає збільшення частоти і тривалості небезпечних погодних явищ: гроз, шквалів, злив, граду тощо.

З 2022 року ситуація в Україні погіршується також внаслідок збройної агресії: виникають додаткові викиди парникових газів, відбувається руйнування природних екологічних систем.

Однією з основних засад державної екологічної політики України є «…збереження такого стану кліматичної системи, який унеможливить підвищення ризиків для здоров'я і благополуччя людей і навколишнього природного середовища» [4]. Одним із завдань екологічної політики держави є запобігання зміні клімату та адаптація до неї. Україною для реалізації цього завдання ратифіковано Кіотський протокол до Рамкової Конвенції організації Об'єднаних Націй про зміни клімату, а пізніше Паризьку угоду до рамкової Конвенції.

Розпорядженням Кабінету Міністрів України № 483-р від 30.05.2024 року було схвалено Стратегію формування та реалізації державної політики у сфері зміни клімату на період до 2035 року і операційний план заходів з реалізації цієї Стратегії.

Стратегічними цілями політики України в сфері зміни клімату є [5]:

- зміцнення правових та організаційних засад державної кліматичної політики;
- пом'якшення зміни клімату та забезпечення соціально справедливого та економічно ефективного переходу до низько вуглецевого розвитку держави;
- адаптація до зміни клімату, підвищення опірності та зниження ризиків, пов'язаних зі зміною клімату.

Також у 2024 році було прийнято Закон України «Про основні засади державної кліматичної політики» [6], спрямований на забезпечення досягнення кліматичної нейтральності нашої держави, пом'якшення наслідків змін клімату і адаптації до таких змін, а також на забезпечення низько вуглецевого і сталого розвитку, продовольчої, енергетичної та екологічної безпеки України.

У цьому Законі [6] визначено довгострокові цілі державної кліматичної політики:

- досягнення кліматичної нейтральності, що має здійснюватися шляхом соціально справедливого і економічно ефективного переходу до низько вуглецевого розвитку з метою стримування збільшення глобальної середньої температури;
- збільшення опірності та зменшення ризиків, зокрема для здоров'я населення, які пов'язані зі зміною клімату, що досягається проведенням заходів з адаптації до зміни клімату;
- забезпечення низько вуглецевого і сталого розвитку нашої держави;
- забезпечення продовольчої, енергетичної та екологічної безпеки України.

Згідно з даними річного моніторингового звіту 2024 року «Україна та європейський зелений курс» [7], актуальним залишається стратегічний напрям розвитку кліматичної політики і права нашої держави. Першочерговими завданнями є: розроблення, перегляд і прийняття нового національного визначеного внеску, оновлення довгострокової стратегії низько вуглецевого розвитку та стратегії щодо адаптації до зміни клімату.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Екологічні глобальні проблеми. Енциклопедія сучасної України. URL: https://esu.com.ua/article-18692 (дата звернення 4.05.2025 року).

2. Рамкова Конвенція Організації Об'єднаних Націй про зміну клімату. Ратифікована Верховною Радою України 29.10.1996 року, 435/ 96 – ВР. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995_044#Text (дата звернення 4.05.2025 року).

3. Цілі сталого розвитку. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/ Цілі_сталого_розвитку (дата звернення 4.05.2025).

4. Закон України «Про Основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2030 року». URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2697-19#Text (дата звернення 4.05.2025 року).

5. Про схвалення Стратегії формування та реалізації державної політики у сфері зміни клімату до 2035 року і затвердження операційного плану заходів з її реалізації у 2024-2026 роках. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/483-2024-%D1%80#Text (дата звернення 4.05 2025 року).

6. Закон України «Про основні засади державної кліматичної політики». URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3991-20#Text (дата звернення 4.05.2025 року).

7. Україна та європейський зелений курс. Річний моніторинговий звіт 2024 рік. URL: https://rac.org.ua/wp-content/uploads/2024/12/rasce-ukraine-and-european-green-deal-annual-monitoring-report-2024-ukr.pdf (дата звернення 4.05.2025 року)

ВПЛИВ АКЦІЙНИХ ПРОПОЗИЦІЙ НА ОБСЯГИ УТВОРЕННЯ ВІДХОДІВ СПОЖИВАННЯ КОНДИТЕРСЬКИХ ВІДХОДІВ

О.В. Адашевський[1], Р.О. Пітак[2]

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків, Україна
[1]аспірант, oleh.adashevskyi@mit.khpi.edu.ua
[2]студент, Rostyslav.Pitak@mit.khpi.edu.ua

Передостанній етап життєвого циклу кондитерських виробів - це їх безпосередня реалізація в торгівельних закладах з метою подальшого споживання населенням. На цьому етапі утворюються так звані «відходи споживання» кондитерських виробів, кількість яких залежить від багатьох факторів. Причини переводу кондитерських виробів у категорію відходи споживання можуть бути класифіковані наступним чином:

1) пошкодження індивідуального пакування товарів, що призводить до втрати привабливості товару та псування самого товару;
2) закінчення терміну придатності, вказаного виробниками;
3) порушення умов зберігання на складах, що призводить до передчасного псування продукції;

Серед основних факторів, які впливають на кількість кондитерських виробів, термін придатності до споживання яких закінчився, є маркетингові помилки та невірна оцінка ринку збуту кожної категорії кондитерських виробів. Окрім традиційного фактору сезону, який приймають до уваги при замовленнях кондитерських виробів, необхідно враховувати локальний віковий склад населення, масову рекламу виробників своєї продукції, ціну кондитерських виробів. Одним з способів зменшити кількість кондитерських виробів, які потребуватимуть переводу у категорію «відходи споживання» для великих торгівельних мереж є запровадження заохочувальних акцій:

1) 1=2 або 1+1=1, коли друга одиниця товару для покупця є безкоштовною;
2) 2=3 або 1+1=3, коли третя одинця товару для покупця є безкоштовною;
3) знижки до 50 % на другу чи третю одиницю товару;

Подібні акційні пропозиції, за оцінками ретейрелів, зменшують потенційну кількість відходів споживання кондитерських виробів, утворених безпосередньо у торгівельних мережах, на 35-45 %.

У дані роботі було досліджено ставлення споживачів до таких акцій та подальшу долю придбаних акційних товарів. 43 % опитаних віком до 40 років постійно користуються подібними акціями, віддаючи перевагу акції типу 1+1 = 2 на недорогі кондитерські вироби типу вафлі та печиво. Серед опитаних віком понад 40 років цей відсоток зростає до 65 %. 56% родини, де є діти віком до 14 років систематично купують кондитерські вироби за акційними пропозиціями. Родини з дітьми віком до 14 років у 85 % повністю споживають акційну продукцію, звертаючи увагу н кінцевий термін споживання. Серед споживачів без дітей, у 32 % опитаних віком до 40 років та 24 % опитаних віком понад 40 років придбана акційна продукція залишається не спожитою та у потрапляє на смітник. Таким чином, можна зробити висновок про імпульсивність рішень придбання кондитерських виробів за акційними пропозиціями. Серед причин не споживання акційної продукції споживачі найчастіше вказували смакові властивості, які не відповідали їх очікуванням; відкладання споживання й подальше протермінування продукції. 35 % опитаних вказали, що схильні купувати за акційними пропозиціями кондитерські вироби, які раніше не вживали або які не вживають систематично.

Таким чином, акційні пропозиції на кондитерські вироби зменшують кількість відходів споживання безпосередньо у торгівельних мережах, проте майже третина придбаних товарів все одно переходить згодом у категорію відходи.

АНАЛІЗ ЯКОСТІ ПОВІТРЯ В УКРАЇНІ ТА КРАЇНАХ ЄС

Є.М. Сиров

Державний біотехнологічний університет, Харків, Україна
здобувач першого (бакалаврського) рівня вищої освіти, evgensyrnmt@gmail.com
Науковий керівник – канд. с.-г. н., доцент кафедри екології та біотехнологій в рослинництві Коляда Ольга Василівна

Якість атмосферного повітря є одним із найважливіших чинників, що визначають стан навколишнього середовища та здоров'я населення. Забруднення повітря спричиняє зростання захворювань органів дихання, серцево-судинної системи та загального рівня смертності. В Україні, особливо в індустріально розвинених регіонах, ситуація залишається критичною, а з початком війни у 2022 році – ще більше ускладнилася. Мета нашого дослідження полягала у порівнянні якості повітря в Україні та країнах ЄС, визначенні основних джерел забруднення, а також оцінці особливостей моніторингу та законодавчого регулювання [1].

Основними забруднювачами атмосферного повітря як в Україні, так і в країнах ЄС є дрібнодисперсні частинки ($PM_{2.5}$, PM_{10}), оксиди азоту (NO і NO_2), діоксид сірки (SO_2), чадний газ (CO) та озон (O_3). Ці речовини утворюються внаслідок спалювання викопного палива, транспортної діяльності, промислових процесів, природних явищ та є небезпечними для екосистем та здоров'я населення. Дрібні частинки здатні проникати глибоко в легені та викликати серйозні хвороби, а оксиди азоту сприяють утворенню кислотних дощів та зменшують кисневе насичення крові. Озон на рівні земної поверхні шкідливий як для людини, так і для рослин, хоча у верхніх шарах атмосфери він виконує захисну функцію [2].

В Україні основними джерелами забруднення залишаються металургійна, енергетична та хімічна промисловість, особливо у Дніпропетровській, Донецькій та Івано-Франківській областях. Значну частку становлять транспортні викиди, зокрема від дизельних двигунів. Додатковим фактором стала війна: вибухи боєприпасів, пожежі на промислових об'єктах та обстріли інфраструктури спричинили близько 120 млн тон додаткових викидів CO_2. Сезонні зміни також впливають на рівень забруднення – взимку через опалення, а восени та навесні через спалювання листя та сухої рослинності.

Система моніторингу якості повітря в Україні здійснюється державними та громадськими організаціями. Державна система включає 162 стаціонарні пости в 53 містах, що здійснюють заміри основних забруднювачів. У 2020–2024 рр. було впроваджено Індекс якості повітря UAQI, адаптований до європейських вимог. Значну роль відіграють громадські платформи: *EcoCity* забезпечує щохвилинний моніторинг через власні сенсори; *SaveEcoBot* та *SaveDnipro* інтегрують державні й приватні дані, інформують населення через мапи, додатки та Telegram-боти. Основними нормативними документами у сфері моніторингу та охорони атмосферного повітря є ЗУ «Про охорону атмосферного повітря» та «Про моніторинг парникових газів». Варто відмітити, що з 2023 року було прийнято ряд змін у нормативно-правовому забезпеченні даного напряму, що наближає нормативну базу України до європейської [3].

У Європейському Союзі забруднення повітря теж є актуальною проблемою, особливо в районах з високою щільністю населення, транспортним навантаженням та значною часткою енергетики на викопному паливі. Основні джерела забруднення – це електростанції, транспорт, промислові об'єкти. Викиди твердих частинок, оксидів азоту, сірки та летких органічних сполук є головними причинами погіршення якості повітря. У деяких країнах, як-от Польща, Німеччина чи Болгарія, досі активно використовується вугілля, зокрема лігніт, що характеризуються високим рівнем забруднення. Водночас ЄС впроваджує суворі нормативи: Директива 2008/50/ЄС встановлює обов'язкові ліміти для основних забруднювачів, а стандарти типу Євро-6 для транспорту сприяють скороченню викидів.

За даними Європейського агентства з охорони довкілля, у 2021 році близько 6,0 % населення зазнали впливу концентрацій PM_{10}, що перевищують граничні норми ЄС, 64,0 % — $PM_{2.5}$ за нормами ВООЗ, 3,0 % – NO_2. Попри активну політику в галузі декарбонізації, багато регіонів досі мають показники, що перевищують рекомендовані рівні. В ЄС ефективно працює система моніторингу, що включає супутникові дані, стаціонарні пункти та автоматизовану обробку інформації. Дані доступні онлайн, використовуються для формування політик, звітності та планування.

Порівняльний аналіз показує, що Україна та країни ЄС мають подібні джерела забруднення, проте ЄС демонструє значно вищий рівень організації моніторингу, законодавчого забезпечення та суспільної участі. В Україні активно впроваджуються європейські підходи, зокрема в адаптації індексу якості повітря, прийнятті законів і використанні цифрових платформ. Для подальшого покращення ситуації необхідно модернізувати промислові об’єкти, підтримувати розвиток електротранспорту, забезпечити прозорість у сфері моніторингу та розширити повноваження громадських ініціатив.

У підсумку, покращення якості повітря в Україні можливе за умови ефективної взаємодії між державою, наукою, громадськістю та міжнародними партнерами. Європейський досвід є важливим дороговказом у створенні дієвої системи екологічної безпеки, яка здатна захистити здоров’я громадян та довкілля від шкідливого впливу викидів в атмосферу.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Боголюбов В. Що є причиною погіршення якості повітря в Україні? URL: https://nubip.edu.ua/node/75283.

2. Koliada O.V., Golovan L. V., Chuprina Yu. Yu. // *Natural resource potential, ecology, and sustainable development of administrative units of the Republic of Latvia and Ukraine amidst EU legislative requirements*: conference proceedings. Riga, Latvia : Baltija Publishing, 2022. 40–44.

3. Г.В.Коробкова, О.В. Коляда, Л.В. Головань // Системний аналіз якості навколишнього середовища: навчальний посібник. 2025. 162 с.

ЕКОЛОГІЗАЦІЯ ВОДОКОРИСТУВАННЯ У ПРОМИСЛОВОСТІ: ТЕХНОЛОГІЧНІ РІШЕННЯ ТА ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ

М.С. Маматов[1], А.С. Босюк[2]

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків, Україна,
[1]здобувач першого (бакалаврського) рівня вищої освіти,
Mykyta.Mamatov@mit.khpi.edu.ua
[2]доктор філософії, старший викладач каф. ХТПЕ, Alona.Bosiuk@mit.khpi.edu.ua

Сучасні промислові підприємства стикаються з необхідністю екологізації водокористування через зростаючий дефіцит водних ресурсів та посилення екологічних вимог. Раціональне використання води сприяє зниженню негативного впливу на довкілля, забезпеченню екологічної безпеки та підвищенню ефективності виробництва. Тому, метою даної роботи є аналіз використання води в промисловості, характеристика галузевих особливостей та екологічних наслідків водокористування в окремих ланках промислового сектору, оцінка перспектив інноваційного оновлення систем водопостачання на промислових підприємствах та відновлення гідроенергетичного потенціалу малих річок України.

Промислове виробництво є основним споживачем води і характеризується різноманітними способами використання водних ресурсів у виробничому процесі. Найбільші обсяги води використовуються в металургійному комплексі, енергетиці, хімічній та харчовій

промисловостях. Кожна з цих сфер господарської діяльності включає системи водопостачання та водоспоживання, які значно різняться між собою і, відповідно, по-різному впливають на стан природних водних об'єктів [1].

Для впровадження та функціонування басейнового принципу управління водними ресурсами необхідно: здійснювати інвентаризацію водоймищ та ставків, оскільки зарегульованість стоків річок перевищує верхні екологічно допустимі та економічно доцільні межі, що значно погіршує екологічний стан водних екосистем; організовувати екологічну оцінку поверхневих вод з урахуванням гідрохімічних, токсикологічних, бактеріологічних, радіологічних показників − лише тоді можна отримувати інформацію щодо дійсного екологічного стану водних ресурсів; встановлювати диференційовану плату за використання водних ресурсів залежно від водозабезпечення регіону та якості води.

Для оцінки антропогенного навантаження на водні екосистеми, рівня раціональності водокористування басейну річок, систем управління водокористування доцільно мати на увазі такі показники: водозабезпечення вважається задовільним для існування екосистем за умов споживання менше 10 % річкового стоку; у разі використання 20 % стоку виникає потреба обмежувати водокористування та здійснювати заходи із регулювання стоку; якщо використання перевищує 20 % стоку, водний об'єкт не здатний забезпечувати вимоги водокористувачів і соціально-економічний розвиток регіону; критичними межами, що призводять до докорінного порушення стану водних систем, є 70 % стоку.

Ці обмеження є особливо актуальними для малих річок, враховуючи те, що у разі збільшення безповоротного споживання помітно зменшується здатність водотоків до саморегуляції та порушуються природні взаємозв'язки екосистем малих річок.

Світовий досвід екологічно збалансованого водогосподарювання сьогодні вказує на те, що його метою має бути забезпечення функціонування річкових екосистем на рівні, найбільш наближеному до природного, а експлуатація водних ресурсів не має супроводжуватися деградацією гідроекосистем вище допустимого мінімального рівня. Таким чином, невпорядкована господарська діяльність на водозбірних площах призводить до посилення руйнівної дії паводків, погіршення екологічного стану рік та якості вод. Саме тому дуже важливим є розроблення заходів щодо компенсації господарського впливу на гідрологічну мережу регіону, насамперед із регулювання гідрологічних режимів, відновлення ландшафтних структур, збереження та підтримки у стабільному стані річкових екосистем. Таке розроблення необхідно здійснювати на основі результатів комплексних наукових досліджень, проєктних та організаційних робіт, експлуатаційних заходів із запобігання або послаблення наслідків антропогенного навантаження на водозбірних площах.

В результаті комплексних науково-дослідних робіт запропоновано до втілення ряд екологічних компенсаторних заходів, спрямованих на мінімізацію антропогенного впливу на водно-земельні ресурси річкових басейнів. Серед них можна виділити наступні: відновлення та підтримання природного стану верхніх ділянок річкового басейну, де формується основний річковий стік; розширення природоохоронних територій і розбудова регіональної екологічної мережі; комплексні інженерно-технічні експлуатаційні заходи, спрямовані на зменшення руйнівної дії води під час проходження паводків; здійснення інженерно-біотехнічних заходів на абразійно-небезпечних ділянках; дотримання правил екологічної рівноваги антропогенних перетворень (у тому числі й меліоративних) річкових долин і водозбірних земель [2].

Основними технологічними рішеннями для зменшення водоспоживання та мінімізації забруднення є системи замкнутого водообігу, сучасні методи очищення (коагуляція, флокуляція, мембранні технології), а також біологічні методи очищення стічних вод. Використання цих підходів дозволяє значно скоротити витрати на забір води та її очистку, що позитивно впливає на економічну ефективність підприємств.

Отже, промислове виробництво є потужним водокористувачем, що значною мірою визначає екологічну безпеку господарського освоєння водно-ресурсного потенціалу. Однією з основних проблем раціоналізації водокористування є впровадження маловодних і безводних

технологій у теплоенергетику. Це дасть змогу забезпечити економію свіжої води та зменшити скиди стічних і технічних вод у природні водні об’єкти.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Водокористування в промисловому секторі: проблеми, пріоритети та альтернативи. URL: http://www.economy.in.ua/pdf/6_2008/14.pdf.

2. А.І. Томільцева, А.В. Яцик, В.Б. Мокін // Екологічні основи управління водними ресурсами. Навчальний посібник. 2017. 200 с. URL: https://dea.edu.ua/img/source/Book/4.pdf.

СТІЙКІСТЬ ДО ПРОТИМІКРОБНИХ ПРЕПАРАТІВ ЯК ЕКОЛОГІЧНА ЗАГРОЗА: ФАРМАЦЕВТИЧНЕ ЗАБРУДНЕННЯ ТА МІЖНАРОДНІ ПІДХОДИ

Д.О. Лєрмонтов[1], Т.Б. Новожилова[2]

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків, Україна
[1] студент 2 курсу спеціальності «Технології захисту навколишнього середовища»,
Daniil.Liermontov@mit.khpi.edu.ua
[2]доцент кафедри хімічної техніки та промислової екології,
Tetiana.Novozhylova@khpi.edu.ua

Протимікробні препарати – включаючи антибіотики, противірусні, протигрибкові та протипаразитарні засоби – використовуються для профілактики та лікування інфекційних захворювань у людей, тварин і рослин. Антимікробна резистентність (АМР) виникає, коли бактерії, віруси, гриби та паразити перестають реагувати на протимікробні препарати. Унаслідок цього ліки, включаючи антибіотики, втрачають свою ефективність, а інфекції стають складними або неможливими для лікування, що підвищує ризик поширення захворювань та тяжкого перебігу хвороби. АМР – це природний процес, що відбувається з часом через генетичні зміни в патогенах. Однак його виникнення та поширення прискорюються діяльністю людини, головним чином надмірним і неправильним використанням протимікробних препаратів.

Протимікробні препарати – основа сучасної медицини. Поява та поширення лікарсько-стійких патогенів загрожує здатності медицини ефективно лікувати поширені інфекції та виконувати життєво важливі процедури, включаючи хіміотерапію, кесарів розтин, ендопротезування тазостегнового суглоба, трансплантацію органів та багато інших.

Крім того, лікарсько-стійкі інфекції завдають шкоди здоров'ю тварин і рослин, знижують продуктивність сільського господарства та загрожують продовольчій безпеці.

АМР має значний вплив як на системи охорони здоров'я, так і на економіку в цілому. Наприклад, вона вимагає більш дорогого та інтенсивного лікування, знижує працездатність пацієнтів та їхніх близьких через тривалі госпіталізації, а також шкодить сільськогосподарському виробництву. За оцінками Світового банку, антимікробна резистентність може призвести до додаткових витрат на охорону здоров'я в розмірі 1 трильйона доларів США до 2050 року, а також до щорічних втрат валового внутрішнього продукту у розмірі від 1 до 3,4 трильйона доларів уже до 2030 року.

АМР усе частіше розглядається як наслідок не лише медичного та аграрного втручання, але й серйозного впливу на навколишнє середовище. Одним із ключових факторів є забруднення водойм стічними водами від фармацевтичних виробництв, що містять високі концентрації антибіотиків. Такі скиди створюють умови, за яких стійкі мікроорганізми не лише виживають, але й активно поширюються в екосистемах.

Споживачам часто не надається інформація про правильну утилізацію антибіотиків, що призводить до їх неправильного видалення – через каналізацію або з побутовими відходами. Така практика становить додаткову загрозу, оскільки активні речовини зберігають фармакологічну активність, потрапляючи в навколишнє середовище та здійснюючи тривалий селективний тиск на мікробіоту.

Недостатня ефективність очищення стічних вод, як у сільській, так і в міській інфраструктурі ще більше погіршує ситуацію. При цьому стійкі мікроорганізми та залишки антибіотиків продовжують циркулювати в навколишньому середовищі, потрапляючи у водні об'єкти, ґрунт і навіть у повітря при аерозольному поширенні.

У відповідь на зростаючу загрозу стійкості до протимікробних препаратів Всесвітня організація охорони здоров'я (ВООЗ) у вересні 2024 року представила «Керівництво з управління стічними водами та твердими відходами при виробництві антибіотиків». Це перший у своєму роді документ, у якому сформульовані науково обґрунтовані орієнтири для зниження ризику поширення АМР через промислове забруднення. Керівництво поширюється на всі стадії виробництва – від синтезу активних фармацевтичних інгредієнтів до їх пакування.

Зокрема, в документі введено два рівні оцінки – «базовий» і «суворий» (Good і Stringent) – що дозволяє адаптувати заходи під різні умови та ресурси. Визначено ключові екологічні показники безпеки: прогнозована концентрація без ефекту для резистентності (PNECres) і для водного середовища (PNECeco). Підкреслюється необхідність включення цих стандартів у регулюючі, ринкові та закупівельні механізми, включаючи тендерні процедури, сторонній аудит і програми відшкодування. Як обов'язкові рекомендації вказуються сучасні технології очищення з ефективністю видалення антибіотиків не менше 99 %, особливо для відходів з високим навантаженням активних речовин (наприклад, після ферментації). Документ наголошує на важливості публічної прозорості, внутрішнього і зовнішнього аудиту, а також міжгалузевої взаємодії, з урахуванням принципів справедливості, доступності та стійкості до виробничих обмежень.

Варто зазначити, що представлені рекомендації ВООЗ не є першою спробою врегулювати екологічні наслідки фармацевтичного виробництва. Так, ще у 2022 році AMR Industry Alliance спільно з Британським інститутом стандартів (BSI) розробили добровільний стандарт, що зобов’язує виробників антибіотиків впроваджувати ефективні системи екологічного менеджменту й очищення стічних вод для мінімізації викидів активних фармацевтичних інгредієнтів. А вже у 2023 році була створена система верифікації, також під егідою BSI, яка передбачає видачу сертифікатів виробникам, що відповідають цьому стандарту. Ці заходи підсилюють практичну значущість добровільного дотримання екологічних норм і сприяють поширенню кращих практик у галузі.

Крім керівництва ВООЗ екологічні аспекти антимікробної резистентності активно розглядаються в документах Програми ООН з навколишнього середовища (ЮНЕП). У 2023 році ЮНЕП опублікувала звіт «Готовність до супербактерій: посилення екологічних дій у межах підходу «Єдине здоров’я» у відповідь на антимікробну резистентність», в якому наголошується на необхідності посилення екологічних заходів у межах підходу «Єдине здоров’я» для боротьби з АМР. Документ аналізує ключові сектори економіки – фармацевтику, сільське господарство та охорону здоров’я – які сприяють розвитку і поширенню АМР у довкіллі, та пропонує рішення для запобігання і реагування на цю проблему.

Крім того, антимікробна резистентність включена до Порядку денного сталого розвитку до 2030 року. У 2020 році до системи моніторингу «Цілей сталого розвитку» було додано два нових індикатори АМР, пов’язані із завданням 3.d, спрямованим на зміцнення потенціалу всіх країн у сфері раннього попередження, зниження ризиків і управління національними та глобальними загрозами здоров’ю.

Стійкість до протимікробних препаратів – це не лише медичний, але й екологічний виклик. Для України, з її розвиненим фармацевтичним сектором, надзвичайно важливо адаптувати міжнародні підходи та стандарти управління відходами, зокрема рекомендації

ВООЗ, з метою інтеграції екологічних вимог до національної політики охорони здоров'я і довкілля.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Всесвітня організація охорони здоров'я. Guidance on Wastewater and Solid Waste Management for Manufacturing of Antibiotics [Електронний ресурс] / Всесвітня організація охорони здоров'я. – 2024. – Режим доступу: https://iris.who.int/handle/10665/378471

2. Програма ООН з навколишнього середовища. Bracing for Superbugs: Strengthening Environmental Action in the One Health Response to Antimicrobial Resistance [Електронний ресурс] / Програма ООН з навколишнього середовища. – 2023. https://www.unep.org/resources/superbugs/environmental-action

ОЦІНКА ПРОДУКТИВНОСТІ ТА ЯКОСТІ ВРОЖАЮ ЛЮЦЕРНИ ПРИ ЗРОШЕННІ СТІЧНИМИ ВОДАМИ

В.О. Турченюк[1], С.М. Козішкурт[2]

Національний університет водного господарства та природокористування,
м. Рівне, Україна,
[1]професор, v.o.turchenuk@nuwm.edu.ua
[2]доцент, s.m.kozishkurt@nuwm.edu.ua

У контексті зростаючого дефіциту прісної води та актуальності сталого розвитку сільського господарства, використання альтернативних джерел для зрошення набуває особливої ваги. Одним із таких ресурсів є очищені стічні води, які не лише забезпечують потребу у волозі, а й містять значну кількість поживних речовин, потенційно зменшуючи потребу в мінеральних добривах. Такий підхід відповідає принципам циркулярної економіки й органічного землеробства.

Люцерна посівна (*Medicago sativa L.*) є важливою багаторічною кормовою культурою, що широко використовується у тваринництві. Оцінка впливу зрошення стічними водами на її продуктивність і якість є важливим етапом розробки екологічно безпечних і ресурсозберігаючих технологій.

Мета дослідження – визначити вплив зрошення стічними водами різного ступеня розбавлення на врожайність та якісні характеристики люцерни з урахуванням перспективи їх використання в органічних технологіях.

Дослідження проводилися в умовах Херсонської області. Об'єктом дослідження були стічні води з курортної зони села Залізний Порт, які проходили попереднє очищення та знезараження на спорудах «Еліон». Після обробки стічна вода містила підвищену концентрацію іонів хлору, магнію і натрію та загальну мінералізацію до 2 г/л.

Програмою досліджень передбачалося вивчення врожайності та кормової цінності люцерни за різних режимів зрошення. Було закладено п'ять варіантів досліду:

- полив стічною нерозбавленою водою,
- полив стічною розбавленою водою у співвідношенні 1:1,
- полив стічною розбавленою водою у співвідношенні 1:2,
- полив прісною водою (контроль 1),
- без поливу (контроль 2).

Врожайність люцерни оцінювали за третім укосом. За варіантами досліду врожайність люцерни при третьому укосі була такою:

- при поливі стічною нерозбавленою водою – 240 ц/га;
- при поливі стічною розбавленою водою у співвідношенні 1:1 – 230 ц/га;

- при поливі стічною розбавленою водою у співвідношенні 1:2 – 235 ц/га;
- при поливі прісною водою – 200 ц/га;
- на контролі без поливу – 170 ц/га.

Поживну цінність кормів визначали за вмістом сирого протеїну, сирого жиру, сирої клітковини, сирої золи, кальцію, каротину та нітратів.

Результати хімічного аналізу кормів за варіантами досліду.

1. Полив стічною нерозбавленою водою:

сирий протеїн – 4,38 %, сирий жир – 0,73 %, сира клітковина – 0,39 %, сира зола – 3,07%, кальцій – 0,41 %, кормові одиниці – 0,19 в 1 кг, каротин – 72,9 мг/кг, нітрати – 550 мг/кг.

2. Полив прісною водою:

сирий протеїн – 4,87 %, сирий жир – 0,77 %, сира клітковина – 11,5 %, сира зола – 2,93 %, кальцій – 0,43 %, кормові одиниці – 0,22 в 1 кг, каротин – 136,3 мг/кг, нітрати – 357 мг/кг.

3. Полив стічною розбавленою водою у співвідношенні 1:1:

сирий протеїн – 4,2 %, сирий жир – 0,79 %, сира клітковина – 9,67%, сира зола – 2,27%, кальцій – 0,36%, кормові одиниці – 0,17 в 1 кг, каротин – 138,3 мг/кг, нітрати – 763,5 мг/кг.

4. Полив стічною розбавленою водою у співвідношенні 1:2:

сирий протеїн – 5,5%, сирий жир – 0,72 %, сира клітковина – 9,71 %, сира зола – 2,78 %, кальцій – 0,73%, кормові одиниці – 0,2 в 1 кг, каротин – 115,2 мг/кг, нітрати – 463 мг/кг.

5. Контроль без поливу:

сирий протеїн – 6,5 %, сирий жир – 0,74 %, сира клітковина – 12,4 %, сира зола – 2,32 %, кальцій – 0,35 %, кормові одиниці – 0,19 в 1 кг, каротин – 92,2 мг/кг, нітрати – 278 мг/кг.

Результати показали, що зрошення стічними водами сприяло збільшенню врожайності люцерни порівняно з контролем без поливу. Найвищі показники врожайності були отримані при поливі нерозбавленою стічною водою (240 ц/га), проте варіанти з розбавленою стічною водою також демонстрували значне зростання врожаю (230…235 ц/га). Зрошення прісною водою забезпечило дещо нижчу врожайність (200 ц/га). Загалом, полив стічними водами підвищив урожайність люцерни на 35…40 %, а також сприяв збільшенню кількості укосів за вегетаційний період.

Аналіз поживних речовин показав, що найбільший вміст сирого протеїну спостерігався у контрольному варіанті без поливу (6,5 %). На поливних ділянках вміст протеїну був дещо нижчим (3,38…5,5 %). Вміст сирого жиру суттєво не змінювався залежно від варіанту поливу. Найвищий вміст сирої клітковини був у контролі без поливу (12,4 %), а найнижчий – при поливі розбавленими стічними водами (9,67…9,71 %). Вміст кальцію був дещо вищим на поливних ділянках. Слід відзначити підвищений вміст каротину при поливі розбавленими стічними водами. Важливо, що вміст нітратів у всіх варіантах не перевищував гранично допустимих концентрацій.

Результати проведеного дослідження в умовах Херсонської області переконливо демонструють перспективність використання очищених стічних вод як ефективного засобу зрошення люцерни, що підтверджується значним підвищенням її врожайності. Оптимальним варіантом, з погляду балансу між продуктивністю та якістю корму, виявилося зрошення стічною водою, розбавленою у співвідношенні 1:2, яке забезпечило високі показники врожаю при збереженні достатнього рівня протеїну, каротину та кальцію, а також безпечний вміст нітратів. Отримані дані узгоджуються з попередніми дослідженнями щодо позитивного впливу поживних речовин, що містяться у стічних водах, на ріст рослин. Водночас необхідно враховувати потенційні ризики, пов'язані з використанням стічних вод, такі як можливість накопичення важких металів або поширення патогенних мікроорганізмів, що потребує ретельного контролю та впровадження відповідних технологій очищення.

У контексті сталого розвитку аграрного сектору та принципів органічного землеробства, використання стічних вод для зрошення є важливим кроком до ефективного використання вторинних ресурсів та зменшення антропогенного навантаження на навколишнє середовище. Подальші дослідження доцільно зосередити на вивченні довгострокових

екологічних та агрохімічних наслідків застосування даної технології, оптимізації систем очищення стічних вод для аграрних потреб та оцінці економічної доцільності її впровадження у виробничих умовах.

КОНЦЕПЦІЯ ІНСТРУКТИВНИХ МАТЕРІАЛІВ У ПАКУВАННІ ТЕКСТИЛЬНИХ ВИРОБІВ: НАУКОВО-ПРОСВІТНИЦЬКИЙ ПІДХІД ДО ЗМЕНШЕННЯ ТЕКСТИЛЬНИХ ВІДХОДІВ

Крючкова В.В.[1]., Тихомирова Т.С.[2]

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»,
м.Харків, Україна,
[1]аспірант, valeriia.kriuchkova@mit.khpi.edu.ua
[2]к.т.н., доц. tetiana.tykhomyrova@khpi.edu.ua

Текстильна промисловість є однією з найбільш екологічно навантажених галузей економіки, що має значний вплив на довкілля як на етапі виробництва, так і на етапі споживання. Крім хімічного забруднення, великої енергоємності та значної кількості виробничих відходів, одним із найактуальніших викликів є проблема вторинних відходів текстилю – зношеного одягу та домашнього текстилю, а також їхнього пакування. Значна частка цих відходів опиняється на полігонах твердих побутових відходів (ТПВ), що створює серйозне екологічне навантаження [1].

Сучасні маркетингові стратегії, орієнтовані на максимізацію прибутку, стимулюють не лише часту зміну колекцій одягу, а й активне використання пакувальних матеріалів, що підсилюють привабливість товару. У 2022 році імпорт полімерної упаковки до України збільшився на 118 % порівняно з 2021 роком, металевої тари – на 82,9 %, пластикової тари – на 69,5 %, а скляної тари – на 23 %. Однак імпорт картонно-паперового пакування зменшився на 32 %. Сучасні тенденції циркулярної економіки та сталого розвитку значно вплинули на пакувальну індустрію, сприяючи переходу до екологічно чистих матеріалів та технологій. Зокрема, зростає використання біорозкладних матеріалів, що сприяє зменшенню негативного впливу на довкілля [2].

Така ситуація є однією з причин додаткового накопичення відходів, проблему яких споживачі часто не усвідомлюють через естетичну складову пакування. Водночас екологізація пакувальної індустрії наразі зосереджена переважно на переході до біорозкладних та вторинних матеріалів, що є важливим кроком, але не вирішує проблему загального зменшення текстильних відходів.

У зв’язку з цим необхідним є комплексний підхід до екологічного пакування, який не лише враховуватиме використання екологічно безпечних матеріалів, а й слугуватиме інструментом екопросвіти споживачів. Одним із перспективних рішень є впровадження концепції інструктивних матеріалів у пакуванні текстильних виробів, що поєднує екологічну освіту та практичні рекомендації щодо повторного використання, апсайклінгу або утилізації текстильних виробів.

Основна інноваційність запропонованої технології полягає у трансформації пакування в носій екологічної інформації. Це рішення сприяє формуванню відповідального ставлення до споживання та утилізації текстильних товарів, що є критично важливим для скорочення відходів.

Запропонована концепція особливо актуальна для України, оскільки в країні відсутня розвинена система повторного використання текстилю, а механізми його переробки та утилізації значно поступаються європейським практикам. Використання пакування як інструктивного матеріалу частково компенсує недоліки чинної системи управління

текстильними відходами, адже безпосередньо залучає споживачів до екологічно свідомого поводження з текстильними виробами.

Для ефективного впровадження концепції необхідно розробити специфічні інструкції для різних типів текстильних виробів, які міститимуть рекомендації щодо подальшого поводження з ними:

– компостування (за умови використання натуральних барвників) або вторинного перероблення у нові текстильні матеріали;
– інформація про можливості спрямування таких відходів на спеціалізовані підприємства для отримання технічних матеріалів;
– комбінованої переробки або творче повторне використання (апсайклінг).

Підвищення ефективності розробки можливе за рахунок використання інтерактивних елементів, зокрема:

– QR-коди з посиланнями на відео-інструкції, майстер-класи та еколого-просвітницькі відеоролики;
– перелік пунктів збору текстильних відходів та інформація про благодійні ініціативи, що займаються переробкою одягу

Особливий акцент у концепції інструктивних матеріалів зосереджується саме на творчій переробці текстилю, яка забезпечує пролонгацію життєвого циклу виробів і як наслідок зменшує навантаження на довкілля.

Упаковка текстильних виробів може містити готові викрійки для перешиття речей, зокрема:

– перетворення джинсового одягу на рюкзаки, сумки чи органайзери.
– використання залишків тканин для створення м'яких іграшок або декоративних елементів інтер’єру.
– покрокові схеми пошиття аксесуарів або предметів домашнього вжитку.

Додатково на пакуванні можуть бути розміщені посилання на майстер-класи, що детально пояснюють процес переробки конкретного виробу. Це мотивуватиме споживачів не лише відповідально ставитися до одягу, а й залучати до процесу дітей, формуючи культуру свідомого споживання.

Запровадження концепції інструктивних матеріалів у пакуванні текстильних виробів дозволить досягти кількох стратегічних екологічних цілей:

– скорочення обсягів текстильних відходів, що потрапляють на полігони.
– формування екологічної культури населення через інтерактивні та візуальні інформаційні матеріали.
– розвиток циркулярної економіки, що передбачає повторне використання ресурсів.
– збільшення попиту на екологічно відповідальну продукцію серед споживачів, що змусить виробників переходити на більш стійкі моделі виробництва.

Таким чином, впровадження інструктивних матеріалів у пакування текстильних виробів не лише сприятиме екологічному вихованню населення, а й стане ефективним засобом боротьби з надмірним накопиченням текстильних відходів. Виробники текстильної продукції отримають можливість не просто реалізовувати свою продукцію, а й відігравати активну роль у просуванні екологічної культури, що сприятиме підвищенню їхньої соціальної відповідальності та довіри з боку споживачів.

Запропонована концепція є унікальним інструментом екологічної трансформації ринку текстильної продукції, який має високий потенціал для впровадження в Україні та за її межами. Її реалізація стане важливим кроком до формування стійкої моделі споживання та відповідального поводження з ресурсами.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Ahmed M. F., Begum N., Ali M. // Global Mainstream Journal of Business, Economics, Development & Project Management. 2024. 3(6): 1–14. DOI:10.62304/jbedpm.v3i06.217

2. I. Jestratijevic, U.Vrabič-Brodnjak. // *Sustainability*. 2022. 14(20): 13476. DOI: 10.3390/su142013476

СВІТОВИЙ ДОСВІД ВПРОВАДЖЕННЯ МОДУЛЬНОГО БУДІВНИЦТВА У МІСЬКУ ЗАБУДОВУ

Є.В. Чуприна

Державний біотехнологічний університет, Харків, Україна
Здобувач 3 курсу спеціальності 101 «Екологія», evgeniychuprina90@gmail.com
Науковий керівник – канд.с.-г. н., асистент кафедри екології та біотехнологій в рослинництві Клименко І.В.

Модульне будівництво, яке передбачає виготовлення будівельних елементів у заводських умовах з подальшим монтажем на місці, набуває все більшого поширення у світі. Цей підхід дозволяє зменшити час будівництва, знизити витрати та мінімізувати вплив на навколишнє середовище.

Історично модульне будівництво використовувалося для швидкого зведення тимчасових споруд під час надзвичайних ситуацій. Наприклад, під час Кримської війни Ісамбард Кінгдом Брунель спроєктував польовий госпіталь, який був зібраний з попередньо виготовлених модулів. У 1967 році в Монреалі було збудовано житловий комплекс Habitat 67, який став одним із перших прикладів масштабного застосування модульної технології в житловому будівництві [3, с. 8-9].

У Великій Британії модульне будівництво активно застосовується для вирішення житлових проблем. Зокрема, у Лондоні було зведено житловий комплекс Ten Degrees, який складається з 1 500 модулів і є одним із найвищих модульних будинків у світі. Уряд Великої Британії планує до 2030 року зводити до 75 тисяч модульних будинків щорічно [1 с. 5-6].
У Китаї модульне будівництво використовується для швидкого зведення лікарень та інших об'єктів інфраструктури. Наприклад, у 2020 році в місті Ухань було збудовано лікарню Лейшеньшань за рекордно короткий термін, використовуючи модульні технології [4, с. 41].

Модульне будівництво активно використовується в різних країнах для вирішення проблеми нестачі житла, покращення енергоефективності міської інфраструктури та розвитку сталих міст.

США та Канада У цих країнах модульні технології застосовуються для будівництва житлових комплексів, лікарень, офісних центрів та шкіл. Наприклад, компанія Katerra будує великі модульні житлові комплекси, які відповідають вимогам енергоефективності та мають мінімальний вплив на довкілля.

Європа (Німеччина, Швеція, Нідерланди) У країнах ЄС модульне будівництво розвивається в контексті концепції "розумних міст". Наприклад, у Швеції активно будуються модульні мікроапартаменти, які дозволяють раціонально використовувати міський простір. У Німеччині реалізується проєкт "зелених модульних офісів", що функціонують за рахунок сонячної енергії та використовують систему рекуперації тепла.

Японія Японія є лідером у галузі антисейсмічного модульного будівництва. Тут розроблено спеціальні технології, що дозволяють будівлям витримувати землетруси та інші природні катастрофи.

В Україні модульне будівництво розвивається досить повільно порівняно із західними країнами. Основними причинами цього є:

- відсутність державної підтримки – на законодавчому рівні не існує спеціальних програм розвитку модульного будівництва.
- низька обізнаність населення – українці звикли до традиційних будівельних технологій і часто сприймають модульні будинки як тимчасові споруди.

- обмеженість виробництва – наразі в Україні лише кілька компаній займаються виготовленням модульних конструкцій, що обмежує масштаби впровадження цієї технології.

Проте, останні роки свідчать про поступові позитивні зрушення. Наприклад, після початку повномасштабної війни в 2022 році модульні будинки стали одним із ключових рішень для забезпечення тимчасового житла для внутрішньо переміщених осіб.

На сьогодні в Україні активно розглядаються перспективи будівництва модульних лікарень, шкіл, соціального житла. Також існують проєкти впровадження зелених технологій у цю галузь, що сприятиме її інтеграції в концепцію сталого розвитку міст.

Таким чином, модульне будівництво має значний потенціал в Україні, проте для його активного розвитку необхідні державна підтримка, законодавче регулювання та зростання рівня довіри серед населення.

Переваги модульного будівництва включають:

- Швидкість зведення: скорочення термінів будівництва на 20–50% порівняно з традиційними методами.
- Якість: заводське виготовлення забезпечує високий рівень контролю якості.
- Екологічність: зменшення будівельних відходів та енергоспоживання.
- Гнучкість: можливість адаптації модулів до різних потреб та умов.

Однак існують і виклики, такі як необхідність значних інвестицій у виробничі потужності, логістичні труднощі при транспортуванні великих модулів та потреба в оновленні нормативно-правової бази [3, с. 11].

Світовий досвід показує, що модульне будівництво є ефективним інструментом для швидкого та якісного зведення житлових і громадських будівель, особливо в умовах урбанізації та необхідності оперативного реагування на соціальні виклики. Україні варто вивчити та адаптувати ці практики, враховуючи національні особливості та потреби.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Бондаренко В. І. // Вісник будівельної науки. 2022. 3: 25–32.
2. Григор’єв О. П. // Екологічні аспекти архітектури. 2021. 2: 45–52.
3. Смирнов І. М. // Модульне будівництво в Україні: проблеми та перспективи. 2023. 145 с.
4. United Nations. World Urbanization Prospects 2022. – UN-Habitat, 2022. [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://unhabitat.org/world-urbanization
5. The Modular Building Institute. 2023 Modular Construction Report. [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://www.modular.org
6. Коваленко Л. П. // Архітектурно-будівельні інновації. 2023. 1: 15–22.
7. Building Design & Construction. Trends in Modular Construction 2023. [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://www.bdcnetwork.com

УДОСКОНАЛЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОГО МЕНЕДЖМЕНТУ В ДОСЯГНЕННІ ЦІЛЕЙ СТАЛОГО РОЗВИТКУ

А.А. Шаповалова

Державний біотехнологічний університет, Харків, Україна
Магістрант 1 року навчання, ОП «Бізнес-адміністрування»
Науковий керівник – канд. екон. наук., доцент кафедри економіки та бізнесу Білоусько Т.Ю.

У вересні 2015 р., у Нью-Йорку, в рамках 70-ї сесії Генеральної Асамблеї ООН відбувся Саміт ООН зі сталого розвитку під назвою «Перетворення нашого світу: порядок денний у

сфері сталого розвитку до 2030 року», на якому було затверджено нові орієнтири розвитку. Підсумковим документом Саміту було затверджено 17 Цілей Сталого Розвитку (ЦСР). Відповідно, в Україні відбулося встановлення стратегічних орієнтирів національного розвитку України на період до 2030 р. на засадах принципу «Нікого не залишити осторонь», та було започатковано інклюзивний процес адаптації ЦСР з урахуванням специфіки національного розвитку. До цього процесу долучилися фахівців за напрямами, що відповідають тематичним сферам ЦСР, урядовці, управлінці, спеціалісти установ ООН, науковці, економісти, демографи, медичні працівники, екологи, освітяни, журналісти, підприємці, лідери недержавних організацій та інші представники громадянського суспільства [1].

В цьому аспекті невід'ємним складником стратегічної лінії поведінки і розвитку підприємств в довгостроковій перспективі стає екологічний менеджмент. Крім викликів часу, передумовою виникнення екологічного менеджменту виникла необхідність пошуку нового напрямку економічного розвитку, який не лише обмежував би потужності підприємств, але сприяв би можливості природних екосистем нейтралізувати негативні наслідки господарської діяльності підприємств. Із зміною ставлення суспільства та економіки до вирішення екологічних проблем значно змінились вимоги до виробничих процесів та іншої діяльності людей. Так, до процесу виробництва поступово почали висуватися все більш жорсткіші природоохоронні вимоги, які сприяли пошуку та запровадженню на підприємствах управлінських та інженерно-технічних новацій.

І якщо на першому етапі появи та становлення екологічного менеджменту (до 1970 р.) увага була зосереджена лише на виконанні обов'язкових законодавчих вимог та на боротьбі з уже спричиненим забрудненням, то на другому етапі (1970-1990 рр.) екологічний менеджмент на підприємствах характеризувався стратегічним баченням та намаганням передбачити негативні наслідки господарської діяльності. Відповідно, витрати, пов'язані із запровадженням екологічного менеджменту розглядались як обов’язкові, неминучі витрати, насамперед задля уникнення майбутніх зобов'язань. Що стосується виробництва, то підприємства й надалі лише формально дотримувалися вимог природоохоронного законодавства.

Третій етап розвитку екологічного менеджменту розпочався з 1990 р., та запроваджується переважно у розвинених країнах та країнах із перехідною економікою. Його характерними рисами є визнання екологічного менеджменту в якості обов’язкової компоненти стратегічного розвитку підприємства та орієнтація підприємств на якість, безпечність продукції, інтереси суспільства та потреби споживачів в разі виникнення екологічних проблем, що вимагає запровадження комплексного підходу до екологічного менеджменту в цілому [2].

Останні десятиріччя лише підкреслюють цю тенденцію, адже в цій період посилились процеси переходу традиційної економіки на принципи біоекономіки із запровадженням циркулярної економіки, зеленої економіки та інноваційних технологій, які дозволяють здійснювати господарську діяльність із найменшим впливом на довкілля, із збереженням біорізноманіття, використанням біомаси, зменшенням енерговитрат, покращенням екологічного стану навколишнього середовища [3, 4]. Суспільство і виробники продукції змінили своє ставлення до довкілля й екологічні питання почали відігравати вагому роль у процесі прийняття управлінських рішень. Разом із посиленням вимог до якості продукції на міжнародних ринках, зокрема європейському, суворішають й вимоги до екологічних характеристик товарів, а також до виробничих процесів.

Що стосується розвитку екологічного менеджменту на підприємствах України, то на думку фахівців Офісу сталих рішень [5], існує низка проблем, що перешкоджає більш ефективному його впровадженню і розвитку. Серед них:

- недостатнє фінансування природоохоронних заходів (за остаточним принципом);
- низький рівень екологічної свідомості та культури (поведінка споживача, відношення до навколишнього середовища, соціальна відповідальність);

- не завжди ефективний контроль за дотриманням екологічного законодавства (слабкий контроль та покарання в разі порушення законодавства);
- складність та нестабільність законодавчої бази (неузгодженість, заплутаність);
- недостатня інтеграція екологічних аспектів у галузеві політики (низький рівень державного регулювання).

Тому вважаємо, що подолання зазначених проблем сприятиме пришвидшенню впровадженню та розвитку екологічного менеджменту на підприємствах, що є особливо актуальним для подолання екологічної кризи, викликаної негативними наслідками військової агресії. Це також дозволить вітчизняним підприємствам виробляти якісну, безпечну та конкурентоспроможну продукцію, зміцнювати конкурентні позиції на міжнародних ринках та досягати цілей сталого розвитку в нашій країні.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ:

1. Цілі сталого розвитку та Україна.URL: https://www.kmu.gov.ua/diyalnist/cili-stalogo-rozvitku-ta-ukrayina *(дата звернення 28.04.2025 р.)*
2. Білоусько Т.Ю., Шовкун Л.В., Білоусько Р.С. // *Вісник Харківського національного аграрного університету. Серія «Економічні науки».* 2019. 1(4): 388-398
3. Білоусько Т., Білоусько Р. // *Herald of Khmelnytskyi National University. Economic Sciences.* 2024. 328(2): 131-139. https://doi.org/10.31891/2307-5740-2024-328-20
4. Білоусько Т. // Економіка та суспільство. 2024. 65. https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-65-52
5. Брильова І. Екологічний менеджмент в Україні-2025: що важливо врахувати? URL:https://ukraine-oss.com/ekologichnyj-menedzhment-v-ukrayini-2025-shho-vazhlyvo-vrahuvaty/ *(дата звернення: 28.04.2025 р.)*

ЕКОЛОГІЗАЦІЯ ВИРОБНИЦТВА ХАРЧОВОЇ ПРОДУКЦІЇ: СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ УТИЛІЗАЦІЇ ХАРЧОВИХ ВІДХОДІВ

Є.А. Криштоп[1], В.Л. Борисова[2]

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна
[1]канд. с.-г. наук, доцент, kafagroeco@ukr.net
[2]канд. с.-г. наук, старший викладач, borisova.valentina@ukr.net

Харчові відходи становлять серйозну екологічну проблему, але водночас є цінним ресурсом. Щороку у світі втрачається або викидається близько 1,3 млрд т їжі, що супроводжується викидом приблизно 3,3 млрд т парникових газів [1]. В Україні ситуація також залишається критичною: на одну особу припадає 250–300 кг відходів на рік, до 60 % з яких – органічні, переважно харчові [2]. Основний спосіб їх утилізації – захоронення на полігонах, що спричиняє виділення метану та забруднення довкілля. Такий підхід суперечить цілям сталого розвитку та є неефективним з погляду використання ресурсів. У зв'язку з цим в Україні затверджено Національну стратегію управління відходами до 2030 року, яка передбачає поступовий перехід до системи сортування, перероблення та комплексної утилізації.

На глобальному рівні, зокрема в ЄС, поставлено мету скоротити харчові відходи вдвічі до 2030 року відповідно до Цілі сталого розвитку 12.3 [3]. Це зумовлює актуальність впровадження екологічно безпечних і енергоефективних технологій в харчовій промисловості. Проблема харчових відходів стосується екологічних, енергетичних і соціально-економічних аспектів. З одного боку, їхнє розкладання на звалищах спричиняє

викиди метану та CO_2, з іншого – ці відходи містять поживні речовини, які можна використовувати як джерело енергії або вторинної сировини.

Концепція безвідходного виробництва передбачає повну переробку або безпечну утилізацію харчових відходів [4]. У харчовій галузі це сприяє ефективнішому використанню сировини, зменшенню витрат на утилізацію та негативного впливу на довкілля. Така модель відповідає принципам циркулярної економіки, сприяє зменшенню навантаження на полігони та досягненню глобальних екологічних цілей. Це особливо важливо для України в умовах гармонізації з вимогами ЄС та «зеленого» відновлення економіки [5].

Екологізація харчової промисловості передбачає впровадження систем роздільного збирання органічних залишків, компостувальних установок і біогазових реакторів. Це дозволяє підприємствам зменшити екологічний слід та отримувати додаткову вигоду – енергію, біодобрива. Наприклад, на птахофабриках країн ЄС та США харчові залишки і послід використовують у біореакторах для генерації тепла та гарячого водопостачання [5].

В Україні найбільш перспективними для впровадження біогазових технологій є великі тваринницькі комплекси – молочні ферми, свинокомплекси, птахофабрики [4]. Державна підтримка може стимулювати розвиток таких рішень – через «зелені» тарифи, гранти на створення компостувальних майданчиків і обмеження на захоронення органіки. Не менш важливими є освітні ініціативи з попередження утворення харчових відходів, зокрема соціальні проєкти на кшталт «Feed Your Neighbour» [2].

Комплексна утилізація харчових відходів – ключ до екологічної та енергетичної стійкості харчової галузі. Поєднання методів анаеробного зброджування, компостування та біотехнологічної переробки дозволяє досягти майже безвідходного виробництва [4]. Біотехнології дозволяють перетворювати органічні залишки на біопаливо, біоматеріали й навіть харчові інгредієнти – наприклад, мікробний білок [6].

Оцінка життєвого циклу (LCA) дедалі частіше використовується у харчовій промисловості як надійний інструмент комплексного аналізу впливу виробництва на довкілля [7]. Один із сучасних підходів охоплює повний цикл – від постачання сировини до утилізації відходів, дозволяючи виявити екологічно критичні етапи та оптимізувати споживання ресурсів. Важливим є те, що впровадження LCA забезпечує обґрунтованість екологічних рішень, підвищує прозорість та підзвітність підприємств перед зацікавленими сторонами, включаючи споживачів та регуляторів.

Крім того, актуальним напрямом є цифровізація управління харчовими відходами, яка є одним із пріоритетних напрямів сучасної екологізації виробництва. Використання IoT-сенсорів для моніторингу динаміки утворення органічних залишків у реальному часі дозволяє значно скоротити втрати продукції на етапах зберігання та транспортування [8]. Такі рішення ефективно інтегруються в системи LCA, забезпечуючи гнучке управління потоками відходів, включно з їх розподілом між біогазовими та компостувальними установками. Взаємодія цифрових технологій та LCA створює основу для перехода підприємств харчової промисловості до ресурсоефективних і сталих моделей виробництва.

У сучасних умовах сталого розвитку харчової промисловості утилізація харчових відходів постає як один із найактуальніших напрямів екологізації виробничих процесів. Застосування анаеробного зброджування, компостування й біотехнологічної переробки дозволяє ефективно зменшити обсяги органічних залишків, знизити антропогенне навантаження на довкілля, а також підвищити енергоефективність підприємств за рахунок залучення вторинних ресурсів. У перспективі це сприяє переходу галузі до циркулярної моделі функціонування.

Особливого значення набуває впровадження системи LCA, яка дозволяє комплексно аналізувати екологічні аспекти на всіх етапах виробництва – від закупівлі сировини до кінцевої утилізації. Цей підхід сприяє виявленню найкритичніших точок споживання ресурсів і формуванню ефективних рішень у сфері екологічного менеджменту. У поєднанні з цифровими технологіями (зокрема IoT-сенсорами та автоматизованими системами

моніторингу) LCA створює умови для динамічного управління потоками харчових відходів і гнучкого планування утилізаційних заходів.

Успішна реалізація означених технологічних рішень потребує міжгалузевої взаємодії – оновлення нормативно-правової бази, стимулювання інноваційної діяльності на підприємствах, а також активної участі наукової спільноти. Скоординовані дії держави, бізнесу та освітньо-наукових установ сприятимуть трансформації харчової промисловості у ресурсоефективну, безвідходну та екологічно відповідальну галузь, здатну відповідати на виклики сталого розвитку у довгостроковій перспективі.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ:

1. Roy P., Mohanty A. K., Dick P., Misra M. // *ACS environmental Au*. 2023. 3(2): 58-75. DOI: https://doi.org/10.1021/acsenvironau.2c00050

2. Cutting food waste while improving food security and environment in Ukraine. URL: https://www.fao.org/europe/news/detail/Cutting-food-waste-while-improving-food-security-and-environment-in-Ukraine/en

3. EU actions against food waste. URL: https://food.ec.europa.eu/food-safety/food-waste/eu-actions-against-food-waste_en

4. Boyko O. O., Hapich H. V., Mylostyvyi R. V., Izhboldina O. O., Chernysh Y., Chubur V., ... & Brygadyrenko V. V. // *Biosystems Diversity*. 2024. 32(2): 260-269. DOI: https://doi.org/10.15421/012428

5. Roadmap for the green recovery and transformation of the ukrainian food industries. URL: https://www.unido.org/sites/default/files/unido-publications/2025-01/Roadmap-for-Green-Recovery-and-Transformation-of-Ukrainian-Food-Industries_1.pdf

6. Sekoai P. T., Roets-Dlamini Y., O'Brien F., Ramchuran S., Chunilall V. // *Microorganisms*. 2024. 12(1): 166. DOI: https://doi.org/10.3390/ microorganisms12010166

7. Costa T. P. D., Gillespie J., Pelc K., Adefisan A., Adefisan M., Ramanathan R., Murphy F. // Sustainability. 2022. 15(1): 718. DOI: https://doi.org/ 10.3390/su15010718

8. Zhu J., Luo Z., Liu Y., Tong H., Yin K. // *Journal of Cleaner Production*. 2002. 374: 133852. DOI: https://doi.org/ 10.1016/j.jclepro.2022.133852

ЄВРОПЕЙСЬКИЙ ДОСВІД УПРАВЛІННЯ БІОВІДХОДАМИ У МИСЛИВСЬКИХ ГОСПОДАРСТВАХ ТА ЛІСІВНИЦТВІ: МОЖЛИВОСТІ ДЛЯ УКРАЇНИ

Борисова В.Л.[1], Криштоп Є.А.[2]

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна
[1]канд. с.-г. наук, старший викладач, borisova.valentina@ukr.net
[2]канд. с.-г. наук, доцент, kafagroeco@ukr.net

Європейський Союз (ЄС) розглядає біовідходи як цінний ресурс у межах циркулярної біоекономіки, приділяючи особливу увагу їх переробці на компост, біогаз і біовугілля [1]. Особливий інтерес викликає досвід поводження з біовідходами у галузях лісового та мисливського господарства, зокрема в межах природоохоронних територій. Ці галузі, по-перше, генерують біологічні відходи (рештки тварин, рослинні залишки) і, по-друге, відіграють роль у вихованні екологічної культури відвідувачів та місцевих громад.

Відповідно до Директиви ЄС 2018/851, з 2024 року всі держави-члени зобов'язані забезпечити роздільний збір біовідходів [2]. Інтеграція управління біовідходами в лісове планування дає змогу зменшити екологічне навантаження та підвищити ефективність відновлення територій після лісозаготівлі [3]. Це забезпечує отримання якісної органічної

сировини для компостування або анаеробного зброджування, знижує обсяги захоронення на полігонах, сприяє відновленню ґрунтів і виробництву відновлюваної енергії.

До 2035 року ЄС планує переробляти щонайменше 65 % муніципальних відходів [4]. Зокрема, в природоохоронних територіях Європи застосовується принцип «жодних звалищ у природі», який охоплює і органіку. Біовідходи, що можуть становити ризик для екосистем або сприяти поширенню хвороб (напр. рештки диких тварин), мають бути безпечно зібрані та утилізовані. Для цього впроваджуються локальні системи компостування, малі біогазові установки, а також освітні кампанії серед працівників галузі (лісників, єгерів, персоналу парків) щодо принципів «*zero waste*» і «*leave no trace*» [5]. Цей досвід особливо актуальний для України в контексті євроінтеграції та реформи управління відходами, оскільки відкриває можливості для створення інфраструктури роздільного збору та переробки біовідходів у лісових регіонах і мисливських господарствах.

Децентралізоване компостування – переробка біовідходів поблизу місць їх утворення – є ефективним рішенням для сільських та природоохоронних територій, де централізований збір є малоефективним [1]. У межах проєкту CORE (*Interreg Europe*) розроблено моделі домашнього та громадського компостування, що успішно реалізуються в Іспанії, Угорщини, Швеції, Бельгії та Італії [6]. Компост використовується на полях, у розсадниках і лісопарках. Дослідження підтверджують, що якість компосту з малих установок може бути не гіршою за промисловий за умови контролю температури та вологості, а викиди парникових газів – мінімальні [5]. Такі системи сприяють розвитку локальної біоекономіки, зменшують навантаження на полігони і формують у громад відповідальне ставлення до органіки.

Анаеробне зброджування (метанізація) є ефективним методом переробки вологих біовідходів з утворенням біогазу та біометану – екологічної альтернативи викопному паливу. У 2022 році в ЄС було вироблено близько 17 млрд м³ біогазу та 4 млрд м³ біометану, а план REPowerEU передбачає збільшення обсягів біометану до 35 млрд м³ до 2030 р. та 111 млрд м³ до 2040 р. [7]. Понад 67 % прогнозованого обсягу біометану забезпечать установки анаеробного зброджування органічних відходів, решту – термогазифікація біомаси. Загалом біометан здатен покрити до 30 % нинішнього споживання природного газу в ЄС, що робить його ключовим елементом для енергетичної незалежності та кліматичної політики.

Біогазові установки особливо актуальні для сільських територій і лісистих регіонів, де є доступ до органічної сировини. У мисливських господарствах та лісівництві як субстрати можуть використовувати гній, відходи кормів, харчові рештки, відходи лісозаготівлі та деревообробки. Побічний продукт – дигестат – є цінним добривом, багатим на азот, фосфор та вуглець. Відповідно до [2], його використання в ґрунтах підвищує урожайність, зменшує потребу у мінеральних добривах і сприяє утворенню стабільної органічної речовини.

У ЄС на природоохоронних територіях також активно впроваджується концепція «нуль відходів», що передбачає повну заборону сміттєзвалищ, обов'язкове сортування і вивезення відходів за межі парків. Наприклад, у парках Шотландії та Німеччини діє принцип *«Leave no trace»*, а парк Кернгормс прагне повного повторного використання або переробки всіх відходів [4]. В Україні такі підходи доцільно застосовувати у Карпатах, Поліссі – з облаштуванням роздільного збору, компостуванням зелених решток і просвітою туристів.

Для безпечного обігу продукції з біовідходів ЄС впровадив єдині стандарти якості. Регламент (ЄС) 2019/1009 встановлює вимоги до органічних добрив: компост чи дигестат, що відповідає критеріям (важкі метали, патогени, стабільність), отримує маркування CE і може вільно продаватися як добриво [9]. Паралельно діє добровільна система ECN-QAS, яка забезпечує єдині підходи до випробувань і сертифікації. У перспективі ці вимоги стануть основою для обов'язкових «*end-of-waste*» критеріїв у ЄС [1, 9]. У таких країнах як Німеччина, Австрія, Бельгія вже застосовують національні стандарти компосту класу А, які забезпечують безпечність використання на агро- та лісових угіддях. Для мисливських господарств особливо важливо гарантувати відсутність патогенів і насіння інвазійних видів у кінцевій продукції.

У країнах ЄС технічні рішення щодо поводження з біовідходами також поєднуються з навчанням персоналу парків, лісництв і мисливських господарств. Програми *«Respect Nature»*

(адаптація *Leave No Trace*) навчають мінімізувати вплив на довкілля. У Швейцарії мисливці в рамках ініціативи «*In der Natur – für die Natur*» прибирають сміття на угіддях, що сприяє формуванню екологічно відповідальної поведінки мисливців [10]. У ряді країн (Іспанія, Австрія) екопросвіта інтегрована у програми лісовідновлення і роботу з громадами. Для України також важливо впроваджувати семінари, роз'яснення екологічних ризиків, заборону неконтрольованого захоронення решток тощо.

Європейський досвід управління біовідходами в лісовому та мисливському господарствах доводить, що успіх забезпечує комплексний підхід, який поєднує нормативну базу, технології переробки (компостування, біогаз, біочар) та екопросвіту. Системні рішення – роздільний збір, стандарти якості, локальні установки – вже довели свою ефективність у громадах ЄС. Для України це – можливість трансформувати біовідходи у ресурс, знизити навантаження на довкілля, покращити стан ґрунтів, розвинути ринок органічних добрив і сприяти євроінтеграції.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ:

1. Nohales G., Stinavage M. // Bio-waste separate collection takes off (27.02.2024). *Zero Waste Europe (LIFE BIOBEST Project). URL:* zerowasteeurope.eu

2. Directive (EU) 2018/851 of the European Parliament and of the Council of 30 May 2018 amending Directive 2008/98/EC on waste – OJ L150, 14.06.2018, p.109-140. URL: sealive.eueur-lex.europa.eu

3. Guo J. et al. // *Forests*. 2024. 15(8): 1372. URL: https://doi.org/10.3390/f15081372

4. Sobczyk W., Biedrawa A., Kowalska A. // *Gospodarka Surowcami Mineralnymi – Mining and Environment.* 2015. 31(4): 159-169. URL: journals.pan.pljournals.pan.pl

5. Sánchez A. // *Front. Chem. Eng.* 2022. 4: 850308. URL: frontiersin.orgfrontiersin.org

6. CORE – Composting in Rural Environments (Interreg Europe project, 2019-2025) – *Project summary page*. URL: interregeurope.euinterregeurope.eu

7. European Biogas Association / Guidehouse. Biogases towards 2040 and beyond – EBA Report, Brussels, 2024. naturalgasworld.comnaturalgasworld.com

8. Pastorelli R., Casagli A., Rocchi F. et al. // *Appl. Sci.* 2024. 14(5): 1917. URL: mdpi.commdpi.com

9 European Compost Network (ECN). Quality Assurance for Compost and Digestate (ECN-QAS) – ECN Working Group report, 2010–2025. URL: compostnetwork.infocompostnetwork.info

10 FACE. From Mountains to Forest to Field: Swiss Hunters Lead the Charge Against Litter – *Biodiversity Manifesto (FACE)*. 2024. URL: biodiversitymanifesto.combiodiversitymanifesto.com

СТАЛЕ УПРАВЛІННЯ ВІДХОДАМИ ПАКУВАННЯ ЗЕЛЕНОГО КАВОВОГО ЗЕРНА

М.С. Кочетов[1], В.С. Бутко[2]

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків, Україна
[1]аспірант, mykyta.kochetov@mit.khpi.edu.ua
[2]студентка, vladyslav.butko@khpi.edu.ua

Обсяги споживання кави щорічно зростає у всьому світі й Україна не є винятком. Культура споживання кави в Україні має давні традиції, проте має свої регіональні особливості, пов'язані з історичним минулим входження територій сучасної України до різних країн. Кількість маленьких, середніх та мережевих кав'ярень щороку зростає, чому сприяє спрощена система оподаткування фізичних осіб підприємців. За роки повномасштабного

вторгнення відкриття кав'ярень активно підтримується донорами міжнародних грантових проєктів, в тому числі як бізнес для внутрішньо переміщених осіб та ветеранів.

Метою даної роботи дослідити перспективи сталого управління пакуванням зеленого кавового зерна.

Україна внаслідок свого географічного розташування та кліматичної зони, повністю залежить від імпорту сировини для приготування кави. До України імпортується так зване зелене кавове зерно, яке потім обсмажується.

Зелене кавове зерно поступає в Україну у джутових мішках об'ємом 5кг,10кг,20кг,40кг,80кг. Джутові мішки виготовляють з натурального джутового волокна, тобто таке пакування після використання може бути класифіковане як органічні відходи або органічні текстильні відходи.

Пакування зелених кавових зерен має захистити їх від впливу осадів та перепадів температур, проникнення сторонніх запахів під час транспортування, однак саме джутові мішки внаслідок своєї органічної природи не завжди виконують ці функції. Внаслідок тривалого транспортування частина кавових зерен вкривається плісеневими грибами, які також переходять на внутрішню поверхню джутових мішків. До того ж, джутові мішки просочуються ароматом зеленого кавового зерна. Все це призводить до неможливості вторинного використання джутових мішків з-під кави для пакування інших харчових продуктів, в тому числі для тварин, без попереднього тривалого прання.

Останні 10 років країни-експортери кавового зерна почали використовувати герметичний бар'єр з поліетилену. Наразі до 75% експортерів використовують джутові мішки з поліетиленовою вставкою, що забезпечує зберігання властивостей кавового зерна. Втрати від псування зеленого кавового зерна у такому пакуванні менші, джутова складова має меншу інтенсивність запаху кави та майже не забруднена плісеневими грибами. Єдиним недоліком є поява поліетиленового пакування в якості відходу. Проте, технології вторинного використання поліетилену високої та низької густини добре відомі та присутні в Україні.

Стале управління пакуванням зеленого кавового зерна передбачає:

1) налагодження системи збору джутових мішків;

2) інформаційна кампанія щодо можливості їх вторинного використання, в тому числі для виготовлення маскувальних засобів (так званих кікімор та нашоломників), що стало на сьогодні єдиною працюючою практикою використання джутових мішків з-під кави;

3) лоакальну фінансову або податкову підтримку тих підприємств, які займаються обсмаженням кави та готові передавати джутові мішки до волонтерських центрів з виготовлення маскувальних засобів. Це можна реалізувати в тому числі через оплату транспортування таких мішків, знижки на місцеві податки, інші типи пільг.

ОЦІНКА ВПЛИВУ ВИРОБНИЧОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ХЛІБОПЕКАРСЬКИХ ПІДПРИЄМСТВ НА СТАН ДОВКІЛЛЯ

В.С. Федорова

Державний біотехнологічний університет, Харків, Україна
здобувач першого (бакалаврського) рівня вищої освіти, valeriia6705@gmail.com
Науковий керівник – канд.с.-г. н., доцент кафедри екології та біотехнологій в рослинництві Коляда О.В.

Хлібопекарська промисловість займає важливе місце серед галузей харчової індустрії, забезпечуючи населення щоденною продукцією першої необхідності. Однак, діяльність таких підприємств супроводжується істотним впливом на навколишнє середовище, що зумовлює необхідність детального аналізу їхнього екологічного навантаження [1, с. 61] .

Виробництво хлібобулочних виробів включає низку технологічних процесів, кожен з яких потенційно пов'язаний із забрудненням довкілля. Найбільшу екологічну загрозу становлять викиди в атмосферу під час роботи печей, споживання великих обсягів води та енергії, утворення побічних продуктів і промислових відходів. Зокрема, під час випікання в атмосферу потрапляють оксиди азоту, вуглекислий газ і леткі органічні сполуки, що можуть спричиняти локальне погіршення якості повітря та негативно впливати на здоров'я населення.

Вода, що використовується не лише у процесі приготування тіста, але й для очищення обладнання, є важливим об'єктом екологічного контролю. У результаті виробничої діяльності хлібопекарських підприємств утворюються стічні води, насичені органічними речовинами, залишками сировини та миючими засобами. За відсутності належного очищення такі стоки можуть потрапляти до природних водойм, спричиняючи їх забруднення та евтрофікацію – надмірне збагачення води біогенними елементами, що призводить до порушення екологічної рівноваги водних екосистем [2, с. 14].

Енергоспоживання є ще одним важливим аспектом, адже підтримання стабільної температури, охолодження продукції та освітлення цехів вимагає постійної роботи електрообладнання. У разі використання неефективних систем це призводить до надмірного споживання електроенергії та, відповідно, збільшення викидів парникових газів, якщо джерело енергії – не відновлюване.

Основні напрями енергоспоживання на хлібопекарському підприємстві:

– робота термічного обладнання (печі, парогенератори);

– функціонування систем вентиляції, кондиціонування та охолодження;

– освітлення та забезпечення енергією допоміжного устаткування.

Крім того, виробнича діяльність супроводжується утворенням значної кількості твердих відходів, зокрема бракованої продукції, непридатної сировини, пакувальних матеріалів і залишків борошна [1, с. 62].

З метою оцінки рівня екологічної відповідальності досліджуваного підприємства (Хорольська механізована пекарня) та впровадження принципів сталого розвитку було здійснено аналіз відповідності його діяльності екологічним вимогам та нормативно-правовим актам. Розглянуто політику підприємства щодо сертифікації за міжнародними екологічними стандартами, зокрема ISO 14001, а також проаналізовано перспективи вдосконалення системи екологічного менеджменту.

Для зменшення негативного впливу хлібопекарських підприємств на довкілля доцільним є впровадження енергоощадного обладнання, систем очищення стічних вод, повторного використання води та вторинної сировини. Зокрема, підприємство може модернізувати печі, встановити сонячні батареї або використовувати біогазові установки для заміни частини традиційного палива.

Особливої уваги заслуговує практика екологічного пакування. Використання біорозкладних матеріалів, переробленого паперу або крохмальних плівок дає змогу зменшити кількість пластикового сміття, що не піддається розкладанню протягом десятків років. Для досягнення сталого розвитку важливо не лише запроваджувати новітні технології, а й формувати екологічну відповідальність серед працівників та керівництва підприємства. Це включає навчання персоналу, моніторинг впливу виробництва на навколишнє середовище, а також співпрацю з екологічними організаціями й державними структурами у сфері охорони природи.

Таким чином, екологічна модернізація хлібопекарських підприємств є не лише необхідною умовою для дотримання природоохоронного законодавства, а й важливим етапом на шляху до сталого розвитку. Раціональне використання ресурсів, зменшення обсягів відходів і впровадження екологічно безпечних технологій сприяють збереженню довкілля, покращують імідж підприємства і створюють умови для здорового життя населення.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Ковальчук О. В. // *Інвестиції: практика та досвід*. 2018. 17: 59–63.
2. Семенова О. І., Ясінська В. Б. // *Якість води: біомедичні, технологічні, агропромислові і екологічні аспекти*: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції. Тернопіль: ТНТУ, 2021. 45–49. https://elartu.tntu.edu.ua/bitstream/lib/35369/2/Zbirnyk_2021.pdf.

ДОСЯГНЕННЯ ЗБАЛАНСОВАНОГО ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ ШЛЯХОМ ЗАПРОВАДЖЕННЯ ЕКОЛОГІЧНО БЕЗПЕЧНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ЗАХОДІВ ЩОДО УТИЛІЗАЦІЇ ВІДХОДІВ

Н.І. Носова

ДУ «Інститут ринку і економіко-екологічних досліджень
Національної академії наук України, м. Одеса, Україна
провідний інженер, sovanatali22@ukr.net

На етапі свого технологічного розвитку людство останнім часом все гостріше відчуває кліматичні зміни, забруднення навколишнього середовища, повітря та води, виснаженість земель, нестачу природних ресурсів, які набули планетарного масштабу і є наслідком зростання рівня життя та споживання й безпечного ставлення до природних ресурсів та навколишнього середовища.

Міжнародні організації стурбовані таким станом справ у світі і тому намагаються вирішити ситуацію шляхом дослідження та аналізу причин, що призвели до глобального порушення екологічної рівноваги. Це призводить до необхідності розробки концепції суспільного розвитку, здатну передбачати не лише подальший економічний розвиток, а й досліджувати та нівелювати його вплив на екологічну систему, забезпечуючи рівновагу між ними. Такий стан можливий за умови досягнення екологізації економічних процесів та взаємопроникнення екологічної та економічної політик з метою мінімізації нанесеної шкоди, зменшення можливих збитків, збалансованої взаємодії людини і природи. Екологізація економіки потребує зміни економічної парадигми, в основу якої покладена економічні й екологічна безпека держави щодо досягнення Цілей сталого розвитку.

Для досягнення бажаної мети у цьому напрямку необхідно послідовно впроваджувати заходи щодо збереження навколишнього середовища шляхом знесення змін у законодавство і управління, запроваджувати природоохоронні напрямки в учбовий процес у школах, привчати дітей до дбайливого ставлення до природи, зокрема, привчати до роздільного збору сміття, що сприятиме зменшенню забруднення.

При виробництві товарів, потреби на які постійно зростають, що у підсумку призводить до накопичення великої кількості відходів, які потребують утилізації. Наслідком бездумного, а іноді і варварського використання природних ресурсів, є негативний вплив на навколишнє середовище, забруднення атмосфери, ґрунтів, водних ресурсів, виснаження енергетичних ресурсів, що призводить до занепаду флори і фауни.

На сьогоднішній день накопичення відходів набуло найбільш погрозливих масштабів, у результаті чого їх утилізація та переробка набувають першочергового значення. Утилізація відходів – це повна їх ліквідація або обробка, в результаті якої з’являються нові матеріали та сировина, яка надалі використовується у вторинному виробництві [1].

Сьогодні головною проблемою є впровадження в практичні проекти принципів циркулярної економіки, що дозволяє вирішити проблеми з нестачею ресурсів і забрудненням навколишнього середовища. Сьогодні всі країни світу опікуються вирішенням проблеми ефективного поводження з відходами. Але, при цьому кожна країна має шукати власні засоби

і ресурси реалізації цих цілей, застосовувати доступні механізми, залучати технології та додаткові ресурси, як матеріальні, так і фінансові [2].

Однією з найбільш гострих господарських і природоохоронних проблем залишається проблема побутових відходів. Загальна площа цих звалищ і полігонів − понад 90 км^2. Щорічно в Україні на сміттєвих полігонах і звалищах збільшується обсяг твердих побутових відходів з інтенсивністю 1 м^3 (тобто 200-300 кг) на жителя в рік. Для порівняння: в розвинених європейських країнах, таких як Бельгія, Великобританія, Німеччина, Данія, Італія, Нідерланди, Швеція, Швейцарія, Японія, цей показник досягає 300-400 кг, а у США перевищив 700 кг на одного жителя в рік [3, с. 8].

Наприклад, накопичення пластику завдає непоправної шкоди довкіллю і здоров'ю населення. Від 200 до 400 років необхідно для того, щоб поліетиленовий пакет «розчинився» в природі. Він є небезпечним, адже разом із водою і продуктами харчування в організм людини потрапляє мікропластик та компоненти його розпаду, які мають токсичну дію і негативно впливають на імунну й ендокринну системи людини [4].

Катастрофічний вплив на природу здійснюють несанкціоновані звалища, відповідальність за створення яких в Україні є символічною порівняно із масштабами техногенного навантаження [5, с. 131].

На практиці все сміття, що потрапляє до контейнерів поділяється на два види: виробниче і побутове. При цьому до промислових відходів відносять: різноманітні варіанти відпрацьованих матеріалів, що втратили свої корисні властивості; медичні; будівельні; білогічні (м'ясні обрізки та ін.); радіоактивні відходи. До побутових відходів відносять: пластик, картон, папір, скляну та алюмінієву тари, металеві та пластикові вироби, залишки харчових продуктів [4].

Також у сфері утилізації поступово набуває обертів енергетична утилізація. Цей процес обумовлений отриманням енергії з переробки твердих побутових відходів.

Сучасні утилізаційні технології повинні відповідати таким критеріям, як екологічність, економічність, перспективна забезпеченість потужностей сировиною для утилізації та попит на рециклінгові технології з позицій збуту перероблених компонент із відходів. Переробне підприємство для успішного функціонування першочергово повинно бути не соціальним, а бізнесовим проєктом. Це змінює мотивацію менеджменту й націлює стратегію його діяльності на економічні результати, з досягненням яких отримаємо соціальні та екологічні ефекти [3, с. 130-131].

Основними етапами утилізації відходів класично вважаються: збір та сортування, використовуючи спеціальні контейнери для різних видів сміття, а для вивозу − спеціальні автомобілі; транспортування сміття до призначених полігонів; проведення заходів зі знешкодження небезпечності кожного виду відходів; збереження на полігоні під час очікування переробки, яка має проводитися з максимальною швидкістю; переробка, в результаті якої відходи знищуються, наносячи мінімально можливу шкоду планеті або переробляються на корисні матеріали, які можуть бути використані й надалі.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Утилізація відходів: що це таке і навіщо потрібне CleanWorld URL: https://cleanworld.in.ua/2023/03/02/ua-waste-disposal/

2. Лисюк В.М., Носова Н.І. // Технології реверсивного поводження з відходами в контексті сталого розвитку. Сталий розвиток і цифрові інновації: колективна монографія. 2024. С.246-256.

3. В.М. Кропівний, О.В. Медведева, А.В. Кропівна, О.В.Кузик // Утилізація та рекуперація відходів. Навчальний посібник. 2020. 440 с.

4. Шкода від пластикових пакетів для довкілля та здоров'я людей і як позбутися пакетної залежності Центр громадського здоров'я МОЗ України. 13.01.2022

https://www.phc.org.ua/news/shkoda-vid-plastikovikh-paketiv-dlya-dovkillya-ta-zdorovya-lyudey-i-yak-pozbutisya-paketnoi

5. Колодійчук І. А. // Формування територіально збалансованих систем управління відходами: регіональний вимір: монографія. 2020. 524 с. URL: https://koda.gov.ua/wp-content/uploads/2023/11/zvit-seo-prog-2024.pdf

МЕТОДИ ОЧИЩЕННЯ ДИМОВИХ ГАЗІВ ПРИ ОТРИМАННІ ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ З ВІДХОДІВ ВИРОБНИЦТВА ТА СПОЖИВАННЯ

Д.О. Катунін[1], Д.О. Гордієнко[2], А.Б. Григоров[3]

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків, Україна,
[1]студент, katunindenis26@gmail.com
[2]студент, gordienkod222@gmail.com
[3]професор, grigorovandrey@ukr.net

Відомо, що спалювання різних видів відходів виробництв та споживання є розповсюдженим методом їх утилізації, який дозволяє значно зменшити їх обсяги, знизити негативний вплив на навколишнє середовище та отримати додаткове джерело теплової енергії для різних потреб. Серед побічних продуктів, які утворюються при спаленні, внаслідок протікання реакції окиснення, утворюються димові гази. Очищення димових газів при спалюванні відходів є важливою складовою технології їх утилізації, оскільки під час спалювання можуть утворюватися шкідливі для здоров'я людини та навколишнього середовища продукти. Серед цих продуктів можна виділити наступні [1]: тверді частинки, токсичні органічні сполуки (поліароматичні вуглеводні (PAHs), летючі органічні сполуки (VOC), діметилсульфід (DMS), аміак, піролітичні сполуки), важкі метали (Cd, Pb, Cr, Hg, Zn, Ni тощо), діоксини (PCDDs), фурани (PCDFs), токсичні гази (оксиди азоту (NO_x), сірчистий газ (SO_2), хлориди) тощо. Тому процес очищення димових газів є необхідним для зменшення негативного впливу на навколишнє середовище та забезпечення безпеки.

На сьогоднішній день до числа основних методів очищення димових газів при спалюванні відходів можна віднести:

- *механічне очищення* за рахунок використання фільтрів (наприклад, керамічних та електричних) та циклонів. Одним із способів зниження концентрації субмікронних твердих часток (ТЧ) у димових газах є фільтрація димових газів за допомогою керамічних фільтрів. Їх основною перевагою в порівнянні з іншими методами очищення димових газів є можливість їх використання при високих температурах димових газів (> 400°C) [2]. Принцип роботи електрофільтрів базується на заряджанні (за 0,1-0,2 с) твердих частинок (розмір частинок до 0,1 мкм) та їх подальшому осадженні на електродах під впливом електричного поля (напруга 25-60 кВ) [3]. Середня ефективність очищення газової суміші складає біля 80 %, але в окремих випадках при негативно зарядженому коронувальному електроді може досягати 99,9%.Очищення димових газів в циклонах відбувається за рахунок відокремлення часток від димових газів за допомогою дії відцентрованої сили. Ефективність видалення твердих частинок у циклонах складає до 80-90 %.

- *хімічне очищення* за рахунок абсорбції (NO_x, SO_2, хлоридів), адсорбції (важких металів, діоксинів і фуранів тощо) та каталітичного очищення з використанням каталітичних нейтралізаторів. Процес абсорбційної очистки передбачає проходження димових газів крізь абсорбенти (наприклад, водні розчини солей та органічних розчинників), які їх нейтралізують.

Адсорбція важких металів, діоксинів і фуранів протікає з використанням спеціальних адсорбентів – активованого вугілля або іонообмінних смол [4]. Каталітичні нейтралізатори активують реакції окислення NO_x та CO, що дозволяє зменшити рівень їх концентрації у

димових газах [5]. Адсорбційне очищення димових газів від кислих компонентів H_2S та сіркоорганічних сполук, відбувається за рахунок безпосереднього зв'язування означених речовин твердими вбирачами на основі окислів цинку, заліза та міді.

До переваг адсорбційних процесів очищення можна віднести: тонке очищення газу до 0,1-0,5 мг/м^3, селективність, нескладність роботи і простота конструкції апаратів, до недоліків - можливість використання тільки при низькому вмісті домішок у вхідному димовому газі, складність обробляння газів регенерації, механічне руйнування адсорбенту, зниження його активності в процесі експлуатації, великі втрати тиску в апаратах [].

- *теплове очищення (термокаталітичне)* в реакторах, використовується для окислення органічних забруднювачів, таких як неповні продукти згоряння – сажа, СО тощо. За допомогою високої температури та каталізатора відбувається руйнування токсичних органічних сполук до безпечних продуктів, таких як CO_2 і H_2O.

- *біологічне очищення* – біофільтрація, де мікроорганізми знижують рівень шкідливих речовин, таких як органічні сполуки та деякі гази. Біофільтрація реалізується за рахунок перенесення забруднених речовин з димових газів у воду (поглинання), де вони перетворюються (окислюються) бактеріями на вуглекислий газ, воду та мінеральні солі [6]. У порівнянні з іншими системами очищення димових газів біологічне очищення має низький рівень впливу на навколишнє середовище. До основних переваг біофільтрації відносять: високу ефективність видалення запаху та летких органічних сполук; фільтри практично не потребують обслуговування та характеризуються низькими інвестиційними та експлуатаційними витратами.

- *контроль утворення токсичних сполук* хоча і не є прямим методом очищення димових газів, але досить ефективно використовується задля мінімізації їх кількості. Для цього застосовуються різні технічні рішення: спалювання відходів при високих температурах (наприклад, понад 850 °C) сприяє більш повному згорянню, що зменшує кількість шкідливих сполук, таких як діоксини та фурани; контроль над співвідношенням повітря та палива, що допомагає знизити утворення СО та інших неповних продуктів згоряння.

Поєднання різних методів очищення димових газів є ефективним способом зниження шкідливих викидів у атмосферу, особливо при спалюванні відходів, що може призвести до утворення токсичних сполук, таких як важкі метали, діоксини, фурани, летючі органічні сполуки та інші забруднювачі. Вибір методів очищення залежить від складу димових газів, технології спалювання та вимог до екологічних стандартів. В якості найбільш ефективних схем очищення димових газів можна розглядати ті, що передбачають поєднання фільтрації та абсорбції, електростатичної фільтрації та абсорбції; каталітичного очищення та фільтрації; адсорбції та каталітичного очищення; термічного очищення та фільтрації; механічного та біологічного очищення.

Таким чином, очищення димових газів при спалюванні відходів виробництва та споживання є критично важливим етапом, який дозволяє мінімізувати забруднення навколишнього середовища та забезпечити безпеку здоров'я населення. Для цього застосовуються різні технології, від механічного та хімічного очищення до термокаталітичних та біологічних методів. Важливо забезпечити комплексний підхід, щоб ефективно знизити рівень токсичних викидів та покращити екологічну ситуацію в країні, що у остаточному підсумку буде суттєво сприяти інтеграційним процесам між Україною та країнами Європейського Союзу.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Q. Thabit, N. Abdallah, M. Nelles // Applied Sciences. 2022. 12(10): 5236.

2. E. Gregorovičová, J. Pospíšil // Process Safety and Environmental Protection. 2024. 190: 688-703.

3. Білецький В.С., Олійник Т.А. та ін. // Техніка та технологія збагачення корисних копалин: Підручник. 2019: 220 с.

4. Le Wang, Jia Chen at al. // Journal of Cleaner Production. 2023.385: 135755.
5. R. Subagyo, H. Isworo // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2018. 6/10 (96): 35-41.
6. Xi-Jun Xu, Chun-Li Li at al.// Bioresource Technology Reports. 2022. 18: 101095.

ЦИРКУЛЯРНА ЕКОНОМІКА ТА СИСТЕМА ТРЕЙД-ІН: ПЕРСПЕКТИВИ МІНІМІЗАЦІЇ ЕКОЛОГІЧНОГО СЛІДУ КОМП'ЮТЕРНОЇ ТЕХНІКИ

Калашник Т.В.[1], Пітак І.В.[2]

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»,
м.Харків, Україна,
[1]аспірант, taras.kalashnyk@mit.khpi.edu.ua
[2]к.т.н., доц. inna.pitak@khpi.edu.ua

Сучасний розвиток інформаційних технологій супроводжується стрімким зростанням електронних відходів (e-waste), що становлять серйозну загрозу для довкілля. Комп'ютерна техніка містить токсичні компоненти, включаючи важкі метали (свинець, ртуть, кадмій), які можуть потрапляти у ґрунт і воду, створюючи довготривалий негативний вплив на екосистеми. Водночас короткий життєвий цикл електронних пристроїв сприяє їх накопиченню на звалищах, оскільки лише незначна частина підлягає належній переробці. У зв'язку з цим актуальним рішенням є впровадження механізмів циркулярної економіки, серед яких важливе місце займають програми трейд-ін.

Циркулярна економіка базується на принципах повторного використання ресурсів, зменшення відходів та екологічної відповідальності виробників. У контексті електронних пристроїв одним із ключових механізмів реалізації цих принципів є програма трейд-ін, яка дозволяє споживачам обмінювати застарілу техніку на нову з доплатою. Це сприяє поверненню пристроїв до виробників для переробки або відновлення, що зменшує потребу у виробництві нової продукції та, відповідно, скорочує обсяги електронних відходів [1].

Сучасні дослідження свідчать, що ефективне впровадження програм трейд-ін дозволяє значно зменшити екологічний слід цифрової техніки. Наприклад, компанія пропонує програму Apple Trade In, яка дозволяє клієнтам обмінювати свої старі пристрої на знижки при покупці нових. Apple акцентує увагу на екологічно відповідальній утилізації та переробці пристроїв, прагнучи досягти повного замкнутого циклу виробництва без видобутку нових ресурсів. Програма Dell Reconnect у співпраці з Goodwill Industries приймає будь-яку марку комп'ютерної техніки для переробки або відновлення, забезпечуючи екологічно безпечну утилізацію та зменшуючи обсяги відходів. Компанія HP пропонує програму HP Planet Partners, яка забезпечує повернення та переробку використаних продуктів, включаючи комп'ютери та принтери, з акцентом на відповідальне управління відходами та повторне використання матеріалів. Lenovo Trade-In дозволяє клієнтам обмінювати старі пристрої на кредит для майбутніх покупок, сприяючи відповідальному споживанню та зменшенню електронних відходів. Компанія Microsoft пропонує програму Microsoft Trade-In, яка приймає різні пристрої для переробки або повторного використання, підтримуючи принципи сталого розвитку та циркулярної економіки [2].

У країнах Європейського Союзу поводження з відходами електричного та електронного обладнання (ВЕЕО) регулюється директивами, що передбачають пріоритетність повторного використання та переробки. Наприклад, Директива 2012/19/ЄС [3] вимагає забезпечення окремого збору електронних відходів, а також встановлює цільові показники для їхньої утилізації. У багатьох країнах ЄС діють спеціалізовані центри збору та переробки електронних пристроїв, що стимулює компанії-виробники до відповідального поводження зі своєю продукцією.

У США система утилізації електронних відходів базується як на федеральному, так і на місцевому рівнях. Агентство з охорони навколишнього середовища (EPA) координує програми утилізації, тоді як у багатьох штатах, зокрема в Каліфорнії, діють обов'язкові екологічні збори на продаж електроніки, кошти від яких спрямовуються на фінансування програм переробки [4].

В Україні система поводження з електронними відходами перебуває на етапі становлення. Відсутність ефективного законодавчого регулювання та слабка інфраструктура для переробки значно ускладнюють утилізацію комп'ютерної техніки. На відміну від ЄС та США, більшість електронних відходів в Україні потрапляє на звалища або нелегально експортується до інших країн.

Проте останніми роками відбувається певний прогрес у цій сфері. Зокрема, починають з'являтися компанії, що займаються збором та переробкою електроніки, а також ініціативи зі створення національної системи розширеної відповідальності виробників. Запровадження ефективних механізмів трейд-ін та популяризація циркулярної економіки можуть стати важливим кроком у зменшенні електронних відходів в Україні.

Програми трейд-ін є важливим елементом циркулярної економіки, що сприяють зменшенню екологічного навантаження, пов'язаного з виробництвом та утилізацією комп'ютерної техніки. Практика розвинених країн демонструє, що ефективне регулювання цього питання дозволяє значно скоротити кількість електронних відходів і стимулювати переробку та повторне використання ресурсів. В Україні розвиток цієї сфери потребує вдосконалення законодавчої бази, розширення інфраструктури утилізації та підвищення рівня екологічної свідомості серед населення. Запровадження сучасних програм трейд-ін у поєднанні з європейськими підходами до поводження з електронними відходами може стати важливим кроком у напрямку сталого розвитку цифрової економіки.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. H. Kang, J.M. Schoenung // *Conservation and Recycling*. 2005. 45 (4): 368-400.
2. E.Williams., R. Kahhat., B. Allenby., E. Kavazanjian., J. Kim, M. Xu // *Environmental Science & Technology*. 2008. 42(17): 1-9
3. Директива Європейського Парламенту і Ради 2012/19/ЄС від 4 липня 2012 року про відходи електричного та електронного обладнання (ВЕЕО) (нова редакція). URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/984_030-12#Text
4. Горбаль Н.І., Сліпачик С.В. // *Менеджмент та підприємництво в Україні: етапи становлення та проблеми розвитку.* 2024. 1 (11): 92-104.

ЗБАЛАНСОВАНЕ ВОДОКОРИСТУВАННЯ ЯК ОСНОВА ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ РЕГІОНІВ

Д.О. Сябро[1], А.С. Босюк[2]

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків, Україна,
[1]здобувач першого (бакалаврського) рівня вищої освіти, denys.siabro@mit.khpi.edu.ua
[2]доктор філософії, старший викладач каф. ХТПЕ, Alona.Bosiuk@mit.khpi.edu.ua

Вода є одним з основних природних ресурсів, що забезпечують життєдіяльність екосистем і людства. В сучасних умовах кліматичних змін, зростання антропогенного навантаження та нерівномірного розподілу водних ресурсів питання раціонального та збалансованого водокористування набуває особливої ваги, а збалансоване водокористування водних ресурсів держави є одними з основних чинників її соціально-економічного розвитку,

зокрема задоволення вимог соціальної сфери, забезпечення усіх без винятку галузей економіки та збереження екосистем.

Збалансоване водокористування передбачає раціональне планування, регулювання та контроль за споживанням водних ресурсів з урахуванням екологічних, економічних і соціальних чинників. Основні підходи включають впровадження сучасних технологій водоочищення, повторне використання очищених стоків, зменшення водозабору з природних джерел та впровадження системи моніторингу якості води.

Впровадження екологічно безпечних технологій у водокористуванні на підприємствах машинобудування, аграрному секторі та в системах житлово-комунального господарства здатне значно знизити антропогенне навантаження на водні об'єкти.

Загалом, загальне водокористування – це безкоштовне використання громадянами вод для задоволення своїх потреб, без закріплення водних об'єктів за окремими особами та без надання відповідних дозволів. До даної категорії ми можемо віднести купання, плавання на човнах, любительське і спортивне рибальство, водопій тварин, забір води з водних об'єктів та ін., а спеціальне водокористування здійснюється вже юридичними і фізичними особами, насамперед для задоволення питних потреб населення, а також для господарсько-побутових, лікувальних, оздоровчих, сільськогосподарських, промислових, транспортних, енергетичних, рибогосподарських та інших державних і громадських потреб.

З метою зменшення забруднення водоймищ необхідно постійно здійснювати заходи нормування якості води, очищувати стічні води, впроваджувати замкнуті технології водозабезпечення та вдосконалювати технологічні процеси на виробництві. Для запобігання забруднення води рекомендується для господарських потреб користуватися замінниками миючих засобів і засобів для очищення, а замість мінеральних добрив використовувати органічні добрива та компост.

Таким чином, збалансоване водокористування є невід'ємною складовою екологічної безпеки регіонів, сприяє збереженню водних ресурсів, покращенню стану довкілля та забезпеченню сталого соціально-економічного розвитку.

ПЕРСПЕКТИВИ ТА ВИКЛИКИ СТАЛОГО РОЗВИТКУ ЛЬВІВЩИНИ

О.В. Терлецька

Львівський національний університет ветеринарної медицини
та біотехнологій імені С.З. Ґжицького, Львів, Україна,
доцент кафедри туристичного бізнесу та гостинності, oksanater1989@gmail.com

Сталий розвиток є ключовою парадигмою сучасного регіонального планування, яка об'єднує економічні, екологічні та соціальні виміри. Львівщина, як один із найрозвиненіших регіонів Західної України, має значний потенціал для сталого розвитку, проте стикається і з рядом викликів.

Поняття сталого розвитку передбачає задоволення потреб сучасного покоління без загрози для можливостей майбутніх поколінь. Для регіонів України, зокрема Львівщини, це означає необхідність гармонізації економічного зростання, збереження природних ресурсів та забезпечення соціальної справедливості. Розглянемо основні перспективи й бар'єри реалізації принципів сталого розвитку на території Львівської області.

Перспективи реалізації принципів сталого розвитку базуються на:

- географічному положенні та транскордонному співробітництві, адже Львівська область межує з Польщею, що відкриває можливості для співпраці у сферах екологічних проєктів, сталого транспорту, екотуризму тощо. Участь у програмах ЄС, таких як INTERREG, надає доступ до фінансування й ноу-хау;

- розвитку відновлюваної енергетики, оскільки регіон має потенціал для використання біомаси, сонячної та вітрової енергії. На території Львівщини вже функціонують сонячні електростанції та ведуться проєкти з енергоефективності у громадах;
- сталому туризмі. Львівщина багата на історико-культурні пам'ятки, природні ландшафти й рекреаційні зони (наприклад, Карпати), що створює умови для розвитку екологічно орієнтованого туризму;
- розвитку громад та децентралізації, так як новостворені ОТГ отримали більше повноважень для реалізації локальних ініціатив, що сприяє розвитку соціального підприємництва, освіти та охорони довкілля.

Основними викликами, що перешкоджають повній реалізації принципів сталого розвитку на території Львівщини є:

- екологічні загрози. Проблеми забруднення повітря у Львові, недостатня утилізація відходів, вирубка лісів у гірських районах є серйозною перешкодою для екологічної безпеки регіону;
- неоднаковий розвиток територій. Існує суттєва диспропорція між урбанізованими центрами (Львів, Дрогобич, Стрий) та сільськими районами у доступі до освіти, медицини та якісної інфраструктури;
- інституційна слабкість. Недостатній рівень координації між владою, бізнесом і громадським сектором гальмує впровадження стратегічних ініціатив сталого розвитку;
- міграція та відтік молоді. Високий рівень трудової міграції, особливо серед молоді, знижує людський потенціал для сталого розвитку регіону. Це також стосується і ситуації, що пов'язана з війною росії проти України, в результаті якої велика кількість населення України тимчасово чи на постійно мігрували до інших країн [2].

У 2021 році було затверджено «*Стратегію розвитку Львівської області до 2027 року»*, яка передбачає інтеграцію принципів сталого розвитку в усі ключові напрямки регіональної політики. Документ ґрунтується на підході "смарт-спеціалізації" та враховує цілі сталого розвитку ООН [1].

Реалізація принципів сталого розвитку Львівщини потребує комплексного підходу з урахуванням регіональних особливостей, міжнародного досвіду та активної участі місцевих громад. Підвищення екологічної свідомості, ефективне використання природних ресурсів і посилення інституційної спроможності органів влади мають стати ключовими орієнтирами регіональної політики.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Стратегія розвитку Львівської області (2021-2027рр.). – Режим доступу: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/http://ibh.asd.company/wp-content/uploads/2020/07/stratehija-rozvytku-lvivshchyny-do-2027.pdf

2. А. Садовенко, Л. Масловська, В. Середа, Т. Тимочко // Сталий розвиток суспільства: навчальний посібник. 2 вид. 2011. 392 с., с. 6.

РЕКУЛЬТИВАЦІЯ ТА ВІДНОВЛЕННЯ ЛІСОВИХ МАСИВІВ ЯК МЕХАНІЗМ ЗНИЖЕННЯ ВМІСТУ CO_2 В АТМОСФЕРІ

В.М. Примак

Державний біотехнологічний університет, Харків, Україна
Здобувач 4 курсу спеціальності 101 «Екологія», wertrewere@gmail.com
Науковий керівник – канд. с.-г. н., асистент кафедри екології та біотехнологій в рослинництві Клименко І.В.

Глобальні зміни клімату, спричинені зростанням концентрації парникових газів, насамперед вуглекислого газу (CO_2), стали однією з ключових екологічних проблем сучасності. Згідно з оцінками Міжурядової групи експертів зі змін клімату (IPCC), рівень CO_2 в атмосфері перевищує 420 ppm, що є найвищим показником за останні кілька мільйонів років. Ця тенденція викликає зростання середньорічних температур, порушення гідрологічного циклу, зменшення площі льодовиків і деградацію природних екосистем.

У контексті глобальних зусиль зі скорочення викидів та стабілізації клімату важливу роль відіграють природні механізми фіксації вуглецю, зокрема – лісові екосистеми, здатні акумулювати вуглець у біомасі, ґрунтах і підстилці. Проте інтенсивне вирубування лісів, деградація ґрунтів і зменшення площ природних насаджень значно знижують поглинаючу здатність ландшафтів.

У цьому контексті рекультивація порушених територій та відновлення лісових масивів набувають особливої значущості як ефективний природний механізм скорочення вмісту CO_2 в атмосфері. Сучасні лісовідновлювальні стратегії – це не лише повернення лісу як формації, а й формування стабільних екосистем, які зберігають біорізноманіття, підтримують гідрологічний режим та здійснюють довготривале поглинання вуглецю.

Особливої актуальності тема набуває для країн із високим антропогенним навантаженням на ландшафти, зокрема України, де значна частина території зазнала деградації внаслідок гірничої діяльності, сільськогосподарського освоєння або стихійних лісових пожеж. Застосування науково обґрунтованих підходів до лісотехнічної рекультивації та екосистемної реабілітації може забезпечити не лише поліпшення екологічного стану територій, а й зробити вагомий внесок у виконання кліматичних зобов'язань, передбачених Паризькою угодою.

Ліси функціонують як ключові вуглецеві поглиначі, накопичуючи вуглець у деревній біомасі, підстилці та ґрунті. При цьому в зрілих лісах щорічне поглинання CO_2 може сягати 6–10 тонн з гектара, залежно від типу деревостану, кліматичних умов і ґрунтового середовища. У молодих насадженнях процес фіксації вуглецю особливо інтенсивний у перші 20–30 років росту, що дозволяє оцінити відновлення лісів як потужний інструмент довгострокового зменшення антропогенного вуглецевого навантаження.

Рекультивація, в класичному розумінні, – це процес відновлення порушених територій після видобувної чи іншої діяльності. Але сучасне тлумачення поняття охоплює й екологічне відновлення деградованих земель з урахуванням кліматичних функцій лісів. Наприклад, після зняття родючого шару ґрунту внаслідок кар'єрної розробки, залісення таких ділянок сприяє поверненню вуглецевого балансу, відновленню кругообігу поживних речовин та ґрунтотвірних процесів.

Варто також відзначити, що вибір порід для рекультивації має вирішальне значення. Високу ефективність у секвестрації вуглецю демонструють листяні породи швидкого росту – береза, тополя, клен, а також хвойні – модрина, сосна. Водночас пріоритет мають місцеві види, які краще адаптовані до умов регіону, менш чутливі до шкідників, потребують менше догляду та сприяють збереженню локального біорізноманіття.

В Україні лісистість території становить близько 15,9 %, що є нижчим за середній показник для Європи (близько 33 %). Програмою «Зелена країна» передбачено збільшення

площі лісів шляхом висадження одного мільярда дерев протягом наступних 10 років. Серед прикладів реалізації цієї політики можна назвати відновлення лісових масивів у північних районах Луганської, Донецької та Харківської областей, де значні площі були знищені внаслідок бойових дій, пожеж та індустріального навантаження. Лісові господарства в цих регіонах вже застосовують нові підходи, включаючи агролісомеліорацію, залісення деградованих пасовищ і створення лісосмуг як вітрозахисних бар'єрів.

На міжнародному рівні інструментом стимулювання таких практик є механізми REDD+ (*Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation*), які дозволяють країнам отримувати фінансову компенсацію за заходи зі збереження та відновлення лісів. Участь у таких ініціативах може забезпечити Україні доступ до кліматичного фінансування, зокрема через Зелений кліматичний фонд (GCF), і підтримати реалізацію національно визначеного внеску (NDC) до Паризької угоди.

Крім кліматичних переваг, екологічне відновлення лісів забезпечує додаткові ефекти: зміцнення захисної ролі лісів у протидії ерозії, стабілізація гідрологічного режиму водозбірних басейнів, поліпшення якості повітря, підвищення рекреаційної цінності територій. У сільських громадах такі проєкти стимулюють зайнятість, розвиток зеленої економіки та екологічної освіти.

У 2022–2023 роках значні території лісових масивів у Харківській області були знищені внаслідок масштабних лісових пожеж, частина яких спричинена військовими діями. Згідно з даними ДП «Харківське лісове господарство», лише протягом року в регіоні було пошкоджено понад 2500 га лісу. З метою відновлення екологічного балансу та посилення функції поглинання вуглекислого газу у 2023 році було розпочато проєкт із рекультивації зруйнованих лісових екосистем.

Проєкт включає: підготовку ґрунту та внесення біологічних стимуляторів для покращення умов приживлення саджанців, висадження змішаних насаджень із сосни звичайної, дуба звичайного та берези повислої – порід, здатних швидко фіксувати CO_2, застосування аерофотозйомки з безпілотних апаратів для моніторингу росту лісів та оцінки біомаси. Очікується, що протягом перших 10 років відновлені ліси будуть здатні поглинати до 4–5 тонн CO_2 з 1 гектара щорічно, що забезпечить фіксацію понад 100 000 тонн CO_2 на етапі зрілості (через 40–50 років).

Міжнародний приклад: Програма «*Great Green Wall*» у Сахелі (Африка) – це масштабна ініціатива з лісовідновлення та рекультивації деградованих земель у посушливих регіонах Сахелю, що охоплює понад 20 африканських країн. Метою є створення 8 000 км лісових насаджень, які мають зменшити ерозію, покращити мікроклімат і поглинати CO_2. Станом на 2023 рік у рамках проєкту вже відновлено понад 20 мільйонів гектарів земель, що дозволило секвеструвати близько 300 мільйонів тонн CO_2. Ці приклади свідчать про ефективність лісовідновлення як інструменту боротьби з кліматичними змінами та відновлення екологічної стабільності. Україна має значний потенціал для масштабування подібних практик, особливо у постіндустріальних і постконфліктних регіонах.

Отже, рекультивація та відновлення лісових масивів – це не лише екологічна необхідність, а й стратегічний ресурс у глобальній боротьбі з кліматичними викликами. Інтеграція природоорієнтованих рішень у політику землекористування та адаптації до змін клімату відкриває перед Україною перспективу гармонійного поєднання економічного розвитку, охорони природи та виконання міжнародних зобов’язань у сфері декарбонізації. Таким чином, дослідження потенціалу рекультивації та відновлення лісових масивів як складової стратегії декарбонізації та адаптації до змін клімату є надзвичайно важливим і перспективним напрямом сучасної екологічної науки.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. В.М. Хрик, В.С. Хахула, Т.П. Лозінська, С.М. Левандовська, І.В. Кімейчук, В.М. Бойко // Науково-теоретичні основи рекультивації техногенно порушених ландшафтів. Навчальний посібник. 2021. 160 с.

2. В.М. Хрик, В.Г. Мазепа, І.В. Кімейчук, С.М. Левандовська, О.С. Ситник // Сталий розвиток лісового господарства: навчально-методичний посібник для другого (магістерського) рівня вищої освіти спеціальності 205 «Лісове господарство». 2024. 217 с.

ОЦІНКА ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ ПОПУЛЯЦІЙ КУНИЦІ КАМ'ЯНОЇ ТА ЛИСИЦІ ЗВИЧАЙНОЇ У ПЕРЕДМІСТІ АРНЕМА (НІДЕРЛАНДИ): РЕЗУЛЬТАТИ ПОЛЬОВОГО МОНІТОРИНГУ

Е.Є. Захаренко

Державний біотехнологічний університет, Харків, Україна
Здобувачка 4 курсу спеціальності 101 Екологія, elvirazakharenko63@gmail.com
Науковий керівник – канд. с.-г. н., доцент кафедри екології та біотехнологій в рослинництві Бузіна І.М.

Актуальність вивчення динаміки популяцій диких тварин у передміських зонах є беззаперечною в контексті зростання антропогенного тиску, фрагментації ареалів та зміни кліматичних умов. Особливої уваги заслуговують види, здатні адаптуватися до змінених ландшафтів, зокрема куниця кам'яна (Martes foina) і лисиця звичайна (Vulpes vulpes), що демонструють високий рівень толерантності до урбанізованого середовища. Вивчення їхніх популяцій у передмісті Арнема (провінція Гелдерланд, Нідерланди) дає змогу оцінити, наскільки успішною є їх адаптація, які екологічні ніші вони займають та як змінюється структура популяцій під впливом факторів довкілля.

Моніторингове дослідження, проведене впродовж весняно-літнього сезону 2024 року, передбачало використання фотопасток, візуальних маршрутних обліків та аналіз слідів життєдіяльності. Збір даних відбувався на територіях зі змінним рівнем урбанізації: від околиць лісових масивів до паркових зон з елементами рекреаційної інфраструктури. Було виявлено стабільну присутність обох видів у досліджуваному регіоні з переважанням Martes foina у більш ізольованих ділянках з густою рослинністю, тоді як Vulpes vulpes проявляє адаптивну поведінку, активно використовуючи середовище з частим перебуванням людини.

Популяція куниці демонструвала відносну стабільність за кількісними показниками, але з тенденцією до зменшення чисельності в районах активної рекреаційної діяльності. Це можна пояснити як фрагментацією середовищ існування, так і підвищеним шумовим тиском. Лисиця звичайна, навпаки, виявляє підвищену активність у таких зонах, що підтверджує її здатність використовувати залишки їжі поблизу сміттєзбірників та побутових споруд як додаткове джерело харчування.

Аналіз даних свідчить про необхідність диференційованого підходу до охорони популяцій ссавців у межах урбанізованих територій. Для Martes foina слід передбачати збереження лісових екокоридорів та зниження рекреаційного навантаження на ключові біотопи. У випадку Vulpes vulpes доцільно розробити локальні регламенти щодо управління популяціями, зокрема у районах підвищеного контакту з людиною, що мінімізуватиме ризики конфліктних ситуацій.

Отримані результати можуть бути використані як база для подальших екологічних досліджень, а також для адаптації планів управління зеленими зонами у передмістях європейських міст. Важливою складовою таких стратегій має стати баланс між охороною

дикої фауни та забезпеченням комфортного простору для населення, що вимагає інтеграції наукових підходів до просторового планування.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ:

1. Sutherland W.J. // *Ecological Census Techniques: A Handbook*. Cambridge University Press. 2006.
2. Bateman P.W., Fleming P.A. // *Journal of Zoology*. 2012. 287(1): 1–23.
3. De Groot R.S. et al. // *Urban Nature and Biodiversity in the Netherlands: Challenges and Opportunities*. Wageningen University. 2020.
4. Dutch Mammal Society. Monitoring Reports (2021–2023). URL: https://www.zoogdiervereniging.nl
5. McKinney M.L. // *Biological Conservation*. 2006. 127(3): 247–260.

АНАЛІЗ ВИКОРИСТАННЯ ПРИРОДООХОРОННИХ ТЕХНОЛОГІЙ У ЗАПОВІДНИКАХ

Є.Д. Кузічева

Державний біотехнологічний університет, Харків, Україна
Здобувачка 4 курсу спеціальності 101 Екологія, Elisavetakuziceva@gmail.com
Науковий керівник – PhD з екології, доцент кафедри екології та біотехнологій в рослинництві Чуприна Ю.Ю.

Заповідники, як ключові елементи національної та міжнародної природоохоронної системи, відіграють вирішальну роль у збереженні біорізноманіття, підтриманні екологічної рівноваги та забезпеченні сталого розвитку [1, с. 15]. Однак ефективне виконання цих функцій в умовах зростаючого антропогенного тиску та кліматичних змін вимагає впровадження сучасних природоохоронних технологій.

Природоохоронні технології у контексті заповідників охоплюють широкий спектр інноваційних методів, інструментів та систем, спрямованих на підвищення ефективності управління охоронюваними територіями, моніторингу стану екосистем та біорізноманіття, запобігання та мінімізації негативного антропогенного впливу, а також відновлення порушених природних комплексів [2, с. 17-19].

Необхідність використання природоохоронних технологій у заповідниках зумовлена низкою факторів:

- Зростаючий антропогенний тиск: Незаконна діяльність (браконьєрство, незаконна вирубка лісу, неконтрольований туризм), забруднення навколишнього середовища та фрагментація природних середовищ створюють значні загрози для екосистем заповідників.
- Кліматичні зміни: Глобальне потепління призводить до змін у погодних умовах, ареалах поширення видів, феологічних фазах та функціонуванні екосистем, що вимагає адаптивних стратегій управління заповідниками.
- Обмеженість ресурсів: Ефективне управління заповідниками часто стикається з нестачею фінансових, кадрових та матеріально-технічних ресурсів, що робить впровадження технологій, які підвищують ефективність використання наявних ресурсів, особливо актуальним.
- Потреба в оперативному та якісному моніторингу: Для прийняття обґрунтованих управлінських рішень необхідна своєчасна та точна інформація про стан біорізноманіття та екосистем, яку можуть забезпечити сучасні технології моніторингу.

Впровадження природоохоронних технологій дозволяє заповідникам більш ефективно виконувати свої ключові функції, забезпечуючи довгострокове збереження цінних природних комплексів та біорізноманіття.

У сучасній практиці управління заповідниками використовується широкий спектр природоохоронних технологій, які можна класифікувати за їхнім призначенням та принципом дії:

Технології моніторингу біорізноманіття та екосистем:

- Дистанційне зондування (ДЗЗ): Використання супутникових знімків, аерофотозйомки та безпілотних літальних апаратів (БПЛА) для картографування рослинного покриву, виявлення змін у землекористуванні, оцінки стану лісів та водно-болотних угідь, моніторингу пожеж та інших природних і антропогенних порушень.
- Автоматизовані системи фото- та відеофіксації: Встановлення камер-пасток для моніторингу популяцій тварин, виявлення браконьєрства та контролю за відвідуваністю територій [3, с. 12].
- Акустичний моніторинг: Запис звуків довкілля для виявлення присутності та оцінки активності тварин, а також для моніторингу шумового забруднення.
- Генетичні методи: Використання ДНК-аналізу для ідентифікації видів, оцінки генетичного різноманіття популяцій, виявлення незаконного вилучення біологічних ресурсів.
- Системи глобального позиціонування (GPS) та геоінформаційні системи (ГІС): Використання GPS-трекерів для відстеження переміщень тварин, моніторингу патрулювання, картографування екосистем та управління просторовими даними.

Технології боротьби з браконьєрством та незаконною діяльністю:

- Системи відеоспостереження: Встановлення мережі камер для контролю за в'їздами/виїздами та ключовими ділянками заповідників.
- Датчики руху та вторгнення: Використання сенсорів для виявлення несанкціонованого проникнення на територію.
- БПЛА для патрулювання: Застосування безпілотників для оперативного виявлення порушень та моніторингу великих територій.
- Мобільні додатки та платформи для звітності: Забезпечення інспекторів інструментами для швидкої фіксації порушень та передачі інформації.

Технології відновлення екосистем:

- Геоінформаційні системи для планування відновлювальних робіт: Визначення пріоритетних ділянок для відновлення, планування заходів з реінтродукції видів та відновлення природної рослинності [5, с. 42].
- Технології вирощування та розмноження рідкісних видів рослин і тварин: Застосування методів *in situ* та *ex situ* збереження, включаючи створення генетичних банків та розплідників.
- Біотехнологічні методи: Використання мікроорганізмів та інших біологічних агентів для ремедіації забруднених територій.

Технології управління відвідуваністю та екоосвіти:

- Інтерактивні інформаційні системи та віртуальні екскурсії: Забезпечення відвідувачів інформацією про природу заповідника та правилами поведінки.
- Системи онлайн-бронювання та контролю доступу: Регулювання потоку відвідувачів та мінімізація негативного впливу на екосистеми.
- Мобільні додатки з інтерактивними картами та освітнім контентом: Підвищення екологічної свідомості відвідувачів.

Використання природоохоронних технологій є ключовим фактором підвищення ефективності управління заповідниками в умовах сучасних екологічних викликів. Впровадження інноваційних методів моніторингу, боротьби з незаконною діяльністю, відновлення екосистем та управління відвідуваністю дозволяє заповідникам більш якісно виконувати свої природоохоронні функції. Аналіз існуючого стану використання технологій у заповідниках виявляє як успішні приклади, так і існуючі проблеми, що потребують

вирішення для подальшого розвитку та інтеграції сучасних технологічних рішень у практику управління охоронюваними територіями [4, с. 18]. Подальші дослідження та інвестиції в цю сферу є необхідними для забезпечення довгострокового збереження цінних природних комплексів.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Hannah L., Midgley G. F., Lovejoy T. E., Bond W. J., Bush M., Lovett J. C. ... & Jaarsveld A. S. // *Conservation Biology*. 2002. 16(1): 264-268.
2. Husak M., Andras P. // *Drones*. 2018. 2(3): 27.
3. Jones G., Parsons S., Rice S. H., Sorensen-Frood N., Walsh A., Warren, R. // *Issues in Environmental Science and Technology*. 2006. 22: 129-164.
4. Long J. A., Nelson T. A. // *Journal of Wildlife Management*. 2013. 77(1): 1-16.
5. Phillips A. // *The George Wright Forum*. 2003. 20(2): 32-43.

СТІЙКІСТЬ РОСЛИН ДО СПОЛУК Ni(II) В АСПЕКТІ ФІТОРЕМЕДІАЦІЇ ТЕРИТОРІЙ, ЗАБРУДНЕНИХ ВНАСЛІДОК ВОЄННИХ ДІЙ В УКРАЇНІ

Т.А. Богданович[1], Н.А. Матвєєва[2]

Інститут клітинної біології та генетичної інженерії НАН України, Київ, Україна,
[1]м.н.с., bogdanovych_tais@ukr.net
[2]зав. лабораторії, joyna@ukr.net

Забруднення ґрунтів є одною з важливих проблем, які постають у 21 столітті через значні викиди промислових підприємств, збільшення кількості автотранспорту, розширеного використання засобів захисту рослин. Ці проблеми особливо загострилися після початку широкомасштабної агресії росії проти України та поширенням воєнних дій на значні території, у тому числі рілля та значні території, що постраждали внаслідок підриву Каховської ГЕС. Зокрема, відповідно до даних, опублікованих співробітниками ДУ «Інститут охорони ґрунтів України» (м. Київ), вміст важких металів, зокрема, таких металів як свинець, кадмій, нікель та ін., у пробах ґрунтів у багатьох випадках перевищує ГДК.

Метою роботи було визначення потенційної можливості використання рослин різних видів для зменшення концентрації сполук нікелю у забруднених ґрунтах. Для цього поверхню насіння рослин буркуну білого, конюшини білої та рижію стерилізували. Далі насіння пророщували в умовах *in vitro* (для уникнення можливого впливу мікроорганізмів) на середовищі Мурасіге та Скуга (Duchefa, Netherland), яке містило $Ni(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$ у концентраціях 10 та 20 мг/л за Ni(II). У якості контролю використовували насіння, яке пророщували на тому самому середовищі без сполуки нікелю. Визначали відсоток насіння, яке проросло, масу пагонів та коренів. Аналіз вмісту Ni(II) проводили за стандартною реакцією з диметилгліоксимом.

Насіння буркуну білого, конюшини білої та рижію мало різну схожість у контрольних умовах – 50 %, 50 % та 90 % відповідно. Встановлено, що буркун білий та конюшина біла були дуже чутливі до наявності токсичної сполуки у середовищі. Така чутливість проявлялась у пригніченні проростання насіння, оскільки формувались лише корені довжиною до 10 мм, пагони були відсутні. Насіння рижію було значно стійкішим до дії токсичної сполуки. Так, через три тижні вирощування відсоток пророслих насінин становив 90 % як у варіанті з меншою концентрацією металу – 10 мг/л за Ni(II), так і при вмісті Ni(II) у концентрації 20 мг/л. Усі насінини, які проросли, формували як корені, так і пагони. Середня маса пагона та коріння рослин рижію у контрольному варіанті становила відповідно 67,80 ± 10,73 мг та 2,43 ± 1,51 мг. У двох експериментальних варіантах з наявністю у середовищі $Ni(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$ маса пагонів та

коренів була меншою. Зокрема, середня масса пагона становила відповідно 47,00 ± 7,12 мг та 28,60 ± 3,78 мг при наявності у середовищі 10 мг/л та 20 мг/л Ni(II), а середня маса коріння за тих самих умов – 1,6 ± 0,89 мг та 1,4 ± 0,55 мг. Як видно з наведених даних, токсична сполука частково пригнічувала ріст рослин, однак не приводила до загибелі.

Встановлено зменшення концентрації Ni(II) у середовищі, в якому проростало насіння рижію – до 1,66 мг/л та 3,87 мг/л у двох дослідних варіантах. Таким чином, рослини не тільки виживали за наявності токсичної сполуки у середовищі, але й сприяли зменшенню вмісту токсиканта у середовищі. Механізми такого впливу можуть бути різними (наприклад, синтез рослинами сполук з відновлювальною активністю та їх екскретування у середовище, транспорт токсичного катіона в клітини рослин з наступним їх накопиченням в клітинах) та потребують окремого дослідження.

Робота виконана в рамках гранту НАН України № 0125U000980.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. О.М. Грищенко та ін. // Агроекологічний журнал. 2024. 1: 53-65.
2. Ю.О. Зайцев та ін. // Агроекологічний журнал. 2022. 3: 136-149.

АТМОСФЕРНЕ ЗАБРУДНЕННЯ: ХІМІЧНІ ПРИЧИНИ ТА НАСЛІДКИ

В.Д. Слюсаренко[1], Н.І. Гладка[2], В.О. Приходченко[3]

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна
[1]здобувач вищої освіти ОП «Ветеринарна медицина», valeriasliusarenko777@gmail.com
[2]доцент gladkaya_75@ukr.net
[3]доцент vita.prihodchenko@ukr.net

Забруднення атмосферного повітря за ступенем хімічної небезпеки для людини посідає перше місце. Воно негативно впливає на здоров'я та безпеку життєдіяльності людини, завдає шкоди екосистемам, рослинності, фауні, а також якісним характеристикам води й ґрунту. Атмосферне забруднення є багатофакторною екологічною проблемою, що має локальні й глобальні наслідки. Воно спричинене як антропогенними джерелами, такими як промисловість, транспорт та сільське господарство, так і природними явищами: вулканічною активністю, лісовими пожежами, пиловими бурями. Якість повітря визначає не лише стан здоров'я людей, а й загальну життєдіяльність планети.

Забруднювачі атмосфери поділяються на первинні та вторинні. Первинні — це ті речовини, які безпосередньо надходять у повітря: тверді частки PM2.5 і PM10, озон на рівні землі, діоксиди азоту і сірки, чадний газ. Тверді частки небезпечні тим, що можуть проникати у кров через легені. Озон біля поверхні землі токсичний, хоча у стратосфері він захищає нас від ультрафіолету. Діоксиди азоту й сірки подразнюють дихальні шляхи, а чадний газ, будучи без запаху і кольору, порушує транспорт кисню в організмі. Вторинні забруднювачі утворюються внаслідок хімічних реакцій первинних речовин, наприклад, фотохімічні реакції за участі сонячного світла призводять до утворення приземного озону, а взаємодія оксидів сірки і азоту з водою формує кислотні дощі.

В атмосфері постійно відбуваються складні хімічні процеси. Під дією ультрафіолетового випромінювання діоксид азоту розпадається з утворенням атомарного кисню, який взаємодіє з молекулярним киснем, формуючи озон. Оксиди сірки й азоту, в присутності водяної пари, перетворюються на сірчану і азотну кислоти. Ці процеси сприяють поширенню забруднення на великі відстані, виходячи за межі локальних джерел.

Одним з основних джерел міського забруднення є транспорт. Розвиток автомобільного транспорту призвів до зростання забруднення атмосфери важкими металами і токсичними вуглеводнями. Атмосферу забруднюють практично всі види сучасного транспорту, кількість якого у світі постійно збільшується.

Токсичність відпрацьованих газів бензинових двигунів обумовлюється головним чином вмістом оксиду вуглецю та діоксиду азоту, а дизельних двигунів – діоксидом азоту та сажі. Одним із шляхів зменшення негативного впливу транспорту на здоров'я людини і навколишнього середовища є переведення транспортних двигунів на газ. Газ краще за бензин змішується з повітрям, тому він повніше згоряє в двигунах, при цьому менше шкідливих речовин виділяється в атмосферне повітря. Або ж найбільш екологічними методами вирішення цієї проблеми є розвиток електротранспорту, громадського транспорту, велосипедної інфраструктури та створення пішохідних зон.

Промисловість також значно впливає на якість повітря. Металургія продукує пил та важкі метали, хімічна промисловість викидає леткі органічні сполуки, а енергетика — великі об'єми CO_2, NO_x і SO_2. Сучасні технології дають змогу зменшити обсяги викидів завдяки фільтрам, електрофільтрам, каталітичним нейтралізаторам. Але ключовим кроком залишається перехід на відновлювані джерела енергії.

Серед джерел атмосферного забруднення особливе місце займають тисячі хімічних сполук, серед яких виділяються важкі метали, оксиди, токсичні речовини та аерозолі. Різні галузі промисловості можуть продукувати забруднювачі однакового складу. Так, вуглеводні надходять у повітря як внаслідок спалювання палива, так і під час видобутку та переробки нафти і газу. Важливими джерелами забруднення є також сільське господарство та побутове опалення. Викиди аміаку з ферм та застосування азотних добрив сприяють утворенню вторинних аерозолів у повітрі, що погіршує його якість. У приватних домогосподарствах спалювання вугілля, дров та побутових відходів, особливо в холодний період року, значно підвищує концентрацію шкідливих речовин у повітрі. До природних джерел забруднення належать пилові бурі, лісові пожежі та виверження вулканів, причому їхній вплив стає ще серйознішим на тлі глобальних змін клімату. Масове застосування мінеральних добрив і засобів захисту рослин призвело до надходження отрутохімікатів в атмосферу, забруднення ґрунтів і природних вод біогенними елементами, а також накопичення шкідливих речовин у сільськогосподарській продукції (нітрати, пестициди тощо). Крім того, гірничодобувна промисловість сприяє підвищенню забруднення за рахунок виведення на поверхню мільйонів тонн фітотоксичних порід, що формують терикони і відвали, які пилять та часто горять.

Атмосферне забруднення має серйозні наслідки для здоров'я людини. Воно викликає респіраторні хвороби, такі як астма, хронічний бронхіт, сприяє розвитку серцево-судинних захворювань, включно з інфарктами та інсультами. Тривале вдихання дрібних часток та канцерогенних речовин може призвести до розвитку раку легенів. Крім того, забруднене повітря негативно впливає на нервову систему, знижуючи когнітивні функції, особливо у дітей та людей похилого віку.

Вплив забруднення на екосистеми також дуже масштабний. Кислотні дощі змінюють хімічний склад ґрунтів і водойм, що призводить до загибелі флори та фауни. Озон на рівні землі гальмує фотосинтез і знижує врожайність сільськогосподарських культур. Шкідливі речовини накопичуються в харчових ланцюгах, що в підсумку вражає всю екосистему і може повернутися до людини через їжу.

Шляхи подолання проблеми атмосферного забруднення охоплюють кілька важливих напрямків. Серед них — посилення екологічного законодавства, запровадження суворих стандартів викидів та ефективний моніторинг їх дотримання. Важливу роль відіграють економічні механізми: податки на забруднення, фінансові стимули для підприємств, що знижують викиди, та субсидії для впровадження екологічних технологій. Необхідно активно розвивати енергетику на основі відновлюваних джерел — сонця, вітру, біомаси. У транспортному секторі пріоритет має бути надано електромобілям, розвитку громадського транспорту та велосипедних маршрутів.

Промислові підприємства повинні оновлювати виробничі потужності: встановлювати фільтри, скрубери, електрофільтри, запроваджувати системи рециркуляції викидів. Побутові споживачі — використовувати енергозберігаючі прилади, утеплювати свої домівки, відмовлятися від спалювання сміття та старих систем череневого або пічного опалення.

Окрему увагу слід приділити інформуванню населення та екологічній освіті. Люди повинні знати, як їхня повсякденна діяльність впливає на навколишнє середовище і якими простими діями вони можуть допомогти зберегти чистоту повітря.

Важливою є й міжнародна співпраця: виконання норм Паризької кліматичної угоди, зобов'язань у рамках Кіотського протоколу, обмін досвідом і технологіями з іншими державами дозволять координувати зусилля на глобальному рівні.

Забруднення атмосферного повітря — це виклик, який стоїть перед усім людством. Лише спільними зусиллями, за участі усіх гілок влади, підприємств, установ різних форм власності, громадських організацій і громадськості можна зменшити забруднення атмосферного повітря і зберегти чисте повітря для майбутніх поколінь.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Черниченко І.О. та ін. // Довкілля та здоров’я. 2023. 1: 135–42. https://doi.org/10.32402/dovkil2023.01.0357 .

2. Air Pollution: Causes, Consequences, Control Measures & More. NEXT IAS Team. 2024. URL: https://www.nextias.com/blog/air-pollution/

3. Tonfack Djoufack & Ngoufack Zambou, F. // Academia Biology. 2025. 3(2). https://doi.org/10.20935/AcadBiol7670

БЕЗПІЛОТНІ ЛІТАЛЬНІ АПАРАТИ ЯК ІННОВАЦІЙНИЙ ІНСТРУМЕНТ ЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ НАЗЕМНИХ ЕКОСИСТЕМ

Т.В. Кісь

Державний біотехнологічний університет, Харків, Україна
Здобувач 4 курсу спеціальності 101 «Екологія», loganpro1488@gmail.com
Науковий керівник – канд. с.-г. н., доцент, завідувач кафедри екології та біотехнологій в рослинництві Головань Л.В.

У сучасних умовах стрімкого розвитку урбанізації, сільського господарства, транспортної та промислової інфраструктури, екологічний моніторинг наземних екосистем набуває особливого значення. Традиційні методи збору інформації (польові обстеження, супутникові знімки, стаціонарні пункти спостереження) хоч і залишаються важливими, проте мають низку обмежень, зокрема у доступності, частоті оновлення даних, деталізації зображень, а також у часових та матеріальних витратах.

У цьому контексті безпілотні літальні апарати (дрони) постають як інноваційний інструмент, здатний істотно підвищити ефективність екологічного моніторингу. БПЛА забезпечують оперативний, високоточний і візуально насичений збір інформації з важкодоступних територій, включаючи заболочені місцевості, круті схили, зони з мінною небезпекою або регіони, де ведуться бойові дії. Завдяки сучасним технологіям дистанційного зондування земної поверхні, дрони можуть бути оснащені мультиспектральними, гіперспектральними та тепловізійними камерами, що дозволяє аналізувати фізіологічний стан рослин, визначати ступінь деградації ґрунтів, виявляти зміни у видового складі біоценозів, а також ідентифікувати локальні осередки забруднення.

Дослідження, проведені в європейських країнах, зокрема у Німеччині, Швеції та Польщі, демонструють ефективність використання БПЛА у картуванні лісових масивів,

спостереженні за динамікою інвазійних видів рослин, моніторингу біотопів птахів і ссавців, контролі за змінами ландшафту внаслідок кліматичних змін або господарської діяльності. В Україні БПЛА вже активно застосовуються в межах природоохоронних територій (наприклад, НПП «Голосіївський», «Синевир», «Тузлівські лимани»), де вони слугують як інструмент спостереження за порушеннями природоохоронного режиму та незаконною вирубкою лісу.

Порівняльний аналіз даних, отриманих за допомогою дронів, показує вищу просторову роздільну здатність (до 2–5 см/піксель), що недоступно при використанні більшості супутникових платформ. Це, у свою чергу, дозволяє не лише виявляти порушення на ранніх етапах, а й моделювати екосистемні процеси в динаміці, прогнозувати наслідки антропогенних впливів, виявляти деградаційні процеси в лісах, степах і луках.

Окремо слід зазначити перспективність поєднання БПЛА з геоінформаційними системами (ГІС), що дозволяє інтегрувати польові дані з багаторічними спостереженнями та створювати актуальні карти екологічного стану територій, вести бази даних видового складу, оцінювати екологічну цінність певних ділянок.

Серед основних переваг БПЛА як інструменту екологічного моніторингу слід виокремити: мобільність і швидкість збору даних, можливість обстеження великих територій без фізичної присутності людини, висока точність геопросторових зображень, можливість багаторазового спостереження з однакових позицій та зменшення людського фактору при обробці даних.

Водночас впровадження безпілотних технологій потребує подолання ряду викликів: нормативного регулювання польотів, підготовки кваліфікованих операторів, технічного забезпечення та адаптації алгоритмів обробки даних для екологічних задач. Необхідно також враховувати етичні та природоохоронні обмеження, зокрема мінімізацію впливу БПЛА на дикі види птахів у період гніздування.

Так, у 2022 році на території Національного природного парку «Слобожанський» (Харківська область, Україна) внаслідок бойових дій виникла масштабна лісова пожежа, яка охопила понад 150 га лісових екосистем. У зв’язку з небезпекою для життя фахівців та частковим мінуванням території, проведення традиційного польового обстеження стало неможливим. Для оперативного оцінювання екологічних наслідків було залучено фахівців-екологів спільно з операторами БПЛА, які здійснили серію обльотів території за допомогою дронів, оснащених RGB-камерою з високою роздільною здатністю (4K), а також мультиспектральною камерою для визначення вегетаційного індексу NDVI (Normalized Difference Vegetation Index). Результати обстеження дозволили картувати межі зони ураження з точністю до 1 м², оцінити ступінь пошкодження рослинного покриву на основі змін вегетаційних індексів, виявити ділянки, де збереглися живі дерева та відбувається природне відновлення, встановити місця з високим ризиком ерозії ґрунтів та створити актуальні ортофотоплани та 3D-модель ландшафту.

Отримані дані було інтегровано в ГІС-систему парку та використано для розробки програми екореабілітації території, яка включала заходи з біотехнічного відновлення лісу, моніторингу інвазійних видів, що могли з’явитися після пожежі, та планування майбутніх охоронних заходів. Застосування БПЛА в цій ситуації стало критично важливим не лише з точки зору безпеки, але й для забезпечення високої точності та об’єктивності оцінки стану екосистем на значній площі.

У містах з високим рівнем урбанізації, таких як Київ, Харків або Львів, БПЛА використовуються для моніторингу змін зелених зон, виявлення самовільної забудови, стану прибережних зон і атмосферного забруднення. Наприклад, у 2021 році в Києві екологи застосували дрони для виявлення незаконного знищення частини парку «Совки». За допомогою аерофотозйомки вдалося задокументувати вирубку дерев та проведення будівельних робіт без належної дозвільної документації. Зібрані матеріали стали підставою для судового розгляду та накладення штрафу. БПЛА також дозволяють оперативно оцінювати стан зелених насаджень у місті (площу, щільність, зменшення крони) з використанням індексу

NDVI, що має важливе значення для планування озеленення, управління міським мікрокліматом і покращення якості життя населення.

Одним із найбільш успішних напрямів використання БПЛА є боротьба з незаконними вирубками лісу. Так, у Карпатському регіоні щороку фіксуються десятки випадків незаконного вирубування дерев у важкодоступних районах. Завдяки застосуванню дронів, обладнаних GPS-навігацією та високоточною камерою, фахівці Державного агентства лісових ресурсів України отримали змогу оперативно виявляти місця вирубки, оцінювати площі порушення та передавати дані в правоохоронні органи. Застосування мультиспектральної зйомки дозволяє також виявити стресові ділянки в лісових масивах, що виникають унаслідок незаконних вирубок або шкідників.

На півдні України, де спостерігається активізація ерозійних процесів через зміну клімату та інтенсивне сільське господарство, БПЛА використовуються для моніторингу ерозійної деградації ґрунтів. У 2023 році в Одеській області було проведено дослідження із застосуванням дронів, які зафіксували розвиток ярів, зсувів і втрат орного шару на зрошуваних землях. За результатами було створено цифрову модель рельєфу, на основі якої розроблено заходи з гідротехнічної стабілізації ділянок та планування контурно-меліоративних систем. Також дрони активно використовуються на узбережжях Чорного моря для моніторингу абразійних процесів, визначення лінії берега та прогнозування ризиків руйнування прибережної інфраструктури.

У цілому, БПЛА мають великий потенціал для посилення наукового, оперативного та стратегічного компонентів екологічного моніторингу. Їх активне впровадження у сферу охорони довкілля відповідає засадам цифрової трансформації, а також концепції сталого розвитку, що передбачає ефективне використання ресурсів і збереження біорізноманіття.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Н.А. Праховнік, О.В. Землянська, Р. П. Шутенко // Енергозбереження та промислова безпека: виклики та перспективи: науково-технічний збірник: матеріали II Міжнародної науково-практичної конференції (4–5 червня 2019 року, м. Київ). 2019. 108–115.

2. І.В. Пітак, А.А. Негадайлов, Ю.Г. Масікевич та ін. // Геоінформаційні технології в екології. 2012. 273 с.

ЛАНДШАФТНО-ЕКОЛОГІЧНИЙ МОНІТОРИНГ ТЕРИТОРІЙ З ІНТЕНСИВНИМ НАФТОВИДОБУТКОМ: МЕТОДОЛОГІЧНИЙ ПІДХІД І GIS-ТЕХНОЛОГІЇ

Н.В. Вінтоняк

Державний біотехнологічний університет, Харків, Україна
Аспірант за спеціальністю 101 «Екологія» nazar22374@gmail.com
Науковий керівник – канд. с.-г. н., доцент, завідувач кафедри екології та біотехнологій в рослинництві Головань Л.В.

Інтенсивний розвиток нафтовидобувної промисловості, особливо у регіонах з високою природною чутливістю, таких як Івано-Франківська область, зумовлює значний антропогенний тиск на компоненти ландшафту. Порушення структури ґрунтів, забруднення поверхневих і підземних вод, трансформація рослинного покриву та зміна гідрологічного режиму є лише частиною екологічних наслідків видобутку вуглеводнів. У таких умовах особливої актуальності набуває потреба у розробленні та впровадженні ефективної системи ландшафтно-екологічного моніторингу, що дозволить своєчасно виявляти негативні зміни, оцінювати рівень деградації природних систем і прогнозувати подальші трансформації.

Сучасна наукова парадигма передбачає застосування геоінформаційних систем (GIS) як інструменту комплексного аналізу просторових змін у ландшафтах, що зазнають впливу промислової діяльності. GIS-технології забезпечують інтеграцію різнотипних даних – топографічних, геологічних, екологічних, супутникових – для виявлення просторових закономірностей, динаміки змін і зони найбільшого екологічного ризику.

З урахуванням географічної специфіки Карпатського регіону, де поєднуються гірські ландшафти з активною господарською діяльністю, важливо розробляти методології моніторингу, які адаптовані до локальних умов і базуються на міжнародному досвіді екологічного управління. У цьому контексті GIS-підхід є не лише дієвим інструментом аналізу, а й основою для прийняття управлінських рішень у сфері охорони довкілля, рекультивації земель і просторового планування.

Ландшафтно-екологічний моніторинг територій, що зазнають впливу нафтовидобутку, потребує міждисциплінарного підходу, який поєднує екологічні, географічні, геохімічні та геоінформаційні методи. Основна мета такого моніторингу – виявлення змін у структурі та функціонуванні ландшафтів, які виникають під впливом техногенного навантаження, зокрема через буріння свердловин, будівництво нафтопроводів, експлуатацію інфраструктури, а також аварійні витоки нафти.

Одним з найбільш ефективних інструментів для забезпечення просторової візуалізації та аналізу даних є геоінформаційні системи (GIS). Вони дають змогу здійснювати: інтеграцію даних з польових досліджень (рівень забруднення ґрунтів, води, біотичних компонентів), аналіз просторової динаміки трансформацій ландшафтів за допомогою супутникових знімків, картографування зон ризику (ерозійних процесів, втрати біорізноманіття, нафтового забруднення) та моделювання сценаріїв подальшої деградації або можливостей рекультивації.

На території Надвірнянського та Долинського районів Івано-Франківської області функціонують понад 50 нафтових свердловин, які знаходяться в безпосередній близькості до лісових та сільськогосподарських угідь. За допомогою супутникових знімків Sentinel-2 та Landsat 8, оброблених у програмному середовищі QGIS, було здійснено аналіз змін NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) протягом 2015–2023 рр. у межах буферних зон навколо свердловин. Результати показали зниження NDVI в межах радіусу до 300 м від свердловин, що свідчить про деградацію рослинного покриву. Додаткові польові дослідження підтвердили підвищений вміст вуглеводнів у ґрунті, а також зміну видової структури трав’яного покриву, з переважанням толерантних до забруднення видів.

GIS-аналіз також дозволив виявити взаємозв’язок між щільністю нафтової інфраструктури та зростанням ерозійних процесів на схилах Карпат. Ці дані стали основою для формування пропозицій з локального озеленення, технічної рекультивації порушених територій і впровадження буферних смуг навколо свердловин.

Інтенсивний розвиток нафтовидобувної промисловості в межах природних та агроландшафтів спричиняє значну трансформацію довкілля, що виявляється у деградації ґрунтів, зменшенні біорізноманіття, забрудненні поверхневих і підземних вод, а також порушенні структури ландшафтів. У таких умовах особливого значення набуває системний підхід до моніторингу, який дозволяє своєчасно виявляти зміни та оцінювати рівень антропогенного навантаження.

Застосування геоінформаційних технологій у ландшафтно-екологічному моніторингу забезпечує високу точність просторового аналізу, дозволяє інтегрувати багаторівневі дані та здійснювати прогнозування подальших екосистемних змін. Практичні результати, отримані на прикладі нафтовидобувних регіонів Івано-Франківської області, доводять ефективність використання супутникового моніторингу в поєднанні з польовими дослідженнями та GIS-аналізом для формування науково обґрунтованих управлінських рішень.

Отже, ландшафтно-екологічний моніторинг із залученням інноваційних цифрових технологій має стати ключовим елементом стратегії сталого управління природними ресурсами в районах техногенного навантаження. Подальший розвиток методів просторової аналітики, розширення баз екологічних даних і міжнародна співпраця у цій сфері відкривають

нові перспективи для зменшення негативних наслідків промислової діяльності та забезпечення екологічної безпеки.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Екологічна безпека: проблеми і шляхи вирішення: зб. наук. Статей XVIII Міжнародної науково-практичної конференції (м. Харків, 15-16 вересня 2022 р.) / УКРНДІЕП., 2022. 364 с.
2. Т. В. Ананьєва // Моніторинг довкілля. Практикум: навч. видання. 2021. 172 с.

РОЛЬ ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ У СКОРОЧЕННІ ВИКИДІВ ПАРНИКОВИХ ГАЗІВ: СВІТОВИЙ ТА НАЦІОНАЛЬНИЙ ДОСВІД

П.С. Ритова

Державний біотехнологічний університет, Харків, Україна
Здобувач 4 курсу спеціальності 101 «Екологія», putiskaputiska@gmail.com
Науковий керівник – канд.с.-г. н., доцент кафедри екології та біотехнологій в рослинництві Головань Л.В.

Однією з найгостріших екологічних проблем сучасності є глобальне потепління, спричинене надмірними викидами парникових газів (ПГ), серед яких ключову роль відіграє вуглекислий газ (CO_2). Основним джерелом антропогенних викидів є традиційні джерела енергії – викопне паливо, зокрема вугілля, нафта та природний газ. У зв'язку з цим необхідність переходу до більш екологічно чистих форм енергетики стає визначальним чинником глобальної кліматичної політики. Одним із найбільш перспективних напрямів скорочення викидів ПГ є впровадження та масштабування відновлюваних джерел енергії (ВДЕ), таких як сонячна, вітрова, гідро- та біоенергетика.

На міжнародному рівні важливість відновлюваної енергетики підкреслюється в таких угодах, як Паризька кліматична угода (2015), де країни зобов'язалися вживати заходів щодо зменшення викидів та адаптації до змін клімату. Водночас у національних політиках багатьох країн ВДЕ відіграють ключову роль у стратегіях сталого розвитку та енергетичної безпеки. Наприклад, країни Європейського Союзу активно впроваджують «Зелений курс» (*Green Deal*), спрямований на досягнення кліматичної нейтральності до 2050 року.

У багатьох країнах світу розвиток ВДЕ є пріоритетним напрямом державної енергетичної політики. Європейський Союз, зокрема, задекларував мету досягти нульового рівня викидів до 2050 року в рамках Європейського зеленого курсу. Німеччина, Іспанія, Данія активно реалізують програми підтримки сонячної та вітрової енергетики, що вже дозволило суттєво зменшити частку викопного палива в енергетичному балансі. У Китаї, який є одним із лідерів за рівнем загальних викидів CO_2, інвестиції у ВДЕ за останнє десятиліття зросли в кілька разів. У 2022 році встановлені потужності сонячної генерації перевищили 390 ГВт, а вітрової – понад 350 ГВт. Такі масштаби сприяють зниженню вуглецевої інтенсивності економіки та наближенню до кліматичних цілей Паризької угоди. Сполучені Штати Америки реалізують стратегії декарбонізації через запровадження "чистого" портфеля енергетичних джерел. ВДЕ у США підтримуються як на федеральному, так і на рівні штатів. Наприклад, Каліфорнія планує до 2045 року перейти на повністю безвуглецеву енергосистему.

В Україні, яка також є стороною Паризької угоди, розвиток відновлюваної енергетики розглядається як пріоритетний напрям модернізації енергетичного сектору, зменшення залежності від імпортного палива та скорочення викидів ПГ. Проте процес впровадження ВДЕ супроводжується низкою викликів: технічними, економічними, законодавчими та соціальними. У Національно визначеному внеску (НВВ-2) задекларовано мету – скоротити

викиди ПГ на 65% до 2030 року у порівнянні з рівнем 1990 року. Значна частка цього скорочення має бути досягнута за рахунок впровадження ВДЕ.

До повномасштабного вторгнення Росії у 2022 році в Україні активно розвивалися проєкти сонячної та вітрової генерації, особливо у південних і центральних регіонах. У 2020 році загальна потужність відновлюваної генерації становила понад 8,5 ГВт, що забезпечувало близько 10% загального виробництва електроенергії. Незважаючи на виклики війни, Україна декларує наміри відновити та наростити зелену енергетику в рамках післявоєнної реконструкції. У 2024 році Україна продемонструвала суттєвий прогрес у розвитку відновлюваних джерел енергії (ВДЕ), що сприяло зменшенню викидів парникових газів та зміцненню енергетичної безпеки. Незважаючи на виклики, пов'язані з воєнним станом, країна активно впроваджує проєкти у сфері сонячної, вітрової та гідроенергетики. Вітрова енергетика в Україні досягла значних успіхів. Зокрема, 18 грудня вітер забезпечив 68,3% електроенергії в країні, що стало рекордним показником. Загалом, за рік вітрова генерація виробила майже 30% електроенергії, вперше перевищивши частку газової генерації, яка скоротилася до 26,3%

У 2024 році Україна активно розвивала децентралізовані сонячні електростанції. Зокрема, на початку року в експлуатації перебувало 182 малі гідроелектростанції загальною потужністю 122 МВт, які виробляли близько 280 млн кВт·год електроенергії на рік. Це сприяло зменшенню викидів CO_2 та підвищенню енергетичної незалежності громад. Станом на середину 2024 року в Україні функціонували 182 малі гідроелектростанції загальною потужністю 122 МВт, які забезпечували середньорічне виробництво електроенергії близько 280 млн кВт·год. Ці станції відіграють важливу роль у забезпеченні стабільного енергопостачання, особливо в регіонах з обмеженим доступом до інших джерел енергії.

Україна продовжила реалізацію Національного плану з відновлюваної енергетики до 2030 року, який передбачає розвиток ВДЕ у виробництві електричної енергії, системах теплопостачання та транспортному секторі. Загальний обсяг фінансування становить 12,6 млрд доларів США, з яких значна частина спрямована на розвиток генерувальних потужностей з ВДЕ.

Отже, досягнення 2024 року свідчать про значний потенціал України у сфері відновлюваної енергетики. Рекордні показники вітрової генерації, розвиток децентралізованих сонячних систем та стабільна робота малих гідроелектростанцій демонструють ефективність ВДЕ у зменшенні викидів парникових газів та забезпеченні енергетичної безпеки країни. Подальший розвиток цієї сфери є ключовим для досягнення кліматичних цілей та сталого розвитку України.

Використання відновлюваних джерел енергії є ефективним інструментом у боротьбі зі змінами клімату, що підтверджується як світовим, так і національним досвідом. Швидкий розвиток технологій, зростання економічної доцільності та підтримка на політичному рівні створюють умови для переходу до сталої енергетичної системи з мінімальним рівнем викидів. В умовах глобальних викликів, зокрема зростання енергетичної невизначеності та екологічної деградації, роль ВДЕ лише зростатиме. Україна має всі передумови для активної участі в цьому процесі, що є важливим кроком до досягнення кліматичної стійкості та енергетичної незалежності.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. М.П. Кузнєцов, О.А. Мельник // Комплексне використання відновлюваних джерел енергії: Курс лекцій. 2022. 304 с.

2. С. О. Кудря (ред.) // Відновлювані джерела енергії: видання друге, доповнене. 2024. 492 с.

ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ У МІСЬКІЙ ІНФРАСТРУКТУРІ: ВИКЛИКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ СТАЛОГО РОЗВИТКУ

С.С. Клімова

Державний біотехнологічний університет, Харків, Україна
Здобувач 4 курсу спеціальності 101 «Екологія» заочного відділення, yourrmango@gmail.com
Науковий керівник – канд. с.-г. н., доцент, завідувач кафедри екології та біотехнологій в рослинництві Клименко І.В.

В умовах глобальних кліматичних змін, стрімкого зростання енергоспоживання та урбанізації питання підвищення енергоефективності міської інфраструктури набуває особливої актуальності. Більшість міст, особливо в країнах із перехідною економікою, стикаються з численними проблемами, пов'язаними з надмірним споживанням енергоресурсів, зношеністю інженерних мереж, високим рівнем втрат тепла та електроенергії, що не лише призводить до економічних втрат, а й сприяє зростанню викидів парникових газів.

Міська інфраструктура – це складна система, що включає будівлі, транспорт, мережі теплопостачання, водопостачання, освітлення та інші елементи, функціонування яких суттєво залежить від ефективного використання енергії. Впровадження енергоефективних технологій у цій сфері є необхідною умовою досягнення цілей сталого розвитку, підвищення рівня комфорту життя населення, зниження витрат на енергоресурси та зменшення антропогенного навантаження на навколишнє природне середовище.

На сучасному етапі розвитку важливу роль відіграють інноваційні технології: «розумні» системи управління енергією, LED-освітлення, утеплення будівель за допомогою енергоефективних матеріалів, альтернативні джерела енергії (сонячні батареї, теплові насоси), електротранспорт тощо. Проте процес впровадження таких рішень супроводжується низкою викликів – від техніко-економічних обмежень до недостатньої законодавчої підтримки та браку інституційної спроможності на місцях.

Енергоефективність у міському контексті охоплює модернізацію житлового фонду, впровадження розумних систем освітлення, ефективне управління тепловими та електричними мережами, розвиток екологічно безпечного транспорту, оптимізацію водопостачання і водовідведення. Рішення в цих сферах дозволяють не лише зменшити витрати енергії, а й суттєво покращити якість життя населення, сприяючи екологічній стабільності та соціально-економічному розвитку.

Серед сучасних технологій, що активно впроваджуються в європейських та українських містах, слід виокремити: інтелектуальні системи керування освітленням на основі LED-ламп і датчиків руху, автоматизовані системи контролю споживання енергоресурсів (*smart metering*), модернізацію систем теплопостачання із впровадженням індивідуальних теплових пунктів, енергомодернізацію будівель із застосуванням теплоізоляційних матеріалів, розбудову зарядної інфраструктури для електротранспорту, використання відновлюваних джерел енергії (ВДЕ), зокрема сонячних панелей на дахах будівель.

Проте широке впровадження таких технологій стикається з низкою бар'єрів. Серед ключових викликів варто зазначити недостатню законодавчу та фінансову підтримку на місцевому рівні, відсутність належної координації між органами влади та бізнесом, брак інституційної спроможності та кваліфікованих кадрів, високий рівень зношеності наявної інфраструктури, що ускладнює її модернізацію та низьку поінформованість населення щодо переваг енергоощадних рішень.

Водночас практика показує, що за наявності політичної волі, ефективного місцевого управління та залучення міжнародної технічної допомоги міста можуть успішно реалізовувати проєкти енергоефективної трансформації. Так, приклади Вінниці, Львова, Івано-Франківська демонструють можливості впровадження розумного освітлення, модернізації котелень,

впровадження індивідуального обліку тепла та підвищення енергоефективності житлового фонду за рахунок енергетичних сертифікатів та співфінансування з мешканцями.

Перспективи впровадження енергоефективних рішень пов'язані також з розвитком цифрових технологій, зокрема концепції «розумного міста» (*smart city*), яка передбачає інтеграцію інформаційних технологій у керування всіма сферами міського життя. В умовах децентралізації в Україні міста отримують більше повноважень для самостійної реалізації енергоефективних ініціатив, що відкриває нові можливості для сталого розвитку.

Прикладом впровадження енергоефективних технологій у міській інфраструктурі Гельсінкі (Фінляндія) – одного з провідних міст у сфері сталого розвитку та кліматичної нейтральності. Гельсінкі реалізує амбітну програму «Carbon Neutral Helsinki 2030», яка передбачає зменшення викидів парникових газів на 80 % у порівнянні з 1990 роком та досягнення вуглецевої нейтральності до 2030 року. Центральне місце у цій стратегії займає модернізація міської інфраструктури на основі енергоефективних технологій.

У місті діє одна з найефективніших у світі систем централізованого теплопостачання з використанням надлишкового тепла з промислових підприємств, центрів обробки даних та каналізаційних систем. Від 2024 року місто повністю припинило використання вугілля в теплогенерації (через закриття останньої ТЕЦ Hanasaari). Замість цього використовується геотермальна енергія, теплові насоси великої потужності та біомаса з FSC-сертифікованих джерел. У центрі міста обмежено використання приватного автотранспорту, створено мережу «вулиць без автомобілів», велосипедна інфраструктура інтегрована в систему громадського транспорту (єдиний квиток для велосипеда, автобуса, метро). Електрифікація автобусного парку: понад 50 % міських автобусів – електричні або гібридні. Розвиток трамвайних ліній нового покоління, включаючи проект Raide-Jokeri – швидкісний трамвай між східними та західними районами.

Місто реалізує програму розумного управління енергоспоживанням у муніципальних установах, включно з автоматичним контролем опалення, вентиляції, освітлення. Встановлено сенсорні системи для збору даних про температуру, вологість і присутність людей, що дозволяє точно регулювати споживання енергії. У новобудовах використовуються пасивні будівельні технології, включаючи теплоізоляцію з мінімальними тепловтратами, рекуперацію тепла, тришарові вікна тощо. Широко впроваджуються сонячні панелі на дахах муніципальних будівель та приватних домогосподарств. Гельсінкі є частиною міжнародного проєкту STARDUST, який спрямований на використання ВДЕ у системах освітлення, опалення та охолодження. Станом на 2024 рік місто скоротило викиди CO_2 на понад 65 % у порівнянні з 1990 роком. Споживання енергії в муніципальному секторі зменшено на 35–40 %. Гельсінкі посідає провідні місця в європейських рейтингах «зелених міст» і слугує моделлю для адаптації подібних рішень в інших країнах.

Впровадження енергоефективних технологій у міську інфраструктуру є не лише вимогою часу, а й стратегічною потребою для забезпечення сталого розвитку міст. Подолання існуючих бар'єрів потребує комплексного підходу, що поєднує технічні, фінансові, освітні та адміністративні інструменти. Активна участь громад, розвиток партнерств та інтеграція інновацій – запорука успішної енергетичної трансформації міського середовища.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. А. С. Мандрика та ін. // Енергоефективні технології: навчальний посібник. 2021. 330 с.

2. Сталий розвиток міст та регіонів України в умовах євроінтеграції: збірник тез за матеріалами Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції (м. Ірпінь, 27 листопада 2024 р.). Ірпінь: Державний податковий університет, 2024. 233 с.

АНТРОПОГЕННЕ НАВАНТАЖЕННЯ НА ТЕРИТОРІЇ ПРИРОДНО-ЗАПОВІДНОГО ФОНДУ: МЕТОДИ ОЦІНКИ І УПРАВЛІННЯ РИЗИКАМИ

О.М. Петрук

Державний біотехнологічний університет, Харків, Україна
Аспірант за спеціальністю 101 «Екологія» petruck@gmail.com
Науковий керівник – канд. с.-г. н., доцент, завідувач кафедри екології та біотехнологій в рослинництві Головань Л.В.

У сучасних умовах глобалізації, кліматичних змін і зростання інтенсивності господарської діяльності особливого значення набуває збереження природно-заповідного фонду (ПЗФ) як ключового елементу екологічної стабільності та біорізноманіття. Території ПЗФ відіграють важливу роль у підтримці екосистемних функцій, регуляції гідрологічного режиму, збереженні ґрунтів, видового різноманіття та у наданні культурних і рекреаційних послуг. Проте упродовж останніх десятиліть ці території дедалі більше зазнають тиску з боку антропогенних факторів, серед яких домінують урбанізація, промисловий і сільськогосподарський розвиток, несанкціоноване використання природних ресурсів, інфраструктурне будівництво, рекреаційне навантаження, а також військові дії.

Антропогенне навантаження на ПЗФ призводить до деградації природних середовищ, фрагментації ареалів рідкісних і зникаючих видів, зниження екосистемної резильєнтності та порушення природних процесів сукцесії. В умовах зростання екологічних ризиків виникає нагальна потреба в удосконаленні методології оцінки антропогенного впливу, яка б поєднувала кількісні та якісні індикатори екологічного стану, просторовий аналіз, сучасні інструменти дистанційного зондування Землі (ДЗЗ), геоінформаційні системи (ГІС), а також комплексну оцінку ризиків для функціонування екосистем.

Важливою складовою управління природоохоронними територіями є впровадження ефективних стратегій управління ризиками, які базуються на принципах превентивності, адаптивності, інтегрованого планування та залучення зацікавлених сторін. Застосування таких стратегій дозволяє зменшити негативні наслідки антропогенного тиску, забезпечити збереження природної цілісності територій ПЗФ та сприяти їх сталому розвитку.

Методи оцінки антропогенного навантаження умовно поділяються на індексні, просторово-аналітичні та інтегральні підходи. Найпоширенішим є використання індексу антропогенного навантаження (ІАН), що враховує щільність населення, рівень інфраструктурної забудови, інтенсивність землекористування та забруднення довкілля. У поєднанні з ГІС-аналізом та дистанційним зондуванням Землі (ДЗЗ) ці індикатори дозволяють здійснити зонування територій за ступенем навантаження та ризику.

Застосування геоінформаційних систем відіграє ключову роль у моніторингу змін ландшафтів, структури землекористування та фіксації порушень режиму охорони. Наприклад, супутникові знімки Sentinel-2 дозволяють у режимі реального часу відстежувати зміни рослинного покриву, а дані з дронів використовуються для високоточної картографії порушених ділянок. Це дає змогу вчасно виявляти незаконні вирубки лісу, забудову або деградацію ландшафту на заповідних територіях.

Одним із прикладів успішного застосування оцінки антропогенного навантаження є дослідження, проведене на території Національного природного парку «Голосіївський» у місті Києві. У результаті багаторічного моніторингу було виявлено, що найбільше навантаження спостерігається поблизу урбанізованих меж – через рекреаційний тиск, самовільне будівництво та накопичення побутових відходів. Використовуючи індекс ІАН у поєднанні з ГІС-аналізом, дослідники змогли розробити диференційовану схему зонування території з поділом на ділянки з високим, середнім та низьким рівнем ризику, що стало основою для корекції природоохоронного режиму та формування програми екологічної реабілітації.

Крім того, в управлінні ризиками все більшого значення набувають адаптивні підходи, які передбачають гнучке планування з урахуванням змін клімату, соціально-економічної ситуації та інтеграції місцевих громад до процесу охорони. Ефективним інструментом є також створення буферних зон навколо об'єктів ПЗФ, які слугують бар'єром між інтенсивним антропогенним середовищем та цінними природними екосистемами.

Світова практика демонструє значну різноманітність підходів до збереження природно-заповідних територій в умовах інтенсифікації людської діяльності. У провідних країнах акцент робиться не лише на охороні територій, а й на активному управлінні ризиками, впровадженні інноваційних технологій та широкій участі громадськості.

Німеччина є прикладом країни з високорозвиненою системою охорони природи, де впроваджена національна стратегія «Biodiversity Strategy 2030». У межах цієї програми функціонують розгалужені системи моніторингу NATURA 2000, що охоплюють понад 17% території країни. У Німеччині застосовуються біоіндикаторні методи, супутникове картування та інтегровані геоінформаційні системи, які дозволяють не лише ідентифікувати впливи (наприклад, рекреаційне навантаження чи фрагментацію біотопів), але й моделювати сценарії їх зниження.

У США функціонує Національна система моніторингу екосистем (*National Ecological Observatory Network* – NEON), яка забезпечує довгостроковий моніторинг природоохоронних територій із застосуванням сенсорних платформ, безпілотних літальних апаратів та аналізу великих даних (Big Data). NEON здійснює систематичне відстеження стану біорізноманіття, змін у ландшафтах та впливів урбанізації, що є основою для екологічної політики на федеральному рівні.

У Канаді, де функціонує одна з найбільших у світі систем природоохоронних територій, запроваджено модель «*adaptive management*», яка передбачає постійне коригування заходів охорони на основі зворотного зв'язку від моніторингу. У національних парках Канади впроваджені модулі оцінки антропогенного ризику, які охоплюють як фізичні навантаження (від забудови, туризму), так і психологічні – пов'язані з конфліктами землекористування. Важливо, що у процес залучаються місцеві громади, корінні народи та екологічні організації.

У країнах Північної Європи (зокрема, Швеція та Фінляндія) ефективно працює принцип екосистемного планування, що поєднує екологічні, економічні та соціальні чинники у прийнятті рішень щодо природоохоронного менеджменту. Відзначається застосування сценарного аналізу з використанням даних про кліматичні зміни, землекористування та демографію. Наприклад, у Швеції активно застосовується метод «зеленої інфраструктури», що забезпечує екологічну зв'язність між фрагментованими ПЗФ через створення екокоридорів.

У Австралії, де значна частина територій піддається екстремальним кліматичним змінам, до системи охорони ПЗФ інтегруються програми з управління природними катастрофами, особливо пожежами. Активно застосовуються методи моделювання ризиків на основі штучного інтелекту, що дозволяють прогнозувати можливі наслідки втручання людини у чутливі екосистеми. Особлива увага приділяється взаємодії з корінним населенням, що має традиційні знання управління природними ресурсами.

Усі ці приклади свідчать про необхідність інтегрованого підходу до оцінки та управління антропогенним навантаженням, що поєднує технології, нормативно-правове забезпечення, участь зацікавлених сторін та елемент адаптації до нових умов. Важливу роль у цьому процесі відіграє міжнародне співробітництво в межах програм UNESCO MAB, IUCN, CBD тощо, які встановлюють глобальні стандарти охорони природи.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ:

1. А.М. Третяк, О.С. Будзяк, В.М. Третяк та ін. // Екологія землекористування: навч. посіб. 2017. 178 с.

2. О.Г. Васенко, О.В. Рибалова, С.Р. Артем'єв, Н.С. Горбань, Г.В. Коробкова, В.О. Полозенцєва, О.В. Козловська, А.О. Мацак, А.А. Савічєв // Інтегральні та комплексні оцінки стану навколишнього природного середовища: монографія. 2015. 419 с.

АНАЛІЗ ВПЛИВУ ЗЕЛЕНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ НА ЗМЕНШЕННЯ МІСЬКОГО ТЕПЛОВОГО ОСТРОВА

А.М. Затолокіна

Державний біотехнологічний університет, Харків, Україна
Здобувач 4 курсу за спеціальністю 101 «Екологія», Zatolokinaalina5@gmail.com
Науковий керівник – PhD з екології, доцент кафедри екології та біотехнологій в рослинництві Чуприна Ю.Ю.

Міський тепловий острів (МТО) являє собою явище підвищення температури повітря в міських районах порівняно з навколишніми сільськими територіями [1, с. 9]. Цей температурний градієнт є результатом комплексної взаємодії природних та антропогенних факторів, характерних для урбанізованих ландшафтів

Основні фактори, що сприяють формуванню МТО, включають: заміна природного покриву штучними матеріалами: Асфальт, бетон, цегла та інші будівельні матеріали мають високу теплоємність та низьке альбедо (відбивну здатність), що призводить до інтенсивного поглинання сонячної радіації та її перетворення на тепло [4, с. 17]; зменшення випаровування: Забудова та відсутність значних площ рослинності призводять до зниження рівня евапотранспірації, яка є природним механізмом охолодження повітря; антропогенне тепловиділення: Промисловість, транспорт, опалення та кондиціонування повітря генерують значну кількість тепла, яке надходить в атмосферу міста Геометричні характеристики міської забудови: Високі будівлі та вузькі вулиці зменшують циркуляцію повітря та сприяють багаторазовому відбиттю сонячної радіації, що призводить до накопичення тепла; забруднення атмосфери: Міські забруднювачі можуть поглинати та перерозподіляти сонячну радіацію, а також впливати на радіаційний баланс міста.

Феномен МТО має значні негативні наслідки для міського середовища та населення, включаючи підвищене енергоспоживання на кондиціонування повітря, погіршення якості повітря, збільшення теплового стресу для людей та екосистем, а також вплив на гідрологічний режим.

Зелена інфраструктура (ЗІ) визначається як мережа природних та напівприродних зон, екологічних коридорів та елементів, розташованих у міському та приміському середовищі, які забезпечують екологічні, соціальні та економічні вигоди [4, с. 41]. До ключових елементів ЗІ належать парки, сквери, вуличні насадження, зелені дахи, вертикальне озеленення, водно-болотні угіддя, міські ліси та сільськогосподарські угіддя в межах міста.

ЗІ відіграє важливу роль у пом'якшенні ефекту МТО завдяки ряду механізмів:

- Збільшення евапотранспірації: Рослинність вивільняє вологу в атмосферу через транспірацію, а вода з ґрунту та поверхонь випаровується, що призводить до охолодження повітря за рахунок витрати енергії на фазовий перехід води. Дослідження показують, що інтенсивність охолодження може сягати кількох градусів Цельсія залежно від типу та щільності рослинного покриву [2, с. 7-8].
- Затінення: Крони дерев та вертикальне озеленення створюють тінь на поверхнях будівель, тротуарів та інших штучних матеріалів, зменшуючи їхнє нагрівання сонячною радіацією.
- Збільшення альбедо: Рослинний покрив, особливо світлолистяні породи, має вище альбедо порівняно з темними штучними поверхнями, що призводить до відбиття більшої кількості сонячної радіації назад в атмосферу.

- Покращення циркуляції повітря: Зелені коридори та великі зелені насадження можуть сприяти кращій вентиляції міського середовища, розсіюючи накопичене тепло.
- Зменшення антропогенного тепловиділення (опосередковано): Завдяки зниженню потреби в кондиціонуванні повітря, ЗІ може опосередковано зменшувати викиди тепла від енергоспоживання.

Ефективність різних елементів ЗІ у зменшенні МТО залежить від багатьох факторів, включаючи кліматичні умови, тип та щільність рослинності, розмір та розташування зелених насаджень, а також характеристики міської забудови.

Аналіз існуючих досліджень впливу різних елементів зеленої інфраструктури на МТО. Ряд наукових досліджень підтверджує значний потенціал зеленої інфраструктури у пом'якшенні ефекту міського теплового острова.

- Парки та сквери: Великі міські парки можуть створювати значні "холодні острови", знижуючи температуру повітря на кілька градусів Цельсія в порівнянні з навколишньою забудовою. Розмір парку, його форма та склад рослинності є важливими факторами, що визначають його охолоджуючий ефект.
- Вуличні насадження: Ряди дерев вздовж вулиць забезпечують затінення тротуарів та будівель, а також сприяють евапотранспірації, що призводить до локального зниження температури повітря. Вибір порід дерев з густою кроною та високим рівнем транспірації є ключовим для максимізації охолоджуючого ефекту.
- Зелені дахи: Встановлення рослинного покриву на дахах будівель зменшує нагрівання дахової поверхні, знижує температуру всередині будівлі та навколишнього повітря. Зелені дахи також сприяють зменшенню стоку дощових вод та покращенню якості повітря.
- Вертикальне озеленення: Облаштування зелених стін та фасадів будівель забезпечує затінення, зменшує нагрівання стін та сприяє евапотранспірації, що призводить до локального охолодження.
- Водно-болотні угіддя та водойми: Наявність відкритих водних поверхонь у міському середовищі сприяє охолодженню повітря за рахунок випаровування. Кількісні оцінки впливу ЗІ на МТО варіюються в залежності від конкретних характеристик міського середовища та елементів ЗІ. Однак більшість досліджень підтверджують значний потенціал ЗІ як ефективного інструменту для пом'якшення негативних наслідків міського теплового острова [3; с. 81].

Аналіз наукової літератури свідчить про значну роль зеленої інфраструктури у зменшенні інтенсивності міського теплового острова. Різні елементи ЗІ, такі як парки, вуличні насадження, зелені дахи та вертикальне озеленення, завдяки механізмам евапотранспірації, затінення та збільшення альбедо, сприяють охолодженню міського повітря та поверхонь. Ефективність ЗІ залежить від багатьох факторів і потребує комплексного підходу до її планування та впровадження в міському середовищі.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Akbari H., Pomerantz M., Taha H. // *Solar Energy*. 2001. 70(3): 295-310.

2. Александрова О. А. // *Екологічні науки*. 2015. (1): 56-61.

3. Arnfield A. J. // *International Journal of Climatology*. 2003. 23(1): 1-26.

4. Berghage R., Beattie D. // *HortScience*. 2006. 41(6): 1350-1356.

5. Bowler D. E., Buyung-Ali L. M., Knight T. M., Pullin A. S. // *Landscape and Urban Planning*. 2010. 97(3): 147-155.

6 European Commission. *Building a Green Infrastructure for Europe*. Brussels: European Commission. 2013.

ЗАБРУДНЕННЯ ВОДИ ФАРМАЦЕВТИЧНИМИ РЕЧОВИНАМИ: ЕКОЛОГІЧНІ ТА СОЦІАЛЬНІ НАСЛІДКИ ДЛЯ УРБАНІЗОВАНИХ ТЕРИТОРІЙ

В.В. Гринченко

Державний біотехнологічний університет, Харків, Україна
Здобувач 4 курсу за спеціальністю 101 «Екологія», Vikagrn30@gmail.com
Науковий керівник – канд. с.-г. н., асистент кафедри екології та біотехнологій в рослинництві Клименко І.В.

Забруднення водних ресурсів фармацевтичними речовинами є однією з актуальних екологічних проблем, що набуває все більшої ваги у сучасному світі. Водні екосистеми, які постійно стикаються з новими антропогенними навантаженнями, зазнають впливу не лише важких металів, пестицидів і промислових відходів, а й фармацевтичних засобів, що потрапляють до водойм через стічні води, сільськогосподарські практики та побутове використання лікарських препаратів. Хоча на перший погляд ці речовини можуть здаватися малозначущими для екологічної ситуації, їхнє потрапляння у водні ресурси може мати серйозні наслідки як для навколишнього середовища, так і для здоров'я людини.

Основними джерелами забруднення води фармацевтичними речовинами є скиди стічних вод з лікувальних установ, побутові скиди препаратів, а також сільське господарство, яке активно використовує ветеринарні препарати. Множинні дослідження показують, що в стічних водах міст присутні різноманітні фармацевтичні речовини, такі як антибіотики, анальгетики, антидепресанти та гормональні препарати. Зокрема, велика частина цих забруднювачів не видаляється повністю при використанні традиційних методів очищення води, що ускладнює боротьбу з ними. Проблема погіршується тим, що фармацевтичні препарати можуть бути надзвичайно стійкими до біологічного розкладу, що дозволяє їм накопичуватися у водних системах.

Особливу загрозу становлять фармацевтичні препарати, що не піддаються повному розкладу при звичайних методах очищення води. Це призводить до постійного накопичення їхніх слідів у водному середовищі, що створює ризики для біологічних організмів, що населяють водні екосистеми, а також для споживачів питної води. Оскільки більшість міст, зокрема урбанізовані території, залежить від централізованих систем водопостачання та водовідведення, потрапляння фармацевтичних забруднень у ці системи може мати серйозні наслідки для якості води, що постачається до домогосподарств.

Екологічні наслідки забруднення води фармацевтичними речовинами включають порушення функціонування водних екосистем, зміни у популяціях водних організмів, зокрема гідробіонтів, а також негативний вплив на біорізноманіття. Вода, що містить фармацевтичні забруднювачі, може викликати мутації у водних організмів, а також сприяти розвитку резистентності у патогенних мікроорганізмів, що, у свою чергу, погіршує екологічну ситуацію.

Фармацевтичні речовини мають здатність впливати на різні рівні екосистем, зокрема на водні організми, що є частиною ланцюга харчування. Потрапляючи у водойми, вони можуть викликати мутації у водних рослинах і тваринах, змінюючи їх фізіологічні та біохімічні процеси. Особливо негативним є вплив на мікроорганізми, які є важливими для підтримання біорізноманіття та стабільності екосистем. За наявності фармацевтичних препаратів у воді може порушуватися природне середовище для водних організмів, зокрема риб, молюсків та водних комах. Примітно, що антибіотики, присутні у воді, можуть сприяти розвитку стійкості до ліків у патогенних мікроорганізмів, що не лише ускладнює лікування інфекцій, але й загрожує виникненням нових, більш стійких штамів.

Зміни у популяціях водних організмів можуть призвести до зниження біорізноманіття, а також порушення харчових ланцюгів, що у свою чергу може відображатися на стабільності екосистем і зниженні їх продуктивності. Це, в свою чергу, впливає на здатність екосистем

поглинати вуглекислий газ та регулювати кліматичні умови, що важливо для боротьби з глобальним потеплінням.

Соціальні наслідки цих забруднень є не менш важливими. Вода є основним ресурсом для життя людини, і її якість безпосередньо впливає на здоров'я населення. Потрапляння фармацевтичних забруднень у питну воду може призводити до хронічних захворювань, зміни в репродуктивному здоров'ї людей, а також підвищувати ризик розвитку нових інфекційних захворювань через резистентність до антибіотиків.

Негативні екологічні наслідки фармацевтичних забруднень води мають безпосередній соціальний вимір, оскільки вода є основним ресурсом для життя людини. Урбанізовані території, де розміщені численні промислові та медичні заклади, часто стикаються з проблемою забезпечення високої якості води. Якщо фармацевтичні речовини потрапляють у централізовані системи водопостачання, це може призвести до забруднення питної води, що в свою чергу несе серйозні загрози для здоров'я населення.

Фармацевтичні препарати, такі як гормони, антибіотики та антидепресанти, можуть потрапляти в організм людини через питну воду, спричиняючи гормональні порушення, розвиток резистентності до ліків, порушення в роботі нервової системи і репродуктивної функції. Дослідження вказують, що вміст навіть незначних доз фармацевтичних речовин у воді може мати серйозні наслідки, особливо для вразливих груп населення, таких як діти, літні люди та люди з ослабленим здоров'ям. Окрім того, вища ймовірність розвитку нових інфекційних захворювань, викликаних стійкими до антибіотиків мікроорганізмами, додає ще одну складну соціальну проблему.

Підвищення витрат на очищення води та ліквідацію наслідків фармацевтичних забруднень також несе економічні наслідки для міст і держави в цілому. Витрати на модернізацію очистних споруд та розробку нових технологій очищення води є важливою складовою загального підвищення ефективності систем водопостачання. Відсутність належного моніторингу і ефективних методів очищення води може призвести до значних соціальних і економічних втрат.

Для розв’язання цієї проблеми необхідно здійснити комплексний підхід, що включає удосконалення методів очищення води, запровадження інноваційних технологій, а також посилення контролю за використанням фармацевтичних препаратів. Сучасні методи, такі як використання вуглецевих фільтрів, зворотний осмос та інші технології, можуть суттєво знизити рівень фармацевтичних забруднень у воді, проте ці методи потребують постійного вдосконалення і модернізації для більшої ефективності. Важливим аспектом є також освіта населення та підвищення обізнаності щодо проблеми забруднення води фармацевтичними речовинами.

Крім того, на рівні урядів та міжнародних організацій повинні бути розроблені більш жорсткі нормативні акти і стандарти щодо викидів фармацевтичних відходів у навколишнє середовище. Введення системи регулярного моніторингу за вмістом фармацевтичних речовин у воді може стати важливим кроком до вирішення цієї проблеми.

Таким чином, забруднення води фармацевтичними речовинами є серйозною екологічною і соціальною проблемою для урбанізованих територій. Це забруднення має широкий спектр негативних наслідків для водних екосистем, здоров'я людини та соціальної стабільності. Для ефективного вирішення цієї проблеми необхідно впроваджувати новітні технології очищення води, а також здійснювати заходи з регулювання використання фармацевтичних препаратів та запобігання їхньому потраплянню у водні ресурси.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Водна стратегія України на період до 2025 року (наукові основи) К.: Національна академія аграрних наук України, Інститут водних проблем і меліорації. 2015. 46 с. http://iwpim.com.ua/wp-content/uploads/2015/10/11_03_2015.pdf

2. В.П. Строкаль // Прогнозування стану водних ресурсів за впливу антропогенних чинників: курс лекцій для здобувачів третього рівня вищої освіти зі спеціальності 101 Екологія. 2022. 120 с.

ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ПЕРЕРОБКИ ПЛАСТИКОВИХ ВІДХОДІВ ЯК ІНСТРУМЕНТ ЦИРКУЛЯРНОЇ ЕКОНОМІКИ

А.Р. Афанасова

Державний біотехнологічний університет, Харків, Україна
Здобувач 4 курсу за спеціальністю 101 «Екологія», telephonemaloy@gmail.com
Науковий керівник – канд. с.-г. н., асистент кафедри екології та біотехнологій в рослинництві Клименко І.В.

У сучасних умовах стрімкого зростання обсягів пластикових відходів питання їх ефективної переробки набуває особливої актуальності. Пластик, завдяки своїм фізико-хімічним властивостям – легкості, довговічності та дешевизні – став одним із найпоширеніших матеріалів у промисловості, торгівлі та повсякденному житті. Водночас саме ці властивості зумовлюють тривале розкладання пластикових відходів у навколишньому середовищі, що створює серйозні екологічні ризики. За даними Програми ООН з довкілля (UNEP), щороку у світі утворюється понад 300 мільйонів тонн пластикових відходів, значна частина яких не піддається належній утилізації.

У контексті переходу до принципів циркулярної економіки, що передбачає мінімізацію відходів та повторне використання ресурсів, інноваційні технології переробки пластмас відіграють ключову роль. Традиційні методи, зокрема механічна переробка, мають низку обмежень, пов’язаних із втратою якості матеріалу, що потребує впровадження нових, більш ефективних рішень. Сучасні біохімічні, термохімічні, каталізаторні та плазмові технології відкривають нові можливості для глибокої переробки пластику з отриманням вторинної сировини високої якості або навіть первинних компонентів.

Цей напрям досліджень є важливим не лише з точки зору екологічної безпеки, а й як елемент сталого розвитку, здатний зменшити споживання природних ресурсів, знизити енергозатрати у виробничих процесах та сформувати нові економічні моделі у сфері поводження з відходами. Саме тому розгляд інноваційних технологій переробки пластикових відходів у контексті реалізації принципів циркулярної економіки є актуальним і потребує комплексного наукового аналізу.

Накопичення пластикових відходів стало однією з найгостріших екологічних проблем сучасності. За даними Європейської комісії, щороку в ЄС утворюється понад 25 мільйонів тонн пластикового сміття, з яких менше 30 % переробляється. Переважна частина потрапляє на полігони, спалюється або забруднює екосистеми. Такий стан речей вимагає переходу до альтернативної моделі управління відходами – циркулярної економіки, що базується на принципах мінімізації відходів і повторного використання ресурсів.

Основною перешкодою на шляху до сталого управління пластиком є обмежені можливості традиційних методів переробки. Зокрема, механічний рециклінг, хоча й широко використовуваний, часто призводить до погіршення якості матеріалу, не дозволяє усувати домішки та не забезпечує повного замикання матеріального циклу. Це спонукає науковців і промисловців до розробки інноваційних технологій, що дозволяють зберігати властивості матеріалу або навіть повертати пластик до його мономерного стану.

Серед найперспективніших напрямів виділяють: хімічну переробку (деполімеризацію) – перетворення полімерів назад у мономери або інші цінні хімічні сполуки. Наприклад, технологія пиролізу дозволяє отримати синтез-газ, дизельне пальне або воски. Гідроліз та метаноліз PET-пластиків – застосовуються для розкладу складних полімерів і отримання

вторинної сировини для нової продукції. Біологічну переробку – з використанням ферментів або мікроорганізмів, які здатні руйнувати пластикові полімери (наприклад, *Ideonella sakaiensis*). Цей метод вирізняється екологічністю, проте потребує подальших досліджень і оптимізації. Плазмову переробку – високотемпературна переробка за допомогою плазмового розряду, яка дозволяє ефективно знищувати навіть складні домішки та отримувати газоподібні або рідкі продукти.

Застосування таких технологій дозволяє не лише зменшити обсяги відходів, але й повернути пластик у виробничий цикл, формуючи замкнуту модель споживання – основу циркулярної економіки.

У світі провідні компанії, зокрема BASF, Neste, Eastman Chemical, активно впроваджують хімічний рециклінг на промисловому рівні. Наприклад, у Німеччині функціонують пілотні установки для деполімеризації поліетилену та поліпропілену, які забезпечують високу якість вторинної сировини, придатної для контакту з харчовими продуктами.

ЄС активно просуває стратегію Green Deal, у межах якої ініційовано «Пластикову стратегію» (EU Plastics Strategy), що ставить за мету до 2030 року забезпечити повну перероблюваність або повторне використання пластикової упаковки. Для цього створюється потужна база для інновацій у сфері. Компанії BASF (Німеччина) та Neste (Фінляндія) розвивають технології термолізу та гідропіролізу, перетворюючи змішані пластикові відходи на нафтові фракції, придатні для виробництва нового пластику. У Нідерландах функціонує система, де PET-пляшки збираються, сортуються, промиваються і перетворюються у високоякісний вторинний гранулят для харчового використання (технологія bottle-to-bottle). У Франції стартап Carbios розробив ферментативну деполімеризацію поліетилентерефталату (PET), що дозволяє ефективно розкладати пляшки на мономери та відновлювати їх до первинної якості.

У США ключову роль у просуванні інновацій відіграють великі транснаціональні корпорації та екотехнологічні стартами. Eastman Chemical Company (Теннессі) запустила установку для молекулярного рециклінгу, яка дозволяє переробляти складні або змішані відходи пластиків, які не підлягають механічній переробці. Компанія інвестувала понад 250 млн доларів у розвиток цієї технології. Loop Industries (Канада–США) розробила унікальний процес деполімеризації без високих температур, що знижує споживання енергії та зменшує викиди CO_2. У Каліфорнії діє закон, який вимагає, щоб до 2032 року всі пластикові упаковки, що реалізуються в штаті, були багаторазовими або повністю переробними.

У країнах Східної Азії, зокрема в Японії та Південній Кореї, циркулярна економіка є частиною національних стратегій сталого розвитку. У Японії понад 80 % пластикових відходів піддаються енергетичному або матеріальному рециклінгу. Наприклад, технологія газифікації пластику дозволяє перетворювати його на синтез-газ, який далі використовується як паливо або сировина для хімічної промисловості. Samsung і LG інтегрують концепцію «екологічного дизайну» у свої продукти: використання вторинного пластику, модульність конструкцій для легшого розбирання та можливість повного рециклінгу старої техніки.

В Україні впровадження інновацій у переробку пластику перебуває на початковому етапі, проте з'являються перспективні ініціативи: інженерні стартапи, що експериментують із мікроустановками для термолізу, співпраця між університетами та приватними переробниками. Крім того, затвердження Національної стратегії управління відходами до 2030 року створює сприятливе регуляторне поле для розвитку технологій циркулярної економіки.

Інноваційні методи переробки пластикових відходів є ключовим інструментом переходу до циркулярної моделі економіки. Вони дозволяють не тільки вирішувати екологічні проблеми, пов'язані із забрудненням довкілля, але й формують нові підходи до ресурсоефективності, що мають стратегічне значення для сталого розвитку. Для країн, які прагнуть відповідати вимогам Європейського зеленого курсу, активна підтримка інновацій у сфері управління відходами є вкрай необхідною.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. О. І. Янушевська, Г. В. Кримець, М. І. Літинська // Інноваційні хімічні технології переробки вторинних матеріалів. Частина 1: навчальний посібник. 2022. 99 с.
2. Шевченко Т. І., Шуптар-Пориваєва Н. Й., Губанова О. Р. та ін. // Циркулярна економіка : навчальний посібник. 2022. 220 с.

АНАЛІЗ МЕРЕЖІ ЕКОЛОГІЧНИХ КОРИДОРІВ В УРБАНІЗОВАНИХ ТЕРИТОРІЯХ

В.М. Шульгінов

Державний біотехнологічний університет, Харків, Україна
Здобувач 4 курсу за спеціальністю 101 «Екологія», vt0224189@gmail.com
Науковий керівник – PhD з екології, доцент кафедри екології та біотехнологій в рослинництві Чуприна Ю.Ю.

Урбанізація, як глобальний процес, призводить до значних змін у структурі ландшафтів, фрагментації природних середовищ існування та зменшення біорізноманіття. В цьому контексті, екологічні коридори відіграють ключову роль у забезпеченні зв'язності між фрагментованими природними територіями, сприяючи збереженню біологічного різноманіття та забезпечуючи екологічну стабільність міських екосистем [3, с. 15]. Цей розділ присвячений аналізу існуючих екологічних коридорів у межах урбанізованих територій, їх типам, функціям та проблемам, з якими вони стикаються.

Концепція екологічних коридорів та їх значення для урбанізованих територій

Екологічні коридори визначаються як лінійні або смугоподібні елементи ландшафту, що відрізняються від навколишньої території та забезпечують зв'язок між окремими ділянками природних середовищ існування. Вони можуть мати різну структуру та походження, включаючи природні об'єкти (річки, струмки, яри) та штучно створені елементи (лісосмуги, зелені насадження вздовж доріг, паркові зони).

В умовах урбанізації, коли природні території зазнають значного антропогенного впливу, екологічні коридори виконують ряд важливих функцій:

- Забезпечення міграції видів: Коридори слугують шляхами переміщення для тварин, забезпечуючи їх доступ до харчових ресурсів, місць розмноження та притулків [1, с. 15]. Вони дозволяють видам переміщатися між фрагментованими ділянками проживання, що є критично важливим для їх виживання. Наприклад, багато видів птахів використовують лісосмуги вздовж доріг як місця для гніздування та переміщення між лісовими масивами.
- Підтримка генетичного обміну: Вони сприяють генетичній різноманітності популяцій, запобігаючи ізоляції та інбридингу. Ізольовані популяції мають обмежений генетичний обмін, що може призвести до накопичення шкідливих мутацій та зниження їхньої життєздатності. Екологічні коридори забезпечують можливість схрещування між різними популяціями, збагачуючи їхній генетичний фонд.
- Збереження біорізноманіття: Коридори забезпечують існування різних видів рослин і тварин, підтримуючи екологічну стійкість міських екосистем. Вони створюють різноманітні умови для життя різних видів, включаючи місця для гніздування, харчування та розмноження. Наприклад, водно-болотні угіддя в межах міських парків можуть бути важливими місцями проживання для водоплавних птахів, земноводних та комах.
- Покращення якості навколишнього середовища: Зелені коридори сприяють зменшенню забруднення повітря, зниженню рівня шуму та пом'якшенню міського теплового острова. Рослини в коридорах поглинають забруднюючі речовини з повітря, знижують рівень шуму, а також забезпечують затінення та охолодження, зменшуючи ефект міського теплового острова.

- Рекреаційні та соціальні функції: Коридори можуть використовуватись для відпочинку, прогулянок та інших видів рекреаційної діяльності, сприяючи покращенню якості життя мешканців міста. Парки, сквери та інші зелені зони, що є частиною екологічних коридорів, забезпечують місця для відпочинку, спілкування та фізичної активності, сприяючи покращенню психічного та фізичного здоров'я мешканців міста [2, с. 26].

Типи екологічних коридорів в урбанізованих територіях

Існує кілька типів екологічних коридорів, які можна виділити в межах урбанізованих територій, залежно від їх структури, походження та функцій:

- Природні коридори: Це коридори, що сформувалися природним шляхом, такі як річки та їх заплави, струмки, яри, балки та лісові масиви. Вони часто є найбільш цінними з точки зору збереження біорізноманіття, оскільки забезпечують існування багатьох видів рослин і тварин. Річки та струмки, наприклад, забезпечують не тільки водні шляхи для переміщення риб та інших водних організмів, але й слугують місцями проживання для багатьох видів птахів, ссавців та комах.
- Штучні коридори: Це коридори, створені людиною з метою забезпечення зв'язності між природними територіями. До них належать лісосмуги, зелені насадження вздовж доріг, залізниць та ліній електропередач, паркові зони, бульвари та сквери [4, с. 65]. Хоча вони створені людиною, вони можуть виконувати важливі функції для багатьох видів. Наприклад, лісосмуги можуть слугувати місцями для гніздування птахів та переміщення дрібних ссавців, а паркові зони можуть бути важливими місцями відпочинку та харчування для багатьох видів птахів та комах.
- Ландшафтні коридори: Це широкі смуги території, що включають мозаїку з різних типів угідь (ліси, луки, чагарники), які забезпечують зв'язок між великими природними територіями. Вони можуть бути особливо важливими для міграції великих тварин, таких як олені або ведмеді, яким потрібні великі території для переміщення та пошуку їжі.
- Степінгові камені (Stepping stones): Це невеликі, ізольовані ділянки природної або напівприродної рослинності, які можуть функціонувати як тимчасові зупинки або місця відпочинку для тварин під час їх переміщення між більшими фрагментами середовища існування. Вони можуть бути особливо важливими для видів, які не можуть переміщатися на великі відстані, або для видів, яким потрібні місця для відпочинку та харчування під час міграції. Наприклад, невеликі сквери або парки можуть слугувати "степінговими каменями" для птахів, які переміщуються між великими лісовими масивами.

Аналіз існуючих екологічних коридорів у межах урбанізованих територій показує їх важливу роль у збереженні біорізноманіття, підтримці екологічної стабільності та забезпеченні якості життя мешканців міста. Однак, ці коридори стикаються з численними проблемами, пов'язаними з фрагментацією, забрудненням, інвазійними видами та конфліктами землекористування [5, с. 41]. Для їх ефективного збереження та управління необхідні комплексні підходи, що включають інтеграцію екологічних коридорів у процеси міського планування, відновлення пошкоджених коридорів, контроль за поширенням інвазійних видів та підвищення екологічної свідомості населення.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Антипенко Є.Ю., Одінцова Є.О. // Будівельне виробництво. 2016. 60: 38-42.
2. Варламова С. І. // Ефективна економіка. 2017. 7. http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=5679
3. Гришина В.С. // Архітектурний вісник КНУБА. 2017. 330-336.
4. Згара В.О. // Екологічні проблеми міського середовища і містобудування. Екологія та сталий розвиток: Матеріали І Наук.-практ. конф. 2015. 25-27.
5. Лазарєва О.В., Рощенко В.А. // Розвиток екологічної складової сталого розвитку економіки України. Інвестиції: практика та досвід. 2019. 8: 19-22.

ТЕХНОГЕННЕ НАВАНТАЖЕННЯ НА ПРИРОДНІ ЕКОСИСТЕМИ: ВПЛИВ ПРОМИСЛОВОСТІ

Д.Р. Рекунова

Державний біотехнологічний університет, Харків, Україна
Здобувач 4 курсу за спеціальністю 101 «Екологія», vt0224189@gmail.com
Науковий керівник – канд. с-г наук, асистент кафедри екології та біотехнологій в рослинництві Клименко І.В.

Промислова діяльність є однією з найпотужніших сил, що впливають на природні екосистеми. Викиди забруднюючих речовин, утворення відходів та зміна природних ландшафтів внаслідок промислової діяльності призводять до значного техногенного навантаження на навколишнє середовище. Це навантаження спричиняє деградацію екосистем, зменшення біорізноманіття та погіршення здоров'я людини.

Промисловість спричиняє різні види техногенного навантаження, кожен з яких має специфічні наслідки для природних екосистем:

- хімічне забруднення: Промислові підприємства є основними джерелами хімічного забруднення атмосферного повітря, води та ґрунтів. Важкі метали, такі як свинець, ртуть та кадмій, можуть накопичуватися в харчових ланцюгах, завдаючи шкоди живим організмам. Токсичні органічні сполуки, такі як поліциклічні ароматичні вуглеводні (ПАВ) та стійкі органічні забруднювачі (СОЗ), можуть викликати рак та інші серйозні захворювання. Це відбувається тому, що промислові процеси часто використовують або виділяють ці речовини, які потім потрапляють у навколишнє середовище через різні шляхи, включаючи викиди в атмосферу, скиди у водні об'єкти та витікання з місць зберігання відходів. Наприклад, металургійні підприємства можуть викидати в атмосферу значні кількості важких металів, а хімічні заводи можуть бути джерелом викидів токсичних органічних сполук у воду [2, с. 14].
- фізичне забруднення: Промислова діяльність також призводить до фізичного забруднення, включаючи теплове забруднення (викиди гарячої води), шумове забруднення та радіаційне забруднення (від атомних електростанцій та видобутку радіоактивних матеріалів). Теплове забруднення, наприклад, може виникати внаслідок використання води для охолодження на електростанціях, що призводить до підвищення температури водних об'єктів і негативно впливає на водні організми. Шумове забруднення від промислових установок і транспорту може порушувати зв'язок між тваринами та їхню здатність знаходити здобич або уникати хижаків. Радіаційне забруднення, хоча і менш поширене, може мати серйозні наслідки для живих організмів і екосистем, як це було продемонстровано в результаті аварій на атомних електростанціях.
- механічне руйнування: Видобуток корисних копалин, будівництво та інша промислова діяльність призводять до значних змін у ландшафті, включаючи вирубку лісів, знищення середовищ існування та порушення гідрологічного режиму. Наприклад, при видобутку корисних копалин часто потрібне видалення величезних обсягів ґрунту та гірських порід, що призводить до знищення природних середовищ існування та зміни рельєфу. Будівництво доріг та інфраструктури може фрагментувати екосистеми, перешкоджаючи переміщенню тварин та змінюючи природні дренажні системи [1, с. 74].
- утворення відходів: Промисловість є основним джерелом твердих та рідких відходів, багато з яких є небезпечними. Неправильне поводження з відходами може призвести до забруднення ґрунту та води, а також до утворення звалищ, які займають значні площі та є джерелом забруднення. Промислові відходи можуть включати широкий спектр речовин, від золи та шлаку до токсичних хімічних речовин і радіоактивних матеріалів. Якщо ці відходи не утилізуються належним чином, вони можуть просочуватися в ґрунт і ґрунтові води, забруднюючи їх і завдаючи шкоди екосистемам.

Техногенне навантаження, спричинене промисловістю, має глибокий вплив на природні екосистеми, призводячи до:

- зміни структури та функціонування екосистем: Забруднення може змінити хімічний склад ґрунту та води, порушуючи ріст та розвиток рослин. Це, в свою чергу, впливає на тварин, які залежать від цих рослин. Фізичні зміни, такі як вирубка лісів, можуть призвести до втрати середовищ існування та фрагментації екосистем. Наприклад, забруднення ґрунту важкими металами може пригнічувати ріст рослин, роблячи їх менш придатними для травоїдних тварин. Зниження кількості травоїдних тварин може потім вплинути на популяції хижаків, порушуючи весь харчовий ланцюг. Крім того, вирубка лісів не тільки позбавляє тварин середовища існування, але й змінює мікроклімат, роблячи його більш сухим і менш придатним для багатьох видів [3, с. 25].
- зменшення біорізноманіття: Багато видів не можуть вижити в умовах високого техногенного навантаження. Забруднення, руйнування середовищ існування та інші фактори можуть призвести до зникнення видів, зменшуючи біорізноманіття екосистем. Деякі види особливо чутливі до певних видів забруднення. Наприклад, деякі водні організми не можуть вижити у воді з низьким рівнем кисню, який може бути спричинений забрудненням органічними речовинами. Втрата цих чутливих видів може мати каскадний ефект на решту екосистеми, призводячи до подальшої втрати біорізноманіття.
- порушення екологічних процесів: Забруднення може порушити важливі екологічні процеси, такі як запилення, розкладання та кругообіг поживних речовин. Це може призвести до зниження продуктивності екосистем та їхньої здатності надавати екологічні послуги. Наприклад, забруднення повітря може пошкодити ніжні структури квітів, зменшуючи їхню привабливість для запилювачів. Це може призвести до зниження рівня запилення та зменшення виробництва насіння багатьма видами рослин. Забруднення ґрунту також може пригнічувати діяльність ґрунтових організмів, які відповідають за розкладання органічних речовин і кругообіг поживних речовин, що призводить до зниження родючості ґрунту [5, с. 18].
- підвищення вразливості до змін клімату: Деградовані екосистеми менш стійкі до впливу змін клімату. Наприклад, вирубка лісів може зменшити здатність екосистем поглинати вуглекислий газ, сприяючи глобальному потеплінню. Здорові екосистеми відіграють вирішальну роль у регулюванні клімату, поглинаючи вуглекислий газ з атмосфери та регулюючи місцеві погодні умови.

Зменшення негативного впливу промисловості на природні екосистеми є складним, але важливим завданням. Це вимагає поєднання технологічних інновацій, ефективного управління, екологічного планування та сильної політичної волі.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. М.І. Сокур, В.М. Шмандій, Є.К. Бабець, В.С. Білецький, І.Є. Мельнікова, О.В. Харламова, Л.С. Шелудченко // Екологічна безпека та економіка: монографія. 2020. 240 с.

2. С.П. Іванюта, А.Б. Качинський // Екологічна та природно-техногенна безпека України: регіональний вимір загроз і ризиків: монографія. 2012. 308 с.

3. Нагайчук О.В. // Екологічна безпека держави: тези доп. Всеукр. круглого столу. 2021. 180-185.

4. Палагута О. В. // Оцінка впливу на навколишнє природне середовище за екологічними індикаторними показниками: дис. … канд. техн. наук : 21.06.01. 2014. 275 с.

5. Черба О. В., Квасов В. А. // Проблеми хімії та сталого розвитку. 2022. 1: 81–87.

ЕКОЛОГІЧНА ЕКСПЕРТИЗА ЯК ІНСТРУМЕНТ КОНТРОЛЮ ЗА ДОТРИМАННЯМ ПРИРОДООХОРОННИХ НОРМ НА ХАРЧОВИХ ПІДПРИЄМСТВАХ (НА ПРИКЛАДІ ТОВ «БОГОДУХІВСЬКИЙ МОЛЗАВОД»)

Ю.П. Хованова

Державний біотехнологічний університет, Харків, Україна
Здобувач 4 курсу за спеціальністю 101 «Екологія», hovanovaula@gmail.com
Науковий керівник – канд.с.-г. н., доцент кафедри екології та біотехнологій в рослинництві Бузіна І.М.

Харчова промисловість, зокрема підприємства з виробництва та переробки продукції, тісно пов'язана з використанням природних ресурсів та утворенням значних обсягів викидів і відходів. У зв'язку з цим особливого значення набуває здійснення екологічного контролю, який дозволяє попереджати та зменшувати негативний вплив виробничої діяльності на довкілля. Одним із головних механізмів такого контролю є екологічна експертиза.

Державна екологічна експертиза – це вид науково-практичної діяльності спеціально уповноважених державних органів, еколого-експертних формувань і об'єднань громадян, що ґрунтується на міжгалузевому екологічному дослідженні, комплексному аналізі й оцінці перед проектних, проектних та інших матеріалів чи об'єктів (технологій, матеріалів, устаткування, техніки, проектів, планів, прогнозів й іншої документації), реалізація і дія яких може негативно впливати або впливає на стан довкілля і здоров'я людей. [1, с. 6]

Процедура екологічної експертизи в Україні регулюється Законом України «Про оцінку впливу на довкілля» (ОВД), а також рядом підзаконних нормативних актів. Вона є обов'язковою для підприємств, які мають істотний вплив на навколишнє середовище. Харчові підприємства, зокрема молокозаводи, часто підпадають під ці вимоги.

Харчові підприємства, такі як молокозаводи, характеризуються високим рівнем використання води, енергії, а також утворенням відходів, стоків і викидів у повітря. Без належного контролю їх діяльність може призвести до забруднення водних об'єктів, ґрунтів, атмосфери, а також створення санітарно-епідеміологічної загрози.

У практиці екологічної оцінки використовується принцип презумпції потенційної екологічної небезпеки: будь-який проєкт спочатку вважається ризикованим до доведення зворотного, що вимагає глибокого наукового обґрунтування.

Важливою умовою ефективності експертного аналізу є цифровізація процесів - автоматизація збору, аналізу та збереження екологічних даних, запровадження електронного документообігу та створення загальнодоступних електронних реєстрів результатів експертиз. Такі інструменти дозволяють знизити корупційні ризики, прискорити прийняття рішень і підвищити довіру до системи.

Експлуатація застарілого обладнання, сприяє підвищенню енергоспоживання і викидів шкідливих речовин у довкілля.

ТОВ «Богодухівський молочний завод» здійснює виробництво молочної продукції, що включає пастеризацію, сепарацію, фасування, зберігання й транспортування. У процесі виробництва утворюються стічні води з органічним навантаженням, тверді залишки (вторинні молочні продукти), відходи пакування та енергетичні викиди.

З метою мінімізації впливу підприємства на довкілля запропоновано впровадження локальних очисних споруд, систем збору та переробки вторинних ресурсів, автоматизованих систем моніторингу викидів, а також модернізацію технологічного обладнання для підвищення енергоефективності.

Результати екологічної експертизи використовуються при прийнятті стратегічних рішень щодо розвитку підприємства, плануванні інвестицій у модернізацію виробництва та вдосконаленні систем екологічного менеджменту.

Екологічний менеджмент – процес і результат ініціативної діяльності економічних суб'єктів, спрямований на послідовне поліпшення в досягненні їх власних екологічних цілей і завдань, розроблених на основі самостійно прийнятої екологічної політики. [2, с. 12]

Після проходження екологічної експертизи важливим етапом є постійний моніторинг фактичного стану навколишнього середовища. Регулярні перевірки якості стічних вод, заміри рівнів викидів у повітря, дотримання норм шумового навантаження, контроль за поводженням з відходами. Дані моніторингу дають змогу оперативно реагувати на можливі відхилення та впроваджувати коригувальні заходи.

На сучасному етапі функціонування харчових підприємств особливого значення набуває корпоративна екологічна відповідальність.

Екологічна відповідальність - це зобов'язання компанії мінімізувати свій вплив на довкілля, використовуючи екологічно безпечні технології, ресурси та підходи у своїй діяльності.

Важливим доповненням до екологічної експертизи є впровадження на підприємстві системи екологічного менеджменту (наприклад, ISO 14001). Це дозволяє систематизувати всі природоохоронні заходи, поліпшити управління екологічними аспектами діяльності та мінімізувати витрати, пов'язані з неефективним природокористуванням.

ТОВ «Богодухівський молочний завод» свідчать про потребу в подальшому вдосконаленні технологій, оновленні очисних систем та посиленні екологічного контролю. Однак підприємство демонструє позитивні зрушення в напрямку сталого розвитку та зменшення екологічного навантаження.

Отже, екологічна експертиза є ключовим інструментом забезпечення екологічної безпеки на харчових підприємствах. Її належне проведення сприяє не лише зниженню ризиків для довкілля, а й формує довіру з боку суспільства, інвесторів та контролюючих органів. В умовах євроінтеграції та переходу до принципів сталого розвитку роль екологічної експертизи лише зростатиме.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Волошина Н.О. // Екологічна експертиза: Навчальний посібник. 2017. 107 с..

2. О. Б. Кузьменко, В. І. Андрєєв // Основи екологічного менеджменту: навчальний посібник. 2013. 160 с.

УРБАНІЗАЦІЯ ЯК ФАКТОР ТРАНСФОРМАЦІЇ ФЛОРИ: ЗАГРОЗИ ДЛЯ РІДКІСНИХ ТА ЗНИКАЮЧИХ ВИДІВ

М.О. Венченко

Державний біотехнологічний університет, Харків, Україна
Здобувач 4 курсу за спеціальністю 101 «Екологія», venchenkom@gmail.com
Науковий керівник – канд. с.-г. н., доцент, завідувач кафедри екології та біотехнологій в рослинництві Головань Л.В.

Урбанізація – один із найпотужніших сучасних факторів трансформації природного середовища, який охоплює зміни у землекористуванні, гідрологічному режимі, мікрокліматі та біотичній структурі екосистем. Поширення урбанізованих територій призводить до різкого скорочення площ природних та напівприродних біотопів, що становить безпосередню загрозу для існування багатьох видів рослин, особливо рідкісних, ендемічних і таких, що перебувають під загрозою зникнення.

Найбільш вразливими до урбанізаційного пресу є види, які мають вузьку екологічну амплітуду, специфічні вимоги до ґрунтів, вологості, освітлення або симбіотичних

взаємозв'язків. Урбанізація порушує ці умови, змінюючи абіотичні та біотичні компоненти середовища. Зокрема, ущільнення ґрунту, забруднення повітря та води, накопичення важких металів, зниження вологості повітря та зміни температурного режиму ведуть до поступового зникнення представників автохтонної флори та витіснення їх синантропними видами, здатними пристосовуватися до нестабільних умов середовища.

Особливо небезпечною є фрагментація природних місць існувань, яка порушує екологічну цілісність популяцій. Малочисельні популяції, ізольовані у міському середовищі, зазнають генетичної ерозії, зниження життєздатності та втрати репродуктивного потенціалу. Результатом таких процесів є зменшення чисельності особин, порушення структури угруповань і, зрештою, локальне вимирання виду.

Крім прямого знищення природних біотопів, урбанізація призводить до появи так званих «біотопів-пасток» – озеленених ділянок з інтродукованою або декоративною флорою, які приваблюють рідкісні види, але не забезпечують повноцінних умов для їх життєдіяльності та розмноження. Нерідко такі «острівці» біорізноманіття залишаються поза межами природоохоронного контролю, що ускладнює реалізацію заходів збереження.

До числа основних загроз, які несе урбанізація для рідкісної флори, належать: інтенсивна забудова та зміна призначення земель, що знищує місця зростання природної рослинності; забруднення середовища, включаючи хімічні речовини, важкі метали, продукти згоряння палива; поширення інвазійних видів, які витісняють аборигенні види за рахунок високої конкурентоспроможності; порушення гідрологічного режиму, що негативно впливає на гідрофільні та мезофітні види; а також підвищений рекреаційний тиск, зокрема витоптування, збирання рослин, забруднення побутовими відходами.

Разом із тим, спостерігається поява адаптаційних механізмів у деяких видів до умов міського середовища. Наприклад, окремі популяції демонструють фенотипову пластичність, зміни фенологічних фаз, стійкість до забруднень або здатність до симбіотичних взаємодій із новими організмами. Однак такі пристосування характерні переважно для видів з широким екологічним діапазоном і не гарантують довготривалого збереження рідкісних форм.

З огляду на зазначене, постає необхідність комплексного підходу до охорони рідкісних і зникаючих видів у межах урбанізованих територій. До таких заходів відносять створення міських природоохоронних територій (міських заказників, пам'яток природи, ботанічних садів), проведення інвентаризації та моніторингу популяцій рідкісних видів, а також популяризацію екологічної освіти серед населення, яка спрямована на формування культури дбайливого ставлення до рослинного світу.

Флора є важливою складовою біорізноманіття та виконує низку екосистемних функцій, зокрема регуляцію мікроклімату, очищення повітря, стабілізацію ґрунтів, участь у кругообігу речовин. Зменшення її видового складу внаслідок урбанізаційного тиску не лише порушує екологічну рівновагу, але й веде до втрати унікального генетичного ресурсу та погіршення якості середовища життя людини.

Особливо вразливими в умовах міської експансії є види з вузьким ареалом, низькою чисельністю та спеціалізованими вимогами до середовища існування. Урбанізаційні процеси призводять до фрагментації їхніх природних біотопів, забруднення ґрунтів і повітря, змін гідрологічного режиму, а також до зростання конкуренції з боку інвазійних і синантропних видів. Усе це створює нові екологічні ризики для збереження флористичного різноманіття.

У цьому контексті актуальним є дослідження впливу урбанізації на рослинні популяції, особливо на ті, що занесені до Червоної книги України та регіональних переліків охоронюваних видів. Вивчення адаптаційних механізмів таких рослин, аналіз екологічних загроз та розробка ефективних заходів охорони біорізноманіття мають важливе значення для сталого розвитку міських екосистем.

Одним із наочних прикладів негативного впливу урбанізації на рідкісну флору є стан популяцій підсніжника складчастого (*Galanthus plicatus*), який занесений до Червоної книги України. Цей вид зустрічається переважно в лісах Правобережного Лісостепу та на південному заході країни, зокрема на території Поділля та Карпатського передгір'я. Із

середини XX століття значна частина його ареалу опинилася під тиском урбанізаційного розвитку – розширення міст, прокладання автошляхів, забудова передмість, рекреаційне освоєння лісових територій. У результаті цього природні біотопи виду були фрагментовані або повністю знищені. Низка локальних популяцій зникла внаслідок будівництва житлових районів і зміни гідрологічного режиму через каналізування струмків і осушення заболочених ділянок.

Крім того, підсніжник складчастий потерпає від масового збирання у передмістях та лісопаркових зонах під час цвітіння, що є особливо поширеним явищем у весняний період. Незаконний збір з подальшим продажем на стихійних ринках створює додаткове навантаження на популяції, які й так перебувають у несприятливих умовах через урбанізаційний тиск. Спостереження, проведені у передмісті Кам'янця-Подільського, показали, що за останні 20 років чисельність особин *Galanthus plicatus* скоротилася в кілька разів, а площа їхнього зростання зменшилася більш ніж на 70 %. Популяції, що залишилися, характеризуються низьким рівнем оновлення, слабкою регенерацією та високою чутливістю до рекреаційного навантаження. Цей приклад ілюструє типову ситуацію для багатьох рідкісних видів у межах урбанізованих або приурбанізованих територій. Він підкреслює необхідність посилення охорони природних оселищ, проведення екологічної просвіти серед населення та впровадження елементів екологічного планування у містобудівну політику.

Таким чином, урбанізація виступає як глобальний виклик для збереження флористичного різноманіття, що вимагає міждисциплінарної співпраці екологів, містобудівників, ботаніків, громадськості та органів влади. Захист рідкісних та зникаючих видів у містах має стати пріоритетом у рамках стратегії сталого розвитку і збереження екологічної рівноваги.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Моніторинг та охорона біорізноманіття в Україні: Рослинний світ та гриби. Серія: «Conservation Biology in Ukraine». 2020. 16(1): 280 с.

2. Рослини та урбанізація: Матеріали XIII Міжнародної науково-практичної конференції (Дніпро, 1 лютого 2024 р.). 2024. 151 с.

БІОТЕХНОЛОГІЧНІ СТРАТЕГІЇ ПІДВИЩЕННЯ ВРОЖАЙНОСТІ КУЛЬТУР ЗА ДОПОМОГОЮ ФІТОГОРМОНАЛЬНИХ ПРЕПАРАТІВ

С.О. Безулик

Державний біотехнологічний університет, Харків, Україна
Здобувач 4 курсу за спеціальністю 162 «Біотехнологія та біоінженерія», bezulik11@gmail.com
Науковий керівник – канд. с.-г. н., доцент, завідувач кафедри екології та біотехнологій в рослинництві Головань Л.В.

У контексті глобальних кліматичних змін, зростання населення та обмеженості природних ресурсів особливого значення набуває проблема забезпечення стабільного виробництва сільськогосподарської продукції. Традиційні методи підвищення врожайності, зокрема широке застосування мінеральних добрив та хімічних регуляторів росту, нерідко супроводжуються деградацією ґрунтів, забрудненням довкілля та накопиченням токсичних залишків у харчових продуктах. У зв'язку з цим актуальним є пошук екологічно безпечних та ефективних альтернатив для стимуляції росту та розвитку рослин.

Одним із перспективних напрямів сучасної агробіотехнології є використання фітогормонів – природних регуляторів росту, які відіграють ключову роль у регуляції фізіолого-біохімічних процесів у рослинному організмі. Завдяки прогресу в галузі

мікробіології та генної інженерії з'явилася можливість біотехнологічного отримання фітогормональних препаратів шляхом культивування штамів мікроорганізмів-продуцентів. Такі біопрепарати вирізняються високою ефективністю, селективною дією та екологічною безпечністю.

Особливий інтерес викликає застосування біосинтетичних ауксинів, цитокінінів, гіберелінів та інших фітогормонів як стимуляторів проростання насіння, укорінення розсади, формування надземної маси та підвищення стресостійкості рослин. Інтеграція біотехнологічних методів у систему агровиробництва сприяє підвищенню врожайності сільськогосподарських культур без значного антропогенного навантаження на агроекосистеми.

Сталий розвиток у аграрному секторі передбачає раціональне використання ресурсів, мінімізацію антропогенного навантаження на екосистеми та впровадження інноваційних технологій, що не суперечать природним процесам. Відповідно до Цілей сталого розвитку ООН, зокрема ЦСР №2 (Подолання голоду) та ЦСР №15 (Збереження екосистем суші), сучасне землеробство має базуватись на принципах екологічної збалансованості, економічної доцільності та соціальної відповідальності.

Одним з дієвих інструментів досягнення цих цілей є впровадження біопрепаратів, що містять або стимулюють утворення біологічно активних речовин природного походження. Ці сполуки, завдяки своїй природній біоактивності, здатні позитивно впливати на ріст і розвиток рослин, підвищувати їхню стійкість до стресових факторів, покращувати якість урожаю без шкоди для довкілля.

Біологічно активні речовини природного походження – це органічні сполуки, які у малих концентраціях здатні регулювати фізіолого-біохімічні процеси в рослинному організмі. До найважливіших груп таких речовин належать: фітогормони (ауксини, цитокініни, гібереліни, етилен, абсцизова кислота, брассиностероїди тощо), амінокислоти, полісахариди (стимулятори імунітету), вітаміни, нуклеотиди, мінеральні компоненти та мікробні метаболіти – антибіотики, ферменти, поверхнево-активні речовини, які продукуються ґрунтовими мікроорганізмами.

Особливе місце серед біоактивних речовин посідають фітогормони – природні регулятори росту, які регулюють ключові процеси життєдіяльності рослин: поділ клітин, формування органів, цвітіння, плодоношення, адаптацію до стресу. Їхнє використання в агротехнологіях дозволяє активізувати фізіологічні процеси без надмірного навантаження на екосистеми.

В умовах біотехнологічного виробництва біологічно активні речовини отримують із трьох основних джерел. Це рослинні екстракти – сировиною слугують водорості, лікарські рослини, деревина тощо. Вони багаті на природні фітогормони, амінокислоти, фенольні сполуки. Продукти мікробного синтезу – фітогормони, органічні кислоти та ферменти, які продукуються бактеріями родів *Azospirillum, Rhizobium, Pseudomonas, Bacillus, Streptomyces* тощо. А також компости, вермікомпости та продукти переробки органічної сировини – багаті на гумінові та фульвові кислоти.

Одним із найперспективніших напрямів є використання мікроорганізмів-продуцентів фітогормонів. Наприклад, бактерії роду *Azospirillum* здатні синтезувати ауксини, цитокініни та гібереліни, які позитивно впливають на формування кореневої системи та загальний ріст рослин. Такі біопрепарати не тільки підвищують урожайність, а й сприяють поліпшенню структури ґрунту, підвищенню його біологічної активності.

Біологічно активні речовини природного походження широко застосовуються в аграрному виробництві так, передпосівна обробка насіння стимулює проростання, посилює енергію проростання, підвищує стійкість до хвороб, обробка рослин у вегетаційний період – стимулює ріст надземної маси, формування репродуктивних органів, а обробка ґрунту або компосту – активізує мікробіоту, покращує структуру та водоутримувальну здатність ґрунту.

У порівнянні з традиційними хімічними регуляторами росту, біологічні препарати мають ряд переваг: вони не накопичуються в рослинній продукції, не забруднюють

навколишнє середовище, не викликають резистентності у патогенів та мають тривалий позитивний ефект.

Використання біологічно активних речовин природного походження відповідає принципам циркулярної економіки та екологічної безпеки. Вони дозволяють скоротити застосування пестицидів і мінеральних добрив, зменшити ризики забруднення ґрунтів і водойм агрохімікатами, зберегти або відновити родючість ґрунтів. А також підвищити рентабельність агровиробництва завдяки зниженню витрат на дорогі хімічні засоби та забезпечити відповідність вимогам органічного землеробства та міжнародних сертифікаційних стандартів. З огляду на кліматичні виклики та зниження родючості ґрунтів, ці переваги стають стратегічно важливими не лише на локальному, але й на глобальному рівні.

Подальший розвиток біотехнологій у агросекторі передбачає вдосконалення методів культивування мікроорганізмів-продуцентів, стандартизацію біопрепаратів, створення комбінованих композицій з урахуванням особливостей культур і ґрунтово-кліматичних умов. Не менш важливими є просвітницька робота серед фермерів, адаптація нормативно-правової бази та інтеграція біопрепаратів у національні програми підтримки сталого землеробства. У рамках реалізації Європейського Зеленого курсу та ініціатив FAO, що передбачають «зелену трансформацію» аграрного сектору, біологічні засоби стимуляції росту рослин мають потенціал стати важливим інструментом для екологічної модернізації сільського господарства.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Дубровна О. В., Моргун Б. В., Бавол А. В. // Біотехнології пшениці: клітинна селекція та генетична інженерія. 2014. 375 с.

2. Мельничук М.Д., Кляченко О.Л. // Біотехнологія в агросфері. Навчальний посібник. 2014. 247 с.

СТІЙКІСТЬ ПРИРОДНИХ ЕКОСИСТЕМ ДО ЗМІН КЛІМАТУ: ОЦІНКА АДАПТАЦІЙНОГО ПОТЕНЦІАЛУ РОСЛИН

К.В. Огаркова

Державний біотехнологічний університет, Харків, Україна
Здобувач 4 курсу за спеціальністю 101 «Екологія», telephonemaloy@gmail.com
Науковий керівник – канд.с.-г. н., доцент кафедри екології та біотехнологій в рослинництві Головань Л.В.

Глобальні зміни клімату, спричинені зростанням концентрації парникових газів в атмосфері, вже сьогодні впливають на всі компоненти біосфери, зокрема – на стан та динаміку рослинного покриву. Природні екосистеми, як складні багатокомпонентні структури, демонструють різну ступінь стійкості до змін кліматичних параметрів, таких як температура повітря, режим опадів, тривалість вегетаційного періоду, частота екстремальних погодних явищ. У цьому контексті оцінка адаптаційного потенціалу рослин відіграє ключову роль у розумінні механізмів збереження екосистемної стабільності.

Адаптаційний потенціал визначається як сукупність фізіолого-біохімічних, морфолого-анатомічних та екологічних властивостей, що дозволяють рослинам виживати, розмножуватись і функціонувати в умовах змін навколишнього середовища. Вивчення адаптаційного потенціалу рослин є особливо актуальним у період посилення кліматичних аномалій, що призводять до деградації середовища існування, втрати біорізноманіття та зміщення кордонів природних зон.

Аналіз здатності фітоценозів протистояти кліматичному стресу дає змогу прогнозувати динаміку рослинних угруповань, виявляти види-індикатори змін, а також формувати науково обґрунтовані підходи до збереження та відновлення природних екосистем. У сучасних умовах особливе значення має дослідження реакцій флори на локальному та регіональному рівнях, що дозволяє адаптувати стратегії природокористування до кліматичних викликів XXI століття.

Адаптаційний потенціал рослин визначається як здатність видів до генетичних, морфофізіологічних, екологічних змін, які дозволяють їм підтримувати життєздатність і функціональність у нових умовах середовища. Це поняття охоплює як короткострокові, так і довгострокові стратегії пристосування рослин до змін. Кліматичні зміни можуть викликати як еволюційні зміни на рівні популяцій, так і індивідуальні механізми адаптації. Одним із важливих аспектів є фенологічна адаптація рослин – зміни у фазах розвитку, таких як цвітіння, плодоношення, які можуть бути пов'язані із зміною температурного режиму та тривалості вегетаційного періоду.

Адаптація рослин може проявлятися в різних формах, серед яких найбільш значущими є фізіологічні механізми – зміни у здатності до фотосинтезу, водоутримання, підвищена толерантність до стресів (спеку, посухи); морфологічні адаптації – зміни у розмірах органів, таких як листя, коренева система, що дозволяють рослинам краще пристосовуватися до екстремальних умов та екологічні адаптації – зміна взаємодії рослин з іншими видами, зміни у просторовому розподілі, що допомагає мінімізувати негативний вплив кліматичних змін.

Стійкість природних екосистем до змін клімату залежить від їх здатності адаптуватися до нових умов, а також від здатності забезпечувати функціонування важливих екосистемних послуг, таких як підтримка біорізноманіття, очищення води, регулювання клімату, захист ґрунтів. Рослинні угруповання, здатні адаптуватися до змін, можуть допомогти утримати екосистеми на сталому рівні, забезпечуючи їх функціонування в умовах посилених кліматичних стресів. Проте екосистеми з низьким адаптаційним потенціалом можуть зазнати деградації, що призведе до втрати біорізноманіття та функціональних змін.

Природні екосистеми можуть бути стійкими до змін клімату в межах певних фізичних та біологічних меж. Наприклад, зміна температури та режиму опадів може спричинити зміщення меж природних зон, що призводить до зміни складу видів у флорі та фауні. У регіонах, де зміни клімату будуть надто швидкими, такі екосистеми можуть зазнати значних втрат у біорізноманітті, що може призвести до деградації цих екосистем.

Для оцінки адаптаційного потенціалу рослин в умовах змін клімату використовуються кілька основних підходів. Польові дослідження – спостереження за змінами в структури рослинних угруповань, фенології та продуктивності рослин в різних кліматичних умовах. Це дозволяє виявити найбільш адаптовані види до нових умов середовища. Лабораторні дослідження – експерименти з вивчення фізіологічних реакцій рослин на зміну температури, вологості, світлового режиму. А також моделювання екосистем – використання комп'ютерних моделей для прогнозування змін у складі рослинних угруповань та оцінки адаптаційних стратегій на основі різних сценаріїв зміни клімату.

Один із найбільш інформативних методів – це застосування фенологічних спостережень, що дозволяють вивчати адаптацію рослин до зміщення термінів сезонних змін і визначити найбільш стійкі види в умовах глобальних змін. Рослини, як компоненти екосистеми, мають певний адаптаційний потенціал, що дозволяє їм зберігати стабільність навіть при зміні кліматичних умов. Однак цей потенціал залежить від типу рослинних угруповань, їх здатності до трансформації і механізмів адаптації. Зміни клімату, зокрема підвищення температури і зміни в режимі опадів, можуть впливати на фенологію рослин, темпи росту, продуктивність, а також на їх здатність до розмноження та поширення.

Одним з найбільш яскравих прикладів адаптаційного потенціалу є фенологічна адаптація рослин. В умовах зміни клімату, особливо в районах з підвищеною температурою, багато видів можуть змінювати терміни цвітіння, плодоношення і початку вегетаційного періоду. Наприклад, деякі види дерев, як дуб, береза, можуть почати цвісти раніше, що дає їм

можливість використовувати більш тривалий вегетаційний період. Для оцінки адаптаційного потенціалу рослин в лісових екосистемах проводяться дослідження змін в екологічних характеристиках популяцій дерев. Наприклад, вивчення впливу зміни температури на соснові ліси показало, що сосна звичайна (*Pinus sylvestris*) має більшу стійкість до змін температури в порівнянні з іншими видами дерев, як-от ялина (Picea *abies*). Це пояснюється тим, що сосна здатна швидше реагувати на зміни клімату завдяки своїй більш гнучкій фенології, а також відносно меншій потребі в воді в порівнянні з іншими видами.

Для оцінки адаптаційного потенціалу таких видів проводяться експерименти з вивчення їх фізіологічних реакцій на зміну температури та вологості. Зокрема, було виявлено, що сосна має здатність до більш ефективного використання води та меншу чутливість до посухи, що дозволяє їй виживати при підвищених температурах і зменшенні кількості опадів. Завдяки фенологічним спостереженням можна не тільки визначити, які види рослин адаптуються до зміщення термінів сезонних змін, але й прогнозувати, як саме зміна клімату вплине на здатність рослин підтримувати стабільність екосистем. Спостереження за зміщенням термінів цвітіння, плодоношення і початку вегетаційного періоду дозволяють виявити види, які будуть найбільш стійкими до змін клімату, і тим самим забезпечити сталий розвиток екосистем. Наприклад, спостереження за степовими екосистемами показали, що багато видів трав, таких як ковила, починають цвісти раніше через підвищення середньої температури. У той же час, види, які мають менший адаптаційний потенціал, як-от певні види злаків, можуть втрачати свою життєздатність через зміщення термінів росту і плодоношення, що порушує їх взаємодію з іншими видами в екосистемі.

Оцінка адаптаційного потенціалу рослин є важливим етапом для розуміння стійкості природних екосистем до змін клімату. Дослідження фенологічних змін, фізіологічних реакцій і стійкості різних видів рослин дозволяють прогнозувати можливі наслідки кліматичних змін і розробляти стратегії охорони природи. У разі подальших змін клімату адаптаційні можливості рослин можуть стати важливим індикатором того, як екосистеми будуть пристосовуватися до нових умов і наскільки ефективно вони зможуть підтримувати свої функції. Врахування цих факторів є критично важливим для збереження біорізноманіття та екологічної стійкості в умовах змін клімату.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. П. Іванюта, О. О. Коломієць, О. А. Малиновська, Л. М. Якушенко // Зміна клімату: наслідки та заходи адаптації: аналіт. доповідь. 2020. 110 с.

2. Яковшина Т.Ф. // Адаптація ЄС до змін клімату та стійкі урбоекосистеми: Навчальний посібник. 2023. 109 с.

РАДІОЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ТЕХНОГЕННОГО ВПЛИВУ: ПРИКЛАДИ ЗАБРУДНЕННЯ ТА ШЛЯХИ РЕАБІЛІТАЦІЇ

Л.В. Головань

Державний біотехнологічний університет, Харків, Україна
завідувач кафедри екології та біотехнологій в рослинництві
golovanlarisa14@gmail.com

У сучасних умовах зростання масштабів техногенної діяльності особливої актуальності набуває проблема радіоекологічної безпеки. Внаслідок роботи атомних електростанцій, поводження з радіоактивними відходами, аварій на ядерних об’єктах та видобутку уранових руд, у довкілля потрапляє значна кількість радіонуклідів, які можуть зберігатися в екосистемах протягом десятків і сотень років. Радіоактивне забруднення становить серйозну загрозу як для

природних біоценозів, так і для здоров'я людини, впливаючи на всі компоненти довкілля – атмосферу, ґрунти, водні ресурси, флору й фауну.

Особливе занепокоєння викликає наявність радіоактивно забруднених територій, що сформувалися внаслідок техногенних катастроф, зокрема Чорнобильської аварії 1986 року, яка мала глобальні наслідки для екосистем не лише України, а й інших країн Європи. Також важливими є питання довготривалого впливу радіонуклідів у районах розміщення сховищ відпрацьованого ядерного палива та підприємств з переробки ядерних матеріалів.

Актуальним науковим і практичним завданням є пошук ефективних методів реабілітації таких територій, мінімізації біологічного навантаження та відновлення екологічної рівноваги. Серед основних напрямів – фіторемедіація, хімічна фіксація радіонуклідів у ґрунтах, використання біоіндикаторів для моніторингу та прогнозування екологічного стану, а також впровадження сучасних систем екологічного моніторингу.

Радіоактивне забруднення навколишнього середовища належить до найбільш довготривалих та небезпечних форм техногенного впливу. Його особливість полягає у високій стабільності радіонуклідів, здатності до міграції у природних середовищах та біоакумуляції в організмах. Основними джерелами надходження радіонуклідів у довкілля є аварії на ядерних об'єктах (Чорнобильська АЕС, Фукусіма-1), експлуатація та зберігання відпрацьованого ядерного палива, військові випробування, видобуток і переробка урановмісної сировини.

Наймасштабнішим прикладом в Україні є Чорнобильська катастрофа, яка спричинила забруднення понад 150 тис. км² території. Основні радіонукліди, що забруднили довкілля, – це цезій-137, стронцій-90 і плутоній-239. Вони потрапили у ґрунти, водні об'єкти, рослинність і продукти харчування, що призвело до значного зростання радіаційного навантаження на біоту і людину. Особливу загрозу становить внутрішнє опромінення, що виникає при споживанні забрудненої продукції або води.

Ураження природних екосистем виявляється у зміні видового складу, зниженні біорізноманіття, мутаційних змінах, порушенні трофічних ланцюгів. Наприклад, на території Зони відчуження виявлено підвищену чутливість до радіації у деяких видів ссавців, птахів і комах, зокрема зменшення чисельності популяцій дрібних гризунів та зниження репродуктивних показників у птахів.

Реабілітація радіоактивно забруднених територій вимагає комплексного підходу. Серед технологій, які активно застосовуються в Україні та інших країнах, варто виокремити фіторемедіацію – застосування рослин для вилучення або фіксації радіонуклідів у ґрунтах. Такі рослини, як соняшник, ріпак, люцерна, здатні ефективно акумулювати цезій та стронцій. Хімічна фіксація – використання мінеральних та органічних сорбентів (наприклад, бентоніту, цеоліту), що знижують біодоступність радіонуклідів у ґрунтах. Деградація і заміну ґрунтового покриву – зняття поверхневого шару та його ізоляція, або ж заміна на чистий ґрунт, що дає змогу відновити сільськогосподарське використання. Використання біоіндикаторів – видів, чутливих до радіації, для довгострокового моніторингу рівня забруднення.

У міжнародному досвіді значну увагу приділяють не лише технічним заходам, а й екологічній освіті, формуванню культури радіаційної безпеки серед населення та вдосконаленню нормативно-правової бази у сфері радіаційного захисту. Наприклад, у Японії після аварії на Фукусіма-1 було впроваджено інтенсивні програми з деконтамінації територій, моніторингу продовольства і здоров'я населення, а також відновлення природних ландшафтів.

Серед основних заходів: зняття верхнього шару ґрунту в зоні найвищого забруднення, що дозволило зменшити рівень радіаційного фону в місцях проживання людей. Облаштування спеціальних сховищ для зберігання радіоактивно забрудненого ґрунту., використання фіторемедіаційних технологій, зокрема вирощування рослин-гіпернакопичувачів, здатних абсорбувати радіонукліди (наприклад, соняшнику та гірчиці польової). Окрім технічних заходів, велику увагу в Японії приділяють психологічній підтримці населення, наданню інформації про безпеку, евакуації та можливості повернення на очищені території.

Після Чорнобильської катастрофи північні країни Європи, такі як Норвегія та Швеція, також зазнали опромінення своїх територій. Уряд Норвегії впровадив низку заходів: контроль

вмісту цезію-137 у м'ясі диких оленів, що становило екологічну та харчову проблему для північних регіонів, застосування фероцианідів (*Prussian blue*) для зменшення радіоактивного навантаження в тварин.

Серед важливих міжнародних ініціатив у сфері радіоекології та подолання техногенних катастроф можна відзначити Міжнародне агентство з атомної енергії (МАГАТЕ), який займається розробкою стандартів безпеки та координацією досліджень щодо поводження з радіоактивними відходами. Програма «ENVIRONET» (IAEA) забезпечує підтримку країн у використанні інноваційних екотехнологій для реабілітації забруднених територій. UNSCEAR (Комітет ООН з вивчення дії атомної радіації) – аналітичні звіти щодо радіаційного впливу на довкілля та здоров'я людини. EURAD (Європейське партнерство з досліджень поводження з радіоактивними відходами) проводить міждисциплінарні дослідження для безпечного управління радіоактивними матеріалами.

Радіоекологічні наслідки техногенного забруднення є одним із найбільш довготривалих та складних викликів для довкілля та здоров'я людини. Аварії на ядерних об'єктах, а також діяльність підприємств ядерного паливного циклу залишають після себе масштабні зони радіоактивного ураження, що потребують постійного контролю, наукового супроводу та активних заходів реабілітації.

На прикладі Чорнобильської зони чітко видно, що навіть через десятиліття після аварії зберігаються високі рівні радіоактивного фону в окремих екосистемах. Це обумовлює необхідність застосування довготривалих стратегій відновлення, включаючи біотехнологічні методи (фіторемедіацію), хімічні заходи стабілізації радіонуклідів у ґрунті, а також сучасні засоби дистанційного моніторингу. Особливу увагу слід приділяти збереженню біорізноманіття та підтриманню стабільності екосистем, що піддаються радіаційному тиску.

Міжнародна практика свідчить про ефективність поєднання інженерно-технічних, екологічних та соціально-інформаційних підходів у подоланні наслідків радіоактивного забруднення. Для України надзвичайно важливо використовувати накопичений досвід, розвивати власні наукові дослідження в галузі радіоекології, вдосконалювати систему радіаційного моніторингу та залучати новітні технології до процесу відновлення уражених територій.

Таким чином, ефективне вирішення проблеми техногенного радіоактивного впливу можливе лише за умови комплексного підходу, який поєднує наукову обґрунтованість, технологічну інноваційність та екологічну відповідальність.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Гудков І.М., Кашпаров В.О., Паренюк О.Ю. // Радіоекологічний моніторинг: навчальний посібник. 2019. 188 с.

2. Радіаційна екологія: Навчально-методичний посібник. 2011. 217 с.

РІДКІСНІ ВИДИ РОСЛИН: ВИЗНАЧЕННЯ, КРИТЕРІЇ РІДКІСНОСТІ ТА СТАТУСИ ОХОРОНИ

В.В. Воробйова

Державний біотехнологічний університет, Харків, Україна
Здобувач 4 курсу за спеціальністю 101 «Екологія», v70033889@gmail.com
Науковий керівник – PhD з екології, доцент кафедри екології та біотехнологій в рослинництві Чуприна Ю.Ю.

Проблема збереження біорізноманіття є однією з найактуальніших у сучасному світі. Особливу увагу привертають рідкісні види рослин, які є вразливою складовою фітоценозів та потребують спеціальних заходів охорони.

У науковій літературі існує кілька підходів до визначення поняття "рідкісні види рослин". У широкому сенсі, рідкісні види рослин – це таксони, які характеризуються низькою чисельністю популяцій, обмеженим ареалом поширення або специфічними екологічними вимогами, що робить їх потенційно вразливими до зникнення під впливом природних чи антропогенних факторів.

Більш конкретні визначення часто базуються на кількісних показниках чисельності та площі поширення. Наприклад, рідкісними можуть вважатися види, щільність популяцій яких нижча за певний поріг, або ті, що займають невелику територію. Важливо зазначити, що рідкісність є динамічною характеристикою, яка може змінюватися під впливом різних факторів [1, с. 5].

Для цілей даної дипломної роботи під рідкісними видами рослин ми розумітимемо таксони, які відповідають одному або кільком критеріям рідкісності, що визначаються на основі сучасних наукових підходів та міжнародних стандартів.

Визначення рідкісності видів рослин є складним завданням, що вимагає комплексного підходу та врахування різних характеристик популяцій та їхнього середовища існування. Існує кілька основних критеріїв, які використовуються для оцінки рідкісності видів:

- Обмежений ареал поширення: Види, які зустрічаються на невеликій території, є більш вразливими до локальних загроз, таких як руйнування середовища існування, забруднення або інвазійні види. Розмір ареалу, його фрагментація та ступінь ізольованості популяцій є важливими показниками.
- Низька чисельність популяцій: Невеликі популяції мають нижчу генетичну різноманітність, що знижує їхню здатність адаптуватися до змін навколишнього середовища. Вони також більш схильні до випадкових демографічних коливань та наслідків інбридингу.
- Вузька екологічна амплітуда (стенотопність): Види, які пристосовані до дуже специфічних умов існування (наприклад, певний тип ґрунту, рівень освітленості, вологість), є більш чутливими до змін цих умов. Навіть незначні порушення їхнього біотопу можуть призвести до скорочення чисельності або зникнення.
- Низька швидкість розмноження та повільне відновлення популяцій: Види з низькою плодючістю, пізнім настанням статевої зрілості або повільним вегетативним розмноженням мають низьку здатність до відновлення після негативного впливу.
- Тенденція до скорочення чисельності та площі поширення: Навіть якщо вид на даний момент не є малочисельним чи з обмеженим ареалом, його відмічена тенденція до скорочення популяцій або втрати середовища існування є важливим критерієм для визначення його як рідкісного [2, с. 45].
- Висока вразливість до антропогенних факторів: Деякі види є особливо чутливими до певних видів людської діяльності, таких як надмірне збирання, руйнування природних екосистем, забруднення, зміни клімату тощо.

Залежно від мети оцінки та наявних даних, можуть використовуватися різні комбінації цих критеріїв. Міжнародний союз охорони природи (IUCN) розробив комплексну систему критеріїв для оцінки ризику зникнення видів, яка також враховує аспекти рідкісності.

Для забезпечення ефективної охорони рідкісних видів рослин необхідно визначити їхній природоохоронний статус, який відображає ступінь їхньої вразливості та необхідність вжиття спеціальних заходів. Існують різні системи класифікації природоохоронних статусів на міжнародному, національному та регіональному рівнях.

Міжнародний рівень:

- Червоний список Міжнародного союзу охорони природи (*IUCN Red List of Threatened Species*): Є найбільш авторитетною міжнародною системою оцінки природоохоронного статусу видів. Види класифікуються за різними категоріями ризику зникнення, включаючи "Види під критичною загрозою", "Види під загрозою", "Уразливі види", "Близькі до загрозливого стану", "Найменший ризик", "Даних недостатньо" та "Зниклі". Критерії *IUCN* є кількісними та базуються на розмірі популяції, темпах її скорочення, площі поширення та інших факторах [4, с. 21].

Національний рівень (Україна):

- Червона книга України: Є основним державним документом, що містить перелік рідкісних і таких, що перебувають під загрозою зникнення, видів рослин і тварин на території України. Види рослин, занесені до Червоної книги України, поділяються на кілька категорій залежно від ступеня загрози: "Зниклі", "Зниклі в природі", "Критично рідкісні", "Рідкісні", "Вразливі", "Близькі до загрозливого стану" та "Неоцінені". Занесення виду до Червоної книги є підставою для вжиття спеціальних заходів щодо його охорони.
- Зелена книга України: Включає перелік рідкісних і типових рослинних угруповань, що потребують охорони. Хоча Зелена книга зосереджена на охороні ценозів, вона також сприяє збереженню рідкісних видів, які є їхніми складовими.

Регіональний рівень:

- На рівні окремих областей або регіонів можуть створюватися власні переліки рідкісних видів рослин, які враховують специфіку місцевої флори та існуючі загрози. Ці регіональні списки можуть доповнювати національні Червоні книги та сприяти більш ефективній охороні видів на локальному рівні.

Визначення природоохоронного статусу є важливим кроком у розробці стратегій збереження рідкісних видів рослин [3, с. 65].

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Бойко М.Ф. // Флора і рослинність Українських Карпат. 2017.
2. Дідух Я.П. // Червона книга України. Рослинний світ. 2009.
3. Закон України "Про Червону книгу України" від 7 лютого 2002 року № 3055-III.
4. Зелена книга України: Рідкісні і типові рослинні угруповання, що потребують охорони. 2009.

ОЦІНКА ВПЛИВУ ТРАДИЦІЙНИХ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ НА ЕКОЛОГІЧНУ СИТУАЦІЮ ТА ЗДОРОВ'Я НАСЕЛЕННЯ

М.В. Пеншина

Державний біотехнологічний університет, Харків, Україна
Здобувач 4 курсу за спеціальністю 101 «Екологія», margarita.penshina@gmail.com
Науковий керівник – канд. с-г наук, асистент кафедри екології та біотехнологій в рослинництві Клименко І.В.

Традиційні будівельні матеріали, такі як деревина, глина, камінь, солома та вапно, протягом століть використовувалися для зведення житлових та господарських споруд. Їхня доступність, відносна дешевизна та придатність до місцевих кліматичних умов зумовили їхнє широке застосування в минулому. Однак, в контексті сучасних екологічних та медичних вимог, необхідно критично оцінити вплив цих матеріалів на довкілля та здоров'я людини [2, с. 18].

Використання традиційних будівельних матеріалів, що сягає своїм корінням у глибоку давнину, має складний та багатогранний вплив на навколишнє середовище. На відміну від сучасних промислових матеріалів, виробництво яких часто пов'язане зі значними енергетичними витратами та викидами забруднюючих речовин, традиційні матеріали характеризуються низкою екологічних переваг, але водночас можуть мати і певні негативні наслідки, які потребують ретельного аналізу.

Переваги використання традиційних будівельних матеріалів з екологічної точки зору

Однією з ключових переваг традиційних будівельних матеріалів є їхній низький рівень енергоємності виробництва. Порівняно з такими енергоінтенсивними процесами, як виробництво цементу, сталі, алюмінію чи пластику, виготовлення та обробка традиційних матеріалів, таких як деревина (ошкурювання, розпилювання, сушіння), камінь (видобуток, обробка), глина (видобуток, формування, випалювання при відносно низьких температурах) або солома (заготівля, пресування), вимагає значно менших витрат палива та електроенергії. Це, у свою чергу, призводить до менших викидів парникових газів, які є однією з основних причин зміни клімату [1, с. 18]. Таким чином, використання традиційних матеріалів може сприяти зменшенню вуглецевого сліду будівельної галузі.

Важливим аспектом є також використання відновлюваних природних ресурсів. Деревина, за умови сталого лісового господарства, є відновлюваним ресурсом, оскільки нові дерева можуть бути висаджені на місці зрубаних, забезпечуючи безперервний цикл. Солома, як побічний продукт сільського господарства, також є відновлюваним матеріалом, використання якого дозволяє зменшити обсяги відходів. Деякі види глини, за умови відповідального видобутку та рекультивації кар'єрів, також можуть вважатися відносно відновлюваним ресурсом. Такий підхід контрастує з використанням невідновлюваних ресурсів, таких як мінеральна сировина для виробництва цементу або руда для виплавки металу.

Ще однією значною екологічною перевагою є мінімальні відходи та можливість повторного використання [3, с. 25]. Після закінчення терміну служби будівлі, зведеної з традиційних матеріалів, багато з них можуть бути використані повторно в інших конструкціях або перероблені. Наприклад, дерев'яні балки можуть бути очищені та використані для будівництва нових споруд або для виготовлення меблів. Камінь може бути використаний для мощення доріжок, зведення підпірних стін або в ландшафтному дизайні. Глина може бути подрібнена та використана для виготовлення нових глиняних виробів або як заповнювач. Така можливість повторного використання та переробки сприяє зменшенню обсягів будівельних відходів, які є значною екологічною проблемою в сучасному світі.

Особливо варто відзначити здатність деяких традиційних матеріалів до поглинання вуглекислого газу [5, с. 41]. Деревина протягом свого росту активно поглинає вуглекислий газ

з атмосфери в процесі фотосинтезу, перетворюючи його на целюлозу та інші органічні сполуки. Цей вуглець залишається зв'язаним у дерев'яних конструкціях протягом усього терміну їхньої експлуатації. Таким чином, використання деревини в будівництві може розглядатися як своєрідний спосіб "депонування" вуглецю, сприяючи зменшенню концентрації парникових газів в атмосфері та пом'якшенню наслідків зміни клімату.

Негативні екологічні наслідки використання традиційних будівельних матеріалів

Поряд з екологічними перевагами, використання традиційних будівельних матеріалів може мати і певні негативні наслідки, які необхідно враховувати при їхньому застосуванні.

Вирубка лісів та деградація земель є однією з найсерйозніших проблем, пов'язаних з використанням деревини. Неконтрольована та незаконна заготівля лісу може призвести до знищення лісових екосистем, втрати біорізноманіття, деградації ґрунтів, зміни гідрологічного режиму та збільшення ризику ерозії. Для мінімізації цього негативного впливу необхідно впроваджувати принципи сталого лісового господарства, що передбачають відповідальне управління лісовими ресурсами, відновлення вирубаних ділянок та сертифікацію лісової продукції. Аналогічно, видобуток каменю та глини може спричинити руйнування природних ландшафтів, утворення кар'єрів, зміну рельєфу та порушення екосистем. Рекультивація кар'єрів після завершення видобутку є важливим заходом для відновлення порушених територій.

Транспортування [2, с. 29] об'ємних та часто важких природних будівельних матеріалів на значні відстані може призвести до збільшення викидів парникових газів від транспортних засобів. Використання місцевих будівельних матеріалів дозволяє значно скоротити транспортні витрати та пов'язані з ними екологічні наслідки.

Необхідність обробки та захисту [6, с. 22] деяких традиційних матеріалів також може мати негативний вплив на довкілля. Для підвищення довговічності деревини та її стійкості до біологічних пошкоджень часто використовуються хімічні антисептики та консерванти, які можуть бути токсичними для навколишнього середовища та здоров'я людини. Потрібно віддавати перевагу екологічно безпечним методам обробки та захисту деревини.

Виробництво вапна, яке використовується як в'яжучий матеріал, пов'язане з процесом випалювання вапняку при високих температурах, що призводить до викидів значної кількості вуглекислого газу. Використання альтернативних в'яжучих матеріалів або оптимізація процесу виробництва вапна може допомогти зменшити його екологічний слід.

Таким чином, екологічні аспекти використання традиційних будівельних матеріалів є складними та залежать від багатьох факторів, включаючи методи видобутку, обробки, транспортування та утилізації. Для максимізації екологічних переваг та мінімізації негативних наслідків необхідно застосовувати комплексний підхід, що включає стале управління ресурсами, використання місцевих матеріалів, екологічно безпечні технології обробки та повторне використання будівельних відходів.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Андрієвський П. П. // Екологічна безпека будівельних матеріалів. 2018.
2. Василенко С. І. // Хімічні модифікатори деревини в будівництві: екологічні аспекти. 2017.
3. Гончар В. М. // Виробництво та застосування вапна в будівництві: екологічний слід. 2024.
4. Захарчук О. В. // Вплив лісозаготівель на біорізноманіття Карпатського регіону. 2016.
5. Іванов І. С. // Історія використання традиційних будівельних матеріалів в Україні. 2015.
6. Коваль А. Л. // Енергоефективність виробництва будівельних матеріалів. 2019.

АНАЛІЗ ЗМІН МІКРОКЛІМАТИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПІД ВПЛИВОМ ЛІСОВИХ МАСИВІВ

А.О. Черненко

Державний біотехнологічний університет, Харків, Україна
Здобувач 4 курсу за спеціальністю 101 «Екологія», loganpro1488@gmail.com
Науковий керівник – канд. с-г наук, асистент кафедри екології та біотехнологій в рослинництві Клименко І.В.

Вплив лісових насаджень на мікроклімат є складним комплексом взаємопов'язаних процесів, що охоплюють зміни радіаційного, теплового, водного та аеродинамічного режимів приземного шару атмосфери та ґрунту. Ці зміни мають значний вплив на функціонування лісових екосистем, сільськогосподарських угідь, водних об'єктів та комфортність середовища життєдіяльності людини.

Лісовий полог істотно трансформує потік сонячної радіації, що досягає земної поверхні. Крони дерев затримують значну частину прямої та розсіяної сонячної радіації, зменшуючи її надходження до ґрунту та приземного шару повітря. Коефіцієнт поглинання радіації лісовим пологом залежить від густоти насаджень, їхньої вертикальної структури (ярусності), фенологічної фази розвитку, а також від кута падіння сонячних променів [1, с. 15].

Зменшення надходження короткохвильової радіації під полог лісу призводить до зниження альбедо поверхні (відбивної здатності), оскільки лісова підстилка та затінена поверхня ґрунту відбивають менше радіації, ніж відкриті ділянки, вкриті травою або ріллею. Водночас, лісові насадження самі випромінюють довгохвильову радіацію, і цей процес також залежить від температури та емісійної здатності лісової поверхні.

Сумарний радіаційний баланс лісових екосистем, як правило, є меншим порівняно з відкритими територіями, що зумовлює відмінності в їхньому тепловому режимі.

Зменшення надходження сонячної радіації під полог лісу є основною причиною зниження температури повітря та ґрунту в лісових насадженнях, особливо в денний час та в літній період. Лісова підстилка, що складається з опалого листя, хвої та гілок, має низьку теплопровідність, що сприяє збереженню прохолоди в ґрунті влітку та зменшенню його промерзання взимку [4, с. 41].

У нічний час та взимку різниця температур між лісом та відкритою місцевістю може бути меншою або навіть змінювати знак. Лісовий полог перешкоджає вихолоджуванню приземного шару повітря шляхом зменшення ефективного випромінювання тепла в атмосферу.

Вертикальний розподіл температури повітря в лісі також має свої особливості. У кронах дерев спостерігаються більші добові амплітуди температури порівняно з приземним шаром повітря під пологом лісу, де температурні коливання є більш згладженими.

Лісові насадження істотно впливають на вологість повітря та ґрунту через процеси транспірації, випаровування та затримання опадів. Розвинена коренева система дерев поглинає значну кількість ґрунтової вологи, яка потім випаровується через листя (транспірація), збільшуючи вологість повітря в межах лісового масиву. Інтенсивність транспірації залежить від багатьох факторів, включаючи вид дерев, їхній вік, фізіологічний стан, а також від метеорологічних умов (температури повітря, вологості, освітленості, швидкості вітру) [2, с. 27].

Лісова підстилка відіграє важливу роль у регулюванні вологості ґрунту. Вона затримує значну частину опадів, зменшуючи поверхневий стік та сприяючи інфільтрації води в ґрунт. Органічна речовина підстилки має високу вологоємність, що дозволяє їй утримувати значну кількість води та поступово віддавати її в ґрунт, підтримуючи оптимальний рівень вологості для росту рослин. Підвищена вологість повітря в лісі може призводити до зменшення

інтенсивності випаровування з поверхні ґрунту та рослин, створюючи більш сприятливі умови для їхнього розвитку, особливо в посушливі періоди.

Лісові насадження є ефективним бар'єром для вітру. Крони дерев, стовбури та підлісок створюють значний опір повітряним потокам, що призводить до зменшення швидкості вітру всередині лісу та на прилеглих територіях [3, с. 23]. Ступінь зменшення швидкості вітру залежить від густоти та висоти насаджень, їхньої протяжності та орієнтації відносно переважаючих напрямків вітру.

Зменшення швидкості вітру в лісі призводить до зниження інтенсивності випаровування з поверхні ґрунту та рослин, зменшення механічних пошкоджень рослин (вітровал, бурелом), а також сприяє акумуляції снігу в зимовий період. Лісові смуги, спеціально створені вздовж полів, є ефективним засобом захисту сільськогосподарських угідь від вітрової ерозії та посухи.

На межі лісу та відкритої місцевості можуть спостерігатися турбулентні потоки повітря, однак на певній відстані від лісового масиву його захисний вплив на швидкість вітру стає значним.

Вплив лісових насаджень на мікроклімат є комплексним і залежить від взаємодії багатьох факторів, серед яких:

- тип лісу (породний склад): Хвойні та листяні ліси мають різну густоту крон, опад хвої та листя, що впливає на затінення, транспірацію та формування лісової підстилки [5, с. 18].
- вік лісу: Молоді та стиглі ліси відрізняються за висотою, густотою та структурою насаджень, що зумовлює різний ступінь їхнього впливу на мікроклімат.
- густота насаджень: Більш густі насадження забезпечують сильніше затінення, зменшення швидкості вітру та більшу транспірацію.
- ярусність лісу: Наявність підліску та трав'яного покриву також впливає на розподіл радіації, температури та вологості повітря в лісовій екосистемі.
- географічне розташування та кліматичні умови: Вплив лісу на мікроклімат може варіюватися залежно від широти місцевості, висоти над рівнем моря, режиму опадів та температурного режиму регіону.
- розміри та конфігурація лісового масиву: Великі лісові масиви мають більш виражений вплив на мікроклімат прилеглих територій порівняно з невеликими гаями чи окремими деревами.

Для кількісної оцінки змін мікрокліматичних умов під впливом лісових насаджень необхідне проведення систематичних метеорологічних спостережень як на відкритих ділянках, так і в межах лісових масивів з урахуванням різних таксаційних характеристик лісу та екологічних умов. Отримані дані можуть бути використані для розробки моделей прогнозування мікрокліматичних змін та оптимізації лісогосподарської діяльності з метою підвищення екологічної стійкості лісових екосистем та покращення навколишнього середовища [6, с. 41].

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Бондаренко В. Д. // *Лісове ґрунтознавство*. 2000.
2. Budyko M. I. // *Climate and life*. New York: Academic Press. 1971.
3. Георгієвський В. Ю. // Лісове господарство. 1969. 5: 23-27.
4. Генсірук С. А., Ніжнік М. С. // *Ліси України*. Львів: Світ. 2003.
5. Кулик М. С. // *Агрокліматичне районування України*. Київ: Урожай. 1979.
6. Лихолат Ю. В. // *Екологія лісу*. 2005.

МІКРОЕВОЛЮЦІЯ ТА МАКРОЕВОЛЮЦІЯ ЯК ПРОЦЕСИ ФОРМУВАННЯ ВИДУ: МЕХАНІЗМИ, ЗАКОНОМІРНОСТІ ТА ЕВОЛЮЦІЙНІ НАСЛІДКИ

А.О. Босенко

Державний біотехнологічний університет, Харків, Україна
Здобувач 2 курсу за спеціальністю 101 «Екологія», bosenkol06@gmail.com
Науковий керівник – PhD з екології, доцент кафедри екології та біотехнологій в рослинництві Чуприна Ю.Ю.

Мікроеволюція та макроеволюція є фундаментальними процесами, що лежать в основі формування біорізноманіття та адаптації організмів до змін навколишнього середовища. Дослідження механізмів мікроеволюції, таких як мутації, генетичний дрейф, потік генів, невипадкове спаровування та природний відбір, а також макроеволюційних процесів, таких як видоутворення, масові вимирання та горизонтальне перенесення генів, має важливе значення для розуміння еволюційних змін на різних рівнях біологічної організації. Ці дослідження актуальні в контексті сучасних екологічних змін, зумовлених антропогенним впливом, а також для прогнозування еволюційних наслідків, таких як адаптація, видоутворення та зміни біорізноманіття.

Мікроеволюція – сукупність пускових еволюційних процесів, що відбуваються усередині виду, в межах окремих або суміжних популяцій. Адресується до систематичної зміни частот гомологічних алелей, ділянок хромосом або цілих хромосом у локальній популяції [1, с. 5-6].

Існує п'ять основних механізмів мікроеволюції:

Мутаційний процес – це процес виникнення в популяціях найрізноманітніших мутацій: генних, хромосомних і геномних. Мутаційний процес є найважливішим елементарним еволюційним фактором, оскільки постачає елементарний еволюційний матеріал – мутації. Саме мутації забезпечують появу нових варіантів ознаки і лежать в основі всіх форм мінливості.

Мутації, що не піддаються помітній дії відбору, називаються селективно нейтральними. В теорії еволюції зазвичай розглядаються тільки генеративні мутації.

Для еволюції важливо, що можуть виникати зворотні мутації, при яких дія однієї мутації скасовується іншою мутацією.

Частота мутацій конкретних генів дуже низька: вона коливається від 10–3 до 10–10 (у середньому 10–6).

Генетичний дрейф. Дрейф генів – це випадкові ненаправлені зміни частот алелів в популяціях. Чим менше популяція, тим більша ймовірність флуктуації – випадкової зміни частот алелів. У надмалих популяціях за зовсім випадкових причин мутантний алель може зайняти місце нормального алеля, тобто відбувається випадкова фіксація мутантного алеля.

Генетичний дрейф, дрейф генів або алельний дрейф являють собою зміну відносної частоти, з якою певний варіант гену (алель) знаходиться в популяції, що є наслідком того, що алелі у нащадків є випадковим набором алелей батьків та через вплив випадковості на виживання та розмноження. Через генетичний дрейф варіації гену можуть повністю зникнути, зменшуючи таким чином генетичну розмаїтість [2, с. 11].

Генетичний дрейф є одним з механізмів еволюції, що викликає зміни частот алелей з часом. На відміну від природного відбору, що приводить до виникнення великого числа алелей через їх невеликий внесок, зміни, зумовлені генетичним дрейфом, а не тиском навколишнього середовища, можуть бути корисними, нейтральними або шкідливими.

Ефект генетичного дрейфу найбільший у невеликих популяціях та найменший у великих популяціях. Його відносна важливість у процесі еволюції, порівняно з природним відбором, залишається суперечливою. Один із засновників синтетичної теорії еволюції, Роналд Фішер, в 1930-х роках дійшов висновку, що генетичний дрейф відіграє невелику роль,

і цей погляд домінував кілька десятиліть. Проте в 1968 році популяційний генетик Мотоо Кімуру навів дані з нейтральної теорії молекулярної еволюції, за якими генетичний дрейф відіграє дуже важливу роль на рівні з природним відбором.

Потік генів — обмін генами між популяціями одного виду внаслідок вільного схрещування їхніх особин. Виникає зазвичай через міграцію, коли частина особин однієї популяції потрапляє до другої та їхні гени включаються у генофонд цієї популяції.

Міграція в популяцію або з популяції може призвести до значних змін частот алелей, оскільки при цьому змінюється співвідношення між членами популяції, які несуть даний алель [3, с. 25].

Існує декілька факторів, які впливають на швидкість перенесення генів між популяціями. Одним з найзначиміших є рухливість. Чим вища рухливість у виду, тим вище потенціал міграції. Тварини, як правило, рухливіші, ніж рослини, хоча пилок та насіння можуть переноситись на значні відстані вітром або тваринами.

Потік генів розглядають як важливе джерело генетичної мінливості популяції, оскільки при схрещуванні особин різних популяцій генотипи потомства будуть відрізнятися від генотипів батьківських форм. Отже, потік генів є джерелом комбінативної мінливості.

Невипадкове спаровування — це процес, коли особини вибирають своїх партнерів для розмноження на основі певних ознак або характеристик. Це явище може суттєво впливати на генетичну структуру популяцій і є важливим механізмом мікроеволюції.

Види невипадкового спаровування:

1. Асортативне спаровування: Це форма спаровування, де особини з подібними фенотипами (наприклад, розміром, кольором або поведінкою) схильні до вибору один одного. Це може призвести до збільшення гомозиготності в популяції.

2. Дизасортативне спаровування: У цьому випадку особини вибирають партнерів, які відрізняються від них за певними ознаками. Це може сприяти зменшенню гомозиготності і збільшенню генетичної різноманітності.

Дизасортативне спарювання відрізняється від аутбридингу, який відноситься до моделей спарювання по відношенню до генотипів, а не до фенотипів.

Через гомотипні переваги (упередження до одного типу) асортативне спарювання відбувається частіше, ніж дизасортативне спарювання. Це пов’язано з тим фактом, що однотипні переваги збільшують спорідненість між партнерами та між батьками та нащадками, що сприятиме співпраці та підвищує інклюзивну придатність. При диссортативному спарюванні гетеротипні переваги (упередження до різних типів) у багатьох випадках, як було показано, підвищують загальну придатність.

Природний відбір - це сукупність біологічних процесів, що забезпечують диференціальне виживання і диференціальне відтворення генотипів.

Природний відбір діє на фенотип, або зовнішні характеристики організму, так що індивідууми із сприятливими фенотипами вірогідніше виживуть і розмножаться, ніж індивідууми з менш сприятливими фенотипами. Якщо цей фенотип має генетичну основу, тоді генотип, пов'язаний із сприятливим фенотипом, стане поширенішим в наступному поколінні. Через якийсь час, цей процес може привести до адаптації організмів до певної екологічної ніші і, кінець кінцем, може привести до виникнення нових видів [4, с. 9].

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Грант У. // Еволюційний процес. Критичний огляд еволюційної теорії. 1991. 488 с.
2. Джигирей В. С. // Екологія та охорона навколишнього природнього середовища. Київ: 2000.
3. Корсак К. В., Плахотник О. В. // Основи екології. К.: МАУП. 2000.
4. Кучерявський В. П. // Екологія. Львів: Світ. 2000.

ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ СИСТЕМИ ПОВОДЖЕННЯ З ТВЕРДИМИ ВІДХОДАМИ У ЛЬВОВІ: ДОСЯГНЕННЯ СТАЛОСТІ ТА ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ

Р.С. Полоус

Державний біотехнологічний університет, Харків, Україна
Здобувач 4 курсу за спеціальністю 101 «Екологія», polous387@gmail.com
Науковий керівник – канд. с.-г. н., асистент кафедри екології та біотехнологій в рослинництві Клименко І.В.

Управління твердими відходами є однією з найважливіших складових сталого розвитку міських територій. В умовах швидкої урбанізації та зростання населення міст, таких як Львів, питання ефективного поводження з відходами набуває особливої актуальності. Львів, як одне з найбільших міст України, стикається з численними викликами у цій сфері: зростанням обсягів відходів, недостатнім рівнем їх переробки та високим рівнем екологічного навантаження на навколишнє середовище. У зв'язку з цим, розробка та впровадження нових ефективних стратегій управління твердими відходами стає необхідною для досягнення сталості міського розвитку та забезпечення екологічної безпеки.

Однією з головних проблем є недостатній рівень роздільного збору відходів, низька ефективність їх переробки та утилізації, а також відсутність системи, що стимулює скорочення обсягів утворення відходів на рівні споживання. Крім того, Львів потребує оновлення інфраструктури для збору, транспортування та обробки відходів, а також впровадження інноваційних технологій, що дозволяють значно зменшити негативний екологічний вплив.

Стратегія розвитку системи поводження з твердими відходами повинна базуватися на принципах сталості та екологічної безпеки. Це включає в себе не лише розробку механізмів для ефективного управління відходами, а й впровадження програм з мінімізації відходів, переробки та повторного використання матеріалів, а також активне залучення громадськості та бізнесу до процесу утилізації. Зниження екологічного навантаження потребує впровадження нових підходів до управління ресурсами, адаптації до змін клімату та забезпечення енергоефективності в процесах обробки відходів.

Львів, як і багато інших великих міст, стикається з проблемою швидкого зростання обсягів твердих побутових відходів. Офіційні статистичні дані свідчать, що щорічно місто генерує понад 400 тисяч тонн відходів, з яких лише частина піддається переробці. Це свідчить про низький рівень ефективності системи управління відходами та значну потребу в модернізації інфраструктури для обробки відходів. Однак існуюча система поводження з твердими відходами потребує суттєвих змін. Серед найбільших проблем є недостатній рівень роздільного збору відходів, відсутність стимулів для зменшення утворення відходів, а також низька ефективність їх переробки та повторного використання.

Одним з головних кроків для вирішення зазначених проблем є впровадження комплексної стратегії управління відходами, яка включає кілька ключових напрямків. Так, у Львові варто посилити систему роздільного збору відходів, що дозволить значно зменшити кількість матеріалів, які потрапляють на звалища, а також покращити рівень переробки та повторного використання ресурсів. Створення зручних пунктів збору для різних типів відходів (папір, пластик, скло, органічні відходи) у кожному районі міста, а також організація просвітницьких кампаній серед населення, можуть суттєво збільшити ефективність цієї системи.

Львів потребує модернізації та розвитку потужностей для переробки відходів. Включення сучасних технологій для сортування, переробки та утилізації відходів дозволить значно знизити екологічний вплив на довкілля. Поглиблена переробка органічних відходів через компостування або біогазові установки може стати одним із ключових напрямків розвитку, оскільки органічні відходи становлять значну частину у загальній масі сміття.

Використання новітніх технологій, таких як смарт-системи для моніторингу та управління відходами, дозволить значно покращити ефективність існуючої системи. Застосування IoT (інтернету речей) для відстеження рівня заповнення контейнерів, оптимізації маршрутів збору відходів та управління процесами утилізації є важливим кроком для досягнення сталості. Успіх системи управління відходами залежить не лише від організаційних заходів, але й від активної участі населення та бізнесу. Розвиток системи стимулів для підприємств, що сприяють переробці та використанню вторинних матеріалів, може стати ефективним інструментом у зменшенні обсягів твердих відходів. Крім того, активне просвітництво серед мешканців Львова про важливість зменшення споживання, сортування та переробки відходів сприятиме зміні ставлення до цієї проблеми.

Розвиток системи управління відходами у Львові сприятиме не лише зменшенню кількості твердих відходів, але й істотному зниженню екологічного навантаження на довкілля. Впровадження стратегії, орієнтованої на зменшення відходів, переробку та повторне використання ресурсів, дозволить зменшити забруднення повітря, води та ґрунтів, а також знизити обсяг викидів парникових газів, що важливо в контексті глобальних кліматичних змін.

Окрім екологічних переваг, така стратегія сприятиме економічному розвитку Львова, створюючи нові робочі місця в галузі переробки та утилізації відходів, а також знижуючи витрати на вивезення та захоронення відходів. З точки зору сталого розвитку, це дозволить місту зробити вагомий внесок у збереження природних ресурсів та покращення якості життя його мешканців.

Таким чином, стратегія управління твердими відходами у Львові повинна бути комплексною, охоплюючи всі етапи: від скорочення утворення відходів до їх переробки і повторного використання. Залучення інноваційних технологій, створення ефективної інфраструктури та активне залучення громади є основними чинниками для досягнення сталості та екологічної безпеки в місті. Тільки при реалізації цих заходів можна забезпечити зменшення екологічного навантаження, покращення якості довкілля та створення умов для сталого розвитку Львова в умовах сучасних екологічних викликів.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. О.В. Рибалова // Поводження з відходами: Курс лекцій. 2016. 530 с.
2. Петрук В. Г., Васильківський І. В., Кватернюк С. М. та ін. // Управління та поводження з відходами. Частина 2. Тверді побутові відходи: навчальний посібник. 2015. 100 с.

ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ ПРИРОДНО-ЗАПОВІДНИХ ТЕРИТОРІЙ

І.В. Клименко

Державний біотехнологічний університет, Харків, Україна
асистент кафедри екології та біотехнологій в рослинництві, klymenkoigor1984@gmail.com

У сучасних умовах глобальних екологічних змін, стрімкого розвитку урбанізації та зростання антропогенного навантаження особливої актуальності набуває проблема збереження природно-заповідного фонду як основи підтримання біорізноманіття, екологічної стабільності та сталого розвитку. Природно-заповідні території (ПЗТ) відіграють ключову роль у збереженні рідкісних видів флори і фауни, генетичних ресурсів та природних екосистем. Водночас ефективна охорона та управління такими територіями неможливі без впровадження сучасних підходів до екологічного моніторингу, здатних оперативно реагувати на зміни у стані довкілля.

Традиційні методи моніторингу, засновані переважно на польових спостереженнях та вибірковому відборі проб, часто є трудомісткими, часовитратними та не забезпечують належної просторової і часової репрезентативності. У цьому контексті інноваційні технології – зокрема, дистанційне зондування Землі (ДЗЗ), геоінформаційні системи (ГІС), безпілотні літальні апарати (БПЛА), автоматизовані сенсорні мережі та методи обробки великих даних – відкривають нові можливості для точного, ефективного та комплексного контролю екологічного стану природоохоронних об'єктів.

Інтеграція таких технологій дозволяє не лише фіксувати поточний стан екосистем, але й моделювати тенденції змін, прогнозувати ризики деградації, своєчасно виявляти нелегальну діяльність (наприклад, вирубки чи браконьєрство), а також підвищувати прозорість управлінських рішень завдяки візуалізації екологічних даних. Успішний досвід застосування цифрових рішень у національних парках США, Канади, країн ЄС, а також поступове впровадження подібних практик в Україні, свідчать про ефективність інноваційних технологій у зміцненні системи екологічної безпеки ПЗТ.

Інноваційні технології моніторингу навколишнього середовища у межах природно-заповідного фонду охоплюють широкий спектр інструментів, які дозволяють забезпечити багаторівневий, просторово розширений та динамічний аналіз екосистем. Одним з найбільш перспективних напрямів є застосування безпілотних літальних апаратів (БПЛА), що дозволяють оперативно отримувати високоякісні аерофотознімки, фіксувати зміни рослинного покриву, виявляти осередки ерозії, вторгнення інвазійних видів та наслідки незаконної діяльності на заповідних територіях. БПЛА стали ефективним інструментом як у проведенні біоінвентаризації, так і в оцінці стану окремих біотопів.

Другим ключовим інструментом є дистанційне зондування Землі (ДЗЗ), яке забезпечує моніторинг великих площ з використанням супутникових даних різної роздільної здатності. Аналіз супутникових зображень дозволяє виявляти зміни ландшафтної структури, індекси вегетації (NDVI), оцінювати ступінь деградації екосистем, визначати зміну меж водно-болотних угідь, рівень зволоження ґрунтів та інші екологічні показники. У контексті зміни клімату ці дані набувають особливої цінності, дозволяючи аналізувати довготривалі тренди та аномальні відхилення.

Геоінформаційні системи (ГІС) є ще одним важливим інструментом, який поєднує просторову візуалізацію даних з аналітичними можливостями. Завдяки ГІС стало можливим створення інтерактивних карт розподілу рідкісних і зникаючих видів, вразливих біотопів, зон з підвищеним антропогенним навантаженням, що сприяє прийняттю обґрунтованих управлінських рішень. Зокрема, створення ГІС-платформ на основі відкритих екологічних даних дозволяє підвищити прозорість у сфері природоохоронної діяльності.

Не менш перспективними є сенсорні мережі та екологічні IoT-рішення, які передбачають встановлення датчиків для постійного моніторингу температури, вологості повітря і ґрунту, якості води у водоймах, рівня шумового забруднення тощо. Ці дані в реальному часі надходять до центральної бази й можуть бути інтегровані з даними дистанційного зондування та ГІС, створюючи цілісну систему екологічного спостереження.

У світовій практиці такі технології вже довели свою ефективність. Наприклад, у США Національна система екологічного моніторингу (NEON) поєднує супутникові дані, автоматизовані польові датчики та біоінвентаризацію для довгострокового моніторингу екосистем. У Європейському Союзі активно впроваджується програма Copernicus, що забезпечує держави-члени доступом до високоточних супутникових даних для управління ПЗТ.

В Україні подібні підходи починають набувати популярності. Зокрема, у національних парках «Синевир», «Карпатський» та «Гуцульщина» здійснюються проєкти з використання БПЛА для картографування лісових масивів і моніторингу популяцій червонокнижних видів. Також реалізуються ініціативи зі створення ГІС-систем для аналізу природоохоронних об'єктів у межах транскордонного співробітництва.

Проте, незважаючи на позитивні тенденції, широке впровадження інновацій у сфері охорони природи стримується низкою проблем: недофінансування природоохоронної сфери, нестача кваліфікованих кадрів, відсутність цілісної державної політики з цифровізації екологічного моніторингу. Тому необхідним є створення національної програми цифрового моніторингу ПЗФ, яка б об'єднувала зусилля науковців, управлінців і громадськості.

Отже, інноваційні технології екологічного моніторингу відкривають нові горизонти у сфері охорони природи, забезпечуючи оперативність, точність і комплексність збору даних про стан природно-заповідних територій. Використання безпілотних літальних апаратів, дистанційного зондування Землі, геоінформаційних систем, сенсорних мереж і інтернету речей дає змогу значно підвищити ефективність екологічного нагляду, виявляти зміни у природних екосистемах на ранніх етапах, а також швидко реагувати на загрози.

Такі технології дозволяють не лише вивчати динаміку змін флори, фауни, кліматичних і геоморфологічних параметрів, але й підтримувати прийняття управлінських рішень, що ґрунтуються на доказовій базі. Застосування інновацій в умовах зміни клімату, зростання антропогенного навантаження та втрати біорізноманіття є не просто бажаним, а критично необхідним кроком для забезпечення стійкості екосистем та збереження природної спадщини.

Водночас важливими передумовами ефективного впровадження таких технологій є: розвиток професійної компетентності фахівців, формування міждисциплінарних команд, інституційна підтримка з боку держави, залучення громадськості, а також належне фінансування проєктів цифрового моніторингу. У перспективі інтеграція інноваційних технологій у систему управління природно-заповідним фондом України сприятиме досягненню цілей сталого розвитку, збереженню біорізноманіття та гармонізації взаємодії суспільства з природним середовищем.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. В.М Боголюбов, А.В.Сальнікова, О.О. Ракоїд // Екологічний моніторинг: навчальний посібник. 2023. 200 с.

2. Коваленко Ю. Л. // Моніторинг довкілля : конспект лекцій. 2020. 144 с.

РОЛЬ ЗЕЛЕНИХ НАСАДЖЕНЬ У ПОЛІПШЕННІ ЯКОСТІ ПОВІТРЯ В УМОВАХ УРБАНІЗАЦІЇ ТА ВОЄННОГО НАВАНТАЖЕННЯ

Б.О. Лавріченко

Державний біотехнологічний університет, Харків, Україна
Здобувач 3 курсу спеціальності 101 Екологія, bogdanlavrichenko444@gmail.com
Науковий керівник – канд. с.-г. н., доцент кафедри екології та біотехнологій в рослинництві Бузіна І.М.

В умовах активного зростання урбанізованих територій та екологічної нестабільності, що загострюється через воєнні дії, питання зниження антропогенного навантаження на довкілля набуває критичного значення. Одним із ключових природних механізмів, здатних стабілізувати міське середовище, є зелені інфраструктури – системи природних та штучно створених рослинних елементів, що інтегруються в просторове планування населених пунктів. Їх екологічна ефективність полягає у здатності не лише фільтрувати забруднюючі речовини, а й регулювати мікроклімат, зменшувати тепловий ефект міських островів та слугувати буфером проти шумового й пилового забруднення.

Досвід міст України свідчить, що унаслідок повномасштабного вторгнення значні площі зелених зон зазнали деградації. Знищення дерев, пошкодження скверів та забруднення ґрунтів внаслідок обстрілів стали каталізатором погіршення якості повітря, особливо в

густонаселених районах. Окрім прямих викидів під час бойових дій, у повітря потрапляють вторинні забруднювачі, пов'язані з горінням будівельних матеріалів, нафтопродуктів та синтетичних речовин. На цьому тлі зелені зони втрачають свою екологічну функцію, а в окремих випадках стають непридатними до відновлення без спеціальних меліоративних заходів.

Роль зелених насаджень у стабілізації атмосферного середовища базується на сукупності біофізичних механізмів: фотосинтетичне поглинання CO_2, адсорбція дрібнодисперсних частинок PM2.5 і PM10, виділення фітонцидів, що пригнічують патогенні мікроорганізми. Ці процеси особливо важливі в умовах зростання обсягів вихлопних газів, які на сьогодні є провідним джерелом забруднення в українських містах. У містах із вищим рівнем озеленення спостерігається помітно нижчий індекс забруднення повітря, що підтверджено незалежним моніторингом (наприклад, сервіс SaveEcoBot).

Проте ефективність зелених насаджень залежить не лише від їх кількісного показника, а й від видового складу та розміщення. Розмаїття флори сприяє збереженню міського біорізноманіття, формуванню екологічних коридорів та підвищує стійкість до шкідників і змін клімату. Водночас, неконтрольоване розповсюдження інвазійних видів може мати зворотний ефект, витісняючи автохтонну рослинність. Тому формування міської зелені має базуватися на екосистемному підході, що враховує локальні природні умови.

Соціальна функція міської зелені також не підлягає сумніву. Вона виступає важливим чинником зниження рівня стресу, формування середовища для соціальних інтеракцій, відновлення психоемоційного стану громадян, особливо в період війни. Психологічне відновлення переселенців, ветеранів та цивільного населення часто починається саме з контакту з природним середовищем — скверами, парками, зонами відпочинку.

На законодавчому рівні Україна володіє достатньою базою для регулювання та підтримки розвитку зелених зон. Втім, практична реалізація на місцях стикається з перешкодами, серед яких — хронічне недофінансування, відсутність актуальних кадастрів зелених насаджень, правова невизначеність статусу окремих ділянок. Більше того, поствоєнна відбудова відкриває нові виклики: потребу в розробці стандартів фітомеліорації для зруйнованих промислових територій, інтеграцію зелених насаджень у плани реконструкції міських кварталів.

Міжнародний досвід, зокрема приклади Німеччини, Нідерландів та Канади, демонструє ефективність інтеграції «зелених дахів», вертикального озеленення, перетворення закинутих промислових зон на екопарки. Ці підходи можуть бути адаптовані й до українського контексту — через оновлення стратегій міського планування, залучення громад та партнерство з бізнесом. Впровадження програм підтримки «зелених стартапів», як і створення «зелених робочих місць», дасть змогу не лише поліпшити екологічний стан міст, а й сприятиме економічному відродженню регіонів.

У підсумку, формування ефективної системи міських зелених насаджень є стратегічним завданням у контексті післявоєнної відбудови, адаптації до змін клімату та підвищення якості життя. Трансформація міського середовища на принципах стійкості, екологічної рівноваги та залучення громади дозволить забезпечити сталий розвиток і гармонію між природою та урбаністикою.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ:

1. European Environment Agency. Air Quality in Europe – 2021 Report. URL: https://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2021
2. SaveEcoBot. Карта якості повітря в Україні. URL: https://www.saveecobot.com/maps
3. Борейко В. // Екологія міського середовища. 2019. 288 с.
4. Нікітенко О.М. // Екологічний вісник. 2020. 4: 15–21.
5. Черкашин І.М. // Екологічний вісник. 2022. 1: 14–19.

УГОДА ІЗ США ПРО КОРИСНІ КОПАЛИНИ ТА ОЦІНЮВАННЯ ЗБИТКІВ ПРИРОДНИМ РЕСУРСАМ

О.М. Сухіна

Інститут демографії та проблем якості життя Національної академії наук України, м. Київ, Україна,
к.е.н., с.н.с., старший науковий співробітник відділу екосистемних послуг та природоохоронних територій, olsuhina@ukr.net

Видобуток корисних копалин призводить до катастрофічних екологічних проблем і масштабних економічних збитків навколишньому природному середовищу (НПС). З початком війни розроблено і затверджено 7 нових методик оцінювання збитків природним ресурсам внаслідок військової агресії рф. І ціла армія вітчизняних і зарубіжних екологів, науковців, співробітників санстанцій, медиків щодня оцінюють такі збитки, і на сайті Державної екологічної інспекції України кожного тижня оновлюється інформація про розраховані обсяги цих збитків. З останніх новин є зрозумілим, що навряд чи рф буде виплачувати репарації Україні за знищені екосистеми, забруднення НПС та ін. Але ця виконана робота буде корисною для оцінювання збитків внаслідок видобутку корисних копалин США в Україні. Адже багаторічна практика видобутку корисних копалин США в інших країнах показує: що вони після себе залишають, і навіть "місячні ландшафти", і забруднені грунти, водойми та ін.

Виходячи з того, що 30 квітня 2025 року підписана "Угода між Урядом України та Урядом Сполучених Штатів Америки про створення Американсько-Українського інвестиційного фонду відбудови", а 8 травня Верховна Рада України погодила її ратифікацію, то незабаром техніка США буде добувати корисні копалини в Україні. Передбачено видобувати 57 мінералів, включно із рідкісноземельними металами, природним газом, нафтою та ін. США буде робити це інтенсивно, тим більше, що останні значні геологічні розвідки датуються ще часами СРСР. Всі сподіваються на співмірний прибуток від видобутку корисних копалин. Експерти зазначають, що США можуть з упевненістю розраховувати на суттєві прибутки від видобутку природного газу в Україні, а, отже, будуть застосовувати популярну в США технологію видобутку природного газу.гідророзривом пластів. А здійснення геологічної розвідки теж буде негативно впливати на природу.

Доцільно вивчати: які перспективи видобутку корисних копалин мають США на майбутнє. Так, згідно з даними CNN, США хочуть здійснювати глибоководний видобуток мінеральних ресурсів [1], хоча це може бути дуже небезпечно для екосистем Світового океану. "Президент США Дональд Трамп, який зосередився на забезпеченні країни стратегічно важливими мінералами, почав шукати можливість видобутку цих ресурсів у глибинах океану" [1]. "На глибині тисяч футів під водою зберігаються потенційно вигідні поклади міді, кобальту, нікелю, цинку, марганцю та інших мінералів. Ці ресурси є критично важливими для виробництва комп'ютерних чіпів, сучасних акумуляторів та інших продуктів, необхідних для переходу до екологічно чистої енергетики". Тобто, зберігаючи одні природні ресурси, можуть бути безповоротно знищені інші, і не лише ресурси, а цілі підводні екосистеми. США планується видобувати малі за розміром поліметалеві конкреції на дні океану, на дуже великій глибині. 30 компаній вже отримали ліцензії від Міжнародного органу з морського дна. Шум та світло негативно впливатимуть на китів та дельфінів. Також США націлені видобувати мідь та цинк з осадів біля гідротермальних джерел.

Тобто, на території України США будуть добувати корисні копалини і з великих глибин, як на суші, так і в морі. Тому необхідний буде жорсткий контроль.

Президент США Дональд Трамп вивів свою країну із Паризької угоди [2], хоча Сполучені Штати Америки "продукують близько 15 % парникових газів, які виробляються у Світі" [2]. Тобто, для США важливішою є економіка, а не збереження екосистем, і тому біорізноманіттю України загрожує масштабна небезпека, і, звісно, будуть значні економічні

збитки, які необхідно буде оцінювати. І, можливо, нові 7 методик оцінювання збитків щодо війни з рф, будуть прийнятними і для наслідків видобутку корисних копалин США. Експерти вважають, що без США Паризька угода втрачає силу.

За даними Greenpeace, "сучасні технології, що використовуються, наприклад, для інтенсивного видобутку рідкоземельних металів, призводять до утворення радіоактивних відходів, забруднення повітря, а також високотоксичних рідких відходів, які можуть просочуватися в ґрунтові води і водойми. Повідомляється про випадки раку та респіраторних захворювань у місцевого населення, яке проживає поблизу шахт з видобутку рідкоземельних металів. Це може бути пов'язано з токсичними відходами, як це відбувається, наприклад, у Китаї" [3].

На розвиток стратегії сталого розвитку та збалансованого надро- і природокористування у гірничодобувних регіонах, необхідно, щоб США використовували сучасну техніку, новітні малошкідливі технології видобутку корисних копалин, здійснювали рекультивацію територій видобутку мінеральної сировини. Це може запобігти спричиненню значних економічних збитків екосистемам.

Якщо вітчизняні видобувні компанії залишають після себе нерекультивовану територію, "місячні" ландшафти, забруднені підземні та поверхневі води, то так можуть поступати і американські, навіть зважаючи на значну відстань і дороговизну перевезення відповідної техніки. Якщо ще не всі українські гірничодобувні підприємства здійснили екологізацію своїх виробництв, то необхідно узгодити з американською стороною, аби до України поставлялася новітня техніка з видобутку корисних копалин, а не така, яка в США вже вийшла з ужитку. І всю техніку, яка буде завозитися на територію України, необхідно ретельно перевіряти відповідним службам.

ВИСНОВКИ. Таким чином, видобуток українських корисних копалин американськими компаніями може призвести до значних економічних збитків природним ресурсам нашої держави. Геологічна розвідка та видобуток мінаральних ресурсів, зокрема, нафти, природного газу, рідкоземельних металів має побічні ефекти як для екосистем, так і людей. Доцільно буде розширити повноваження українських відповідних установ щодо контролю над видобутком корисних копалин американцями, особливо, де вони будуть застосовувати технологію видобутку природного газу шляхом гідророзриву пластів. Можливо, у ході видобутку корисних копалин, доцільно буде затверджувати додаткові нормативні документи до Угоди із США про видобуток корисних копалин. Не важко здогадатися, що необхідно буде оцінювати економічні збитки екосистемам України. Проте, для зменшення розмірів таких збитків, доцільно оцінкювати екологічні ризики,

планувати пом'якшення шкідливих зовнішніх наслідків видобутку мінерально-сировинних ресурсів України американськими компаніями.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Ганжа К. CNN: Трамп націлився на глибоководний видобуток копалин. Чому це може бути небезпечним. - Дата публікації: 9травня 2025 року. URL: https://espreso.tv/svit-cnn-tramp-natsilivsya-na-glibokovodniy-vidobutok-kopalin-chomu-tse-mozhe-buti-nebezpechnim

2. Економіка перемогла екологію. Трамп вивів США з Паризької угоди. - Дата публікації: 22 січня 2025 р. URL: https://usionline.com/ekonomika-peremohla-ekolohiiu-tramp-vyviv-ssha-z-paryzkoi-uhody-video/

3. Greenpeace про Угоду між Україною та США про видобуток корисних копалин: необхідно запобігти надмірній експлуатації. - Дата публікації: 28 Лютого 2025 року. URL: https://www.greenpeace.org/ukraine/novyny/3457/greenpeace-neobkhidno-zapobihty-potuzhniy-ekspluatatsiyi/

ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ТА СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ЗАХИСТУ ДОВКІЛЛЯ ЯК СТРАТЕГІЧНИЙ ПРІОРИТЕТ СОЦІОЕКОЛОГІЇ

О.В. Сухенко[1], Н.С.Євтушенко[2]

[1]Харківський політехнічний фаховий коледж, Харків, Україна,
викладач, osukhenko@ukr.net
[2]Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, Україна, доцент natalya0899@ukr.net

У XXI столітті проблема охорони довкілля стала однією з найактуальніших для людства. Сучасна екологія вивчає не лише природні процеси, а й взаємодію між людиною та навколишнім середовищем. Соціоекологія, як міждисциплінарна наука, поєднує соціальні та екологічні аспекти для гармонійного розвитку суспільства. Теоретично вона аналізує вплив суспільних структур, економіки та культури на довкілля. Практично — розробляє шляхи мінімізації негативного впливу людини на природу. Одним з ключових пріоритетів соціоекології є сталий розвиток, який забезпечує баланс між економічним зростанням і збереженням екосистем.

Зростаюче антропогенне навантаження на природу призвело до деградації екосистем, зміни клімату та загроз для здоров'я людей. Екологічна безпека — це стан захищеності природного середовища та населення від негативного впливу природних і техногенних чинників. Вона є фундаментом сталого розвитку, соціальної стабільності та економічної ефективності.

Серед технологій захисту довкілля особливо виділяють очищення води, повітря та ґрунтів. Екологічно чиста енергетика, така як сонячні та вітрові електростанції, дедалі активніше впроваджується в різних країнах [1]. Урбаністичні рішення, зокрема «зелені» дахи та вертикальні сади, допомагають зменшити вплив міського середовища на природу. Розвиток електротранспорту та зменшення викидів CO_2 — ще один приклад прикладної соціоекології. Важливу роль відіграє екологічна освіта, яка формує екологічну свідомість з раннього віку. Також активно розвиваються технології переробки відходів та вторинного використання ресурсів. Екосистемні послуги та оцінка природного капіталу стають важливими в економічному плануванні. Соціоекологія допомагає передбачити наслідки антропогенних дій та розробити адаптаційні стратегії. Вона сприяє створенню екологічно відповідального суспільства. Усі ці підходи мають на меті збереження природи для майбутніх поколінь. Без врахування соціального виміру екологічна політика не може бути ефективною. Отже, сучасна екологія та технології захисту довкілля тісно пов'язані з соціоекологічним підходом.

Сучасні держави розглядають екологічну безпеку як елемент національної безпеки. Особливої актуальності це питання набуває в умовах військових конфліктів, техногенних катастроф та глобального потепління. В Україні проблема екологічної безпеки є надзвичайно гострою [2]. Знищення інфраструктури, забруднення води, ґрунтів і повітря внаслідок війни потребують системних рішень. Окрім того, промислове забруднення та нераціональне природокористування залишаються хронічними проблемами.

Для досягнення екологічної безпеки потрібен комплексний підхід. Одним із ключових напрямів є розвиток «зеленої» економіки, яка передбачає ефективне використання ресурсів із мінімальним впливом на природу. Важливу роль відіграє законодавча база — екологічне право має бути чітким, дієвим і адаптованим до сучасних викликів. Технології очищення, відновлювальна енергетика та екологічний моніторинг мають стати обов'язковими елементами державної політики [3].

Громадянське суспільство також відіграє важливу роль у забезпеченні екологічної безпеки. Екологічна освіта, волонтерські ініціативи та публічний контроль над екологічними порушеннями посилюють відповідальність влади та бізнесу. Крім того, міжнародне

співробітництво, зокрема в межах ООН, ЄС і кліматичних угод, забезпечує обмін знаннями, досвідом та інвестиціями [4].

Не менш важливою є наукова підтримка екологічної політики. Дослідження змін клімату, біорізноманіття, енергетичних систем і соціоекологічних моделей дають змогу ухвалювати обґрунтовані рішення. Розвиток інформаційних технологій дозволяє проводити екологічний моніторинг у режимі реального часу.

Таким чином, соціоекологія в Україні активно розвивається, інтегруючи наукові дослідження з практичними заходами для забезпечення сталого розвитку та збереження навколишнього середовища.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Сухенко О.В., Євтушенко Н.С. // Охорона довкілля, використання природних ресурсів та забезпечення екологічної безпеки. Збірник матеріалів III Всеукраїнської науково-практичної конференції. 2024. 326-329.

2. Sukhenko O. V., Yevtushenko N. S. // Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доп. 32-ї міжнар. наук.-практ. конф. MicroCAD–2024. 2024. 390.

3. N. S. Yevtushenko, O. V Sukhenko // Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доп. 31-ї міжнар. наук.-практ. конф. MicroCAD–2023 – Харків: НТУ "ХПІ". 2023. 344.

4. Сухенко О. В., Н. С. Євтушенко // Безпека людини у сучасних умовах: зб. доп. 16-ї Міжнар. наук.-метод. конф. 2024. 53-55.

ВПЛИВ ВІДХОДІВ СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА НА НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ

О.В. Коляда

Державний біотехнологічний університет, Харків, Україна
канд. с.-г. наук, доцент кафедри екології та
біотехнологій в рослинництві, olyakolyadapovh@gmail.com

Як відомо, органічні сільськогосподарські відходи є цінним вторинним ресурсом. Але якщо ці відходи використовувати неналежним чином, вони можуть мати негативний вплив на навколишнє середовище, який проявляється в наступному:

– забруднення поверхневих водних ресурсів, ґрунту та підземних вод;

– забруднення повітря викидами шкідливих газів (таких як аміак, сірководень, метан, чадний газ, метилмеркаптан, диметиламін, диметилсульфід, капронова кислота, пропіоновий альдегід, фенол тощо), що утворюються в результаті мікробіологічного розкладання гною, підстилки та інших відходів;

– мікробіологічне та макробіологічне забруднення довкілля, зокрема, потрапляння в навколишнє середовище мікроорганізмів, гельмінтів, мух та інших біологічних агентів, які можуть міститися у відходах;

– відведення територій для зберігання відходів.

Що стосується відходів рослинництва, то нераціональне їх використання полягає у спалюванні на полі та неправильному внесенні в ґрунт. Дуже поширеним способом поводження з відходами рослинництва в Україні є спалювання їх безпосередньо на полі. При спалюванні соломи в полі під впливом високих температур згорає верхній родючий шар ґрунту, багатий на органічні речовини, що вбиває ґрунтову мікробіоту, яка є основою для відтворення родючості. В результаті, особливо на схилах, можуть розвиватися ерозійні

процеси, оскільки ґрунт залишається без рослинного покриву, і виникає ризик деградації ґрунту. Під час процесу горіння температура на поверхні ґрунту досягає небезпечних +360,0°С, а на глибині 5,0 см – +50,0 °С. Для ґрунтових мікроорганізмів температура +40,0 °С є смертельною. При спалюванні 1,0 га соломи на ґрунтах із вмістом гумусу 1,0-2,0 % відбувається втрата гумусу до 100-200 кг/га. Також з 1,0 га втрачається 30-40 кг азоту і 2500-2900 кг вуглецю [1]. Утворюється небезпечний смог, знижується біологічна активність ґрунту. При спалюванні стерні та інших рослинних залишків підвищується забруднення повітря, зростають випадки респіраторних захворювань. Під час згоряння однієї тонни рослинних решток у повітря потрапляє понад 9,0 кг димових частинок. Серед них пил, оксид азоту, вуглекислий газ, а також важкі метали тощо, які осідають у легенях. При спалюванні стерні на полях фермерів існує загроза перекидання вогню на природні території. Саме спалювання стерні на полях є причиною великої кількості пожеж. Також існує загроза виникнення лісових пожеж і загоряння житлових будинків. Спалювання сухих рослинних залишків в Україні суворо заборонено, але щороку фіксується велика кількість порушень законодавства.

Причинами екологічної небезпеки відходів тваринництва є низька якість виконання технологічних операцій з їх видалення, неналежне зберігання, транспортування та використання під час внесення як органічного добрива. Розкладання органічних сільськогосподарських відходів тваринництва спричиняє викиди в навколишнє середовище великої кількості шкідливих речовин різного походження, в тому числі парникових газів. Парникові гази є рушійними факторами зміни клімату на планеті, що є найгострішою екологічною проблемою сучасності. Наслідками зміни клімату є підвищення середньорічної температури повітря на поверхні планети, що спричиняє підвищення рівня Світового океану, збільшення кількості стихійних лих та катаклізмів (опустелювання, зсуви, урагани), кислотні дощі, утворення атмосферного аерозолю та зменшення запасів питної води тощо. Останнім часом концентрація цих парникових газів в атмосфері значно зросла: кількість вуглекислого газу збільшилася на 40,0%, метану – у 2,4 рази, а закису азоту – на 20,0 %. В цілому, обсяг викидів парникових газів від тваринницького сектору становить 18,0 % від усіх антропогенних викидів. Це більше обсягу викидів, які утворює весь транспортний сектор планети. Встановлено, що тваринництво викидає близько 39,0 % всього метану і 65,0 % діоксиду азоту [2]. Метан утворюється під час травлення у тварин та через велику кількість гною, що накопичується на фермах. В середньому, в результаті збору, зберігання та використання гною від однієї молочної корови виділяється 20,8 кг метану на добу, від однієї свині – 6,0 кг, від однієї вівці та кози – 0,2 кг, від одного коня – 1,7 кг, від домашньої птиці – 0,1 кг. Обсяг забруднення залежить від таких основних факторів, як вид тварин, їх кількість, якість кормів, ріст, стать і вага, спосіб їх утримання тощо.

Також неправильне використання або зберігання побічних продуктів тваринництва створює величезний ризик вимивання хімічних сполук у водойми і просочування в поверхневі та підземні води. Це призводить до збільшення гранично допустимої концентрації хімічних речовин у водоймах, що негативно впливає на здоров'я людей, які використовують цю воду, а також посилює процес евтрофікації води в теплу пору року. Евтрофікація відбувається, коли вода забруднюється азотом, фосфором та іншими поживними речовинами, що призводить до цвітіння водоростей, які активно використовують кисень у воді. За відсутності кисню риба та інші гідробіонти гинуть. Промислове тваринництво було визначено як основне наземне джерело азоту, що призвело до масштабного цвітіння водоростей у Південно-Китайському морі, включаючи цвітіння 1998 року, яке вбило близько 80,0 % риби на 100 квадратних кілометрах прибережної зони в Гонконзі та Південному Китаї [3].

Крім того, в місцях зберігання відходів тваринництва нітрати потрапляють у ґрунтові води, що обмежує доступ до питної води. У США дослідження якості води у 1600 колодязях, розташованих поблизу промислової ферми, показало, що 34,0 % з них були забруднені нітратами, а в 10,0 % колодязів рівень нітратів перевищував норму для питної води [4]. Гній містить велику кількість розчинених солей, які залишаються в ґрунті після випаровування вологи, в тому числі у вигляді хлоридів. Надмірний вміст хлориду натрію та хлориду магнію

($NaCl$, $MgCl_2$) у ґрунті спричиняє хлоридне засолення ґрунту. При вмісті понад 0,03% хлоридів у ґрунті розвиток більшості рослин пригнічується. Дерева особливо страждають від глибокого засолення ґрунту. Накопичення сульфату натрію і сульфату магнію ($MgSO_4$, Na_2SO_4) викликає сульфатне засолення ґрунту.

Таким чином, щоб уникнути та зменшити негативний вплив органічних відходів сільського господарства на довкілля, необхідно обрати правильну технологію поводження з ними, зокрема, застосовувати технології утилізації, оптимальні для кожного виду відходів.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. С. І. Христенко, Є. В. Скрильник, Т. О. Байдюк, О. Є. Найдьонова // Сільськогосподарська мікробіологія. 2005. 1-2: 95–104.

2. Національний облік викидів парникових газів. URL: https://nci.org.ua/contacts/ .

3. Dead Zones: how agriculture fertilizers kill our rivers, lakes and oceans. URL: https://www.researchgate.net/publication/267639399_Dead_Zones_how_agriculture_fertilizers_kill_our_rivers_lakes_and_oceans.

4. Abascal E., Gómez-Coma L., Ortiz I., Ortiz A. // *Science of The Total Environment*. 2022. 810: 152233.

ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ОСНОВНИХ ВОДОКОРИСТУВАЧІВ СУББАСЕЙНУ НИЖНЬОГО ДНІПРА

О.І. Никифорук[1], О.М. Стасюк[2] , Н.О. Федяй[3]

ДУ “Інститут економіки та прогнозування НАН України”, м. Київ, Україна,
[1]завідувачка відділу розвитку інфраструктури, elena.nikiforuk@gmail.com
[2] старший науковий співробітник, stasyuk_o_m@ukr.net
[3]науковий співробітник, chaicynan@ukr.net

Вступ. Суббасейн Нижнього Дніпра фрагментарно охоплює території восьми областей України – Дніпропетровської, Донецької, Запорізької, Кіровоградської, Миколаївської, Полтавської, Харківської та Херсонської. Внаслідок повномасштабного вторгнення рф та тимчасової окупації частини цих територій відбулися зміни у просторовій структурі суббасейну, зокрема – змінились частки площ областей, що до нього належать. Окрім цього, на сьогодні офіційна статистика щодо чисельності населення цих областей є обмеженою: доступні лише окремі оцінки або агреговані дані, що не відображають даних за регіонами або громадами.

Суббасейн Нижнього Дніпра традиційно відігравав важливу роль в економіці України, забезпечуючи суттєву частку валової доданої вартості (ВДВ) та валового випуску продукції. Оцінка динаміки цих показників для суббасейну дозволяє побачити як його економічну значущість у довоєнні роки, так і різке скорочення економічної активності внаслідок повномасштабного вторгнення.

Метою роботи є проведення економічної оцінки водокористування у суббасейні Нижнього Дніпра на основі удосконалення та адаптації методики такої оцінки. Результати, представлені в науково-технічній роботі проведено в рамках виконання державного замовлення відповідно до договору з Міністерством освіти і науки України.

Суббасейн був важливим промисловим центром у передвоєнні роки (до 20% ВДВ і валового випуску всієї країни), однак його внесок суттєво зменшився з 2022 р внаслідок повномасштабного вторгнення та через цілеспрямований військовий злочин проти цивільного населення, а саме підрив греблі Каховської ГЕС та зневоднення Каховського водосховища. Відбулося зменшення ефективності виробництва та збільшення частки проміжного

споживання у Випуску, зменшення доданої вартості у виробленій продукції, зокрема через втрати продуктивності, підвищення витрат на ресурси, енергетику та логістику. І якщо економіка областей, що входили до суббасейну демонструвала стійке зростання до 2021 р., то з початком повномасштабної війни відбулося різке економічне скорочення. Наразі економіка суббасейну сконцентрована в основному у Дніпропетровській області, тоді як внесок інших областей, навіть індустріально розвинених, залишається відносно невеликим, а регіони, які постраждали від військових дій мають переважно аграрне спрямування та демонструють нижчі показники.

Методичний підхід оцінки соціально-економічного значення галузей економіки суббасейну з точки зору частки їх водокористування та водозалежності (значимості води для їх функціонування) заснований на рекомендаціях методології Європейської Комісії (2018 р.) [1-3], враховуючи при цьому наявне інформаційне та статистичне забезпечення. Для проведення оцінки використано два показники з абсолютними значеннями – обсяги забору води галузями економіки суббасейну та створений ними ВДВ, а також два інтегральні показники – 1) водозалежність, яка визначається на основі таких індикаторів: водоємність за ВДВ, водоємність за випуском, частка використаної води, коефіцієнт оборотності води, коефіцієнт використання води та 2) залежність від якості води, що визначається на основі таких індикаторів: вразливості до якості води, коефіцієнту ефективності водокористування та очищення, коефіцієнт ефективності водокористування, коефіцієнту забрудненості води.

Для визначення інтегральних показників спочатку застосовувалась нормалізізація всіх складових (приведення до єдиної шкали 0–1), з урахуванням знаку впливу (позитивного або негативного), а потім обчислювалося середнє арифметичне значення по кожній галузі для визначення індикатора водозалежності та залежність від якості води.

Результати та їх інтерпретація. Орієнтуючись на показники соціально-економічного значення галузей економіки суббасейну Нижнього Дніпра з урахуванням особливостей їх водокористування, здійснено комплексну оцінку, яка дала змогу визначити відносну вагу кожної галузі у контексті впливу на водні ресурси та залежність від них.

Енергетика, чорна металургія, хімічна промисловість, машинобудування, харчова промисловість, вугільна промисловість, ЖКГ – галузі з високим забором води, тобто це водоємні галузі, які мають значний вплив на водні ресурси. При цьому не всі з них забезпечують високу економічну ефективність – наприклад, енергетика і ЖКГ характеризуються лише помірним рівнем створеної ВДВ.

Машинобудування, хімічна промисловість, чорна металургія та харчова промисловість – це галузі з високою ВДВ, які не завжди критично залежать від якості води, але мають значну потребу в її обсязі.

Найбільш вразливими до якості води виявилися харчова промисловість, зрошення, рибне господарство, медична сфера та ЖКГ – галузі, що демонструють високу або помірну залежність від водних ресурсів. Така особливість проявляється у чутливості до кліматичних змін, змін у гідрологічному режимі, забрудненні або погіршенні санітарно-гігієнічних характеристик води.

Охорона здоров’я, транспорт, деякі види сільського господарства – галузі з низьким водоспоживанням та обмеженим впливом на водні ресурси.

Оцінка показує, що водозалежність не завжди корелює з економічною ефективністю (ВДВ). У стратегічному плануванні водокористування варто приділяти увагу не лише обсягам, а й характеру водоспоживання, особливо для галузей, які є критично важливими для суспільного добробуту, таких як ЖКГ, охорона здоров’я та харчова промисловість.

Представлені результати є складовою частиною комплексного дослідження, яке має на меті здійснити економічний аналіз зміни обсягів використання води основними користувачами потерпілих регіонів суббасейну Нижнього Дніпра, провести категоризацію соціально-економічного значення галузей економіки суббасейну Нижнього Дніпра з урахуванням характеристики їх водокористування та спрогнозувати економічні наслідки від реалізації сценаріїв водокористування з урахуванням воєнного стану та повоєнного

відновлення областей суббасейну Нижнього Дніпра з урахуванням варіантів 1) відновлення 2) часткового відновлення або 3) невідновлення греблі Каховської ГЕС та Каховського водосховища.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Schellekens J., Heidecke L., Nguyen N., Spit W. // *Directorate-General for the Environment of the European Commission.* 2018. 69. URL: http://web.archive.org/web/20190719142004/http://ec.europa.eu/environment/blue2_study/pdf/BLUE2%20Task%20A2%20Final%20Report_CLEAN.pdf

2. Никифорук О., Овчаренко І., Федяй Н. // *Технічний звіт для Координатора проєктів ОБСЄ в Україні.* 2020. 101. URL: https://www.osce.org/files/f/documents/f/6/509504.pdf

3. Попова О., Никифорук О., Федяй Н. // *Водна Ініціатива Плюс Європейського Союзу для країн Східного партнерства (EUWI+).* Франція. 2019, 93. URL: https://euwipluseast.eu/images/2020/07/PDF/EUWI_UA_RBMP_Dnipro_Economic_Analysis_1_UKR.pdf

БІОІНДИКАЦІЯ СТАНУ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ В ЗОНІ ВПЛИВУ ХАРЧОВИХ ПІДПРИЄМСТВ: ПОТЕНЦІАЛ ЛІХЕНОІНДИКАЦІЇ

А.С. Петкун

Державний біотехнологічний університет, Харків, Україна
Здобувачка 4 курсу спеціальності 101 Екологія, alakasper821@gmail.com
Науковий керівник – канд. с.-г. н., доцент кафедри екології та біотехнологій в рослинництві Криштоп Є.А.

Забезпечення належної якості атмосферного повітря в зоні впливу промислових підприємств, у тому числі харчової промисловості, є важливою екологічною задачею. Окрім стандартних інструментальних методів контролю, все більшого значення набувають методи біомоніторингу. Одним із специфічних методів моніторингу є біоіндикація, яка відзначається високою ефективністю, не вимагає великих витрат і дає можливість характеризувати стан середовища за тривалий проміжок часу [1].

Епіфітні (наземні) лишайники, що зростають на стовбурах дерев, давно відомі як чутливі індикатори якості повітря. Вони отримують всі необхідні речовини виключно з атмосфери і не мають захисних покривів, тому повітряні забрудники легко проникають у їхній талом, впливаючи на життєдіяльність симбіозу грибів і водоростей. Через це лішайники різко реагують на присутність у повітрі діоксиду сірки, оксидів азоту, аміаку, озону, важких металів та інших токсикантів [2]. Зникнення або пошкодження найбільш чутливих видів та зміна структури лішеїдних угруповань сигналізує про погіршення стану атмосферного повітря.

Для харчових підприємств характерні порівняно невеликі обсяги викидів забруднювальних речовин у порівнянні з важкою промисловістю. Проте навіть помірні за масштабом джерела (котельні, холодильне обладнання з аміачними холодильниками, автотранспорт, пил від сировини) можуть локально впливати на стан повітря і біоти. Моніторинг лишайників дозволяє виявити навіть незначні погіршення якості повітря, які можуть не фіксуватися стандартними постами спостережень [3]. Це особливо актуально в умовах, коли підприємство розташоване поблизу житлових територій чи природних екосистем, що потребують захисту.

Метод ліхеноіндикації активно застосовують в країнах ЄС у системах екологічного моніторингу – як у містах та промислових зонах, так і в сільськогосподарських ландшафтах [4]. Зокрема, надлишкові викиди сполук азоту від тваринництва чи харчових виробництв

здатні викликати деградацію лишайникового покриву: зникають чутливі оліготрофні види, натомість переважають нітрофільні лишайники (наприклад, *Xanthoria parietina*) [5]. Епіфітні лишайники оселяються на корі дерев та поглинають вологу й поживні речовини з атмосферних опадів і повітря. У разі забруднення повітря шкідливими газами чи аерозолями лишайники накопичують ці речовини у своїх тканинах. Це призводить до пригнічення росту чутливих видів або їх загибелі, зміни забарвлення й форми таломів, а також до змін у видовому складі угруповань.

Видове багатство епіфітних лишайників є надійним показником якості повітря: при чистому повітрі спостерігається висока різноманітність лишайників, тоді як при забрудненні їх кількість та різноманітність значно зменшуються [6]. Саме цей принцип покладено в основу класичних методів ліхеноіндикації.

У ліхеноіндикації застосовують пасивний (аналіз місцевих лишайників) та активний (експонування вирощених зразків) підходи. Пасивний підхід передбачає оцінку природно сформованих лишайникових угруповань *in situ*. Для цього на території, що вивчається (наприклад, навколо заводу), обстежують стовбури дерев і фіксують наявні види лишайників, їхню частоту або проективне покриття кори. Отримані дані порівнюють з еталонними (чистими) ділянками або аналізують за допомогою інтегральних індексів. Широко використовують Індекс чистоти повітря (ІЧП, або *Index of Atmospheric Purity,* IAP), запропонований Ле Бланом і Де Слувером [7]. Він враховує кількість видів-індикаторів і їхню поширеність, дозволяючи картувати зони різного рівня забруднення за відсутністю чи присутністю певних лишайників. Інший підхід – *lichen biodiversity index* (LBI) – кількісний показник різноманіття лишайників, застосований, зокрема, в лісових екосистемах Європи для моніторингу забруднення [8]. Використання таких індексів дає змогу об’єктивувати дані спостережень та порівнювати результати в динаміці.

Активний підхід передбачає експозицію лишайників, під час якої зразки (гілки з лишайниками або спеціальні блоки) переносять із відносно чистої території на досліджувану ділянку, а згодом аналізують накопичені в них полютанти. Наприклад, хімічний аналіз таломів дозволяє визначити концентрації важких металів (Pb, Cd, Hg та ін.) у повітрі поблизу підприємства. Дослідження в Румунії [8] підтвердили, що вміст металів у таломах добре корелює з результатами інструментальних замірів, що свідчить про високу ефективність методу. Для підвищення точності доцільно поєднувати кілька підходів. Окрім оцінки видового різноманіття, варто проводити лабораторний аналіз речовин, накопичених у лишайниках (азоту, сірки, важких металів), що дозволяє виявити «гарячі точки» забруднення і кількісно оцінити вплив на екосистему та здоров’я населення [3].

Отже, ліхеноіндикація – метод, що поєднує доступність, наукову обґрунтованість і практичну ефективність у зонах впливу харчової промисловості. Він має особливу цінність для екологічної оцінки територій, де інструментальний контроль обмежений.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ:

1. Литвиненко Ю.І., Маслов Д.О. // Слобожанський науковий вісник. Серія Природничі науки. 2023. 1: 31–39. DOI: https://doi.org/10.32782/naturalspu/2023.1.6

2. Cernat Popa M.M., Rusănescu C.O. // *Atmosphere*. 2023. 14(8): 1287. DOI: https://doi.org/10.3390/ atmos14081287

3. Niepsch D., Clarke L.J., Jones R.G., Tzoulas K., Cavan G. // *Environ. Monit. Assess.* 2024. 196(4): 379. DOI: https://doi.org/10.1007/s10661-024-12522-4

4. Frati L., Brunialti G. // Forests. 2023. 14(3): 647. DOI: https://doi.org/10.3390/f14030647

5. Zarabska-Bożejewicz D. // Agronomy. 2020. 10(12): 1852. DOI: https://doi.org/10.3390/agronomy10121852

6. Loppi S. // Diversity. 2019. 11(3): 36. DOI: https://doi.org/10.3390/d11030036

7. Кондратюк С.Я., Мартиненко В.Г. // Ліхеноіндикація (Посібник). 2006. 260.

8. Gagić-Serdar R., Marković M., Rakonjac Lj. // Agriculture and Forestry. 2023. 69(3): 223–235. DOI: 10.17707/AgricultForest.69.3.16

СУЧАСНІ МЕТОДИ МІНІМІЗАЦІЇ ТА ПОПЕРЕДЖЕННЯ НЕГАТИВНОГО ВПЛИВУ МЕТАЛООБРОБКИ НА ДОВКІЛЛЯ

Р.Є. Рогожкіна

Державний біотехнологічний університет, Харків, Україна
Здобувачка 4 курсу спеціальності 101 Екологія, Kimt2509@gmail.com
Науковий керівник – канд. с.-г. н., доцент кафедри екології та біотехнологій в рослинництві Криштоп Є.А.

Металообробка охоплює різноманітні процеси (різання, шліфування, зварювання тощо) і є невід'ємною частиною виробництва, але водночас спричиняє значні екологічні навантаження. Виробничі операції споживають великі обсяги ресурсів та утворюють відходи, що можуть шкодити довкіллю. Згідно з концепцією сталого виробництва, сучасна металообробка має забезпечувати потреби виробництва, мінімізуючи використання природних ресурсів і не завдаючи шкоди екосистемам [1]. Це вимагає впровадження методів, які зменшують негативний вплив металообробки на довкілля – зокрема, скорочення викидів забруднюючих речовин у повітря, запобігання забрудненню вод та ґрунтів, зменшення утворення відходів і раціональне енергоспоживання.

Проблема екологічної безпеки металообробки є надзвичайно актуальною через значний вплив галузі на довкілля та здоров'я людини. Зокрема, мастильно-охолоджувальні рідини (МОР), які широко застосовуються під час механічної обробки металів, спричиняють утворення токсичних відходів та аерозолів, що потребують спеціальної утилізації. За даними досліджень [1], витрати на МОР становлять до 17 % собівартості продукції, а їх утилізація може перевищувати витрати на саму обробку. До 80 % професійних дерматозів у галузі пов'язані з впливом аерозолів МОР. У відповідь на ці ризики законодавство ЄС та США встановлює суворі нормативи щодо викидів і відходів, стимулюючи впровадження найкращих доступних технологій. Відтак, пошук методів попередження та зменшення негативного впливу металообробки є надзвичайно важливим як з екологічної, так і з економічної точки зору.

Традиційні мастильно-охолоджувальні рідини (МОР) на мінеральній основі ефективні при обробці металів, проте спричиняють ризики для довкілля та здоров'я людини [2]. Альтернативою є технологія мінімального змащення (*Minimum Quantity Lubrication*, MQL), яка знижує обсяг мастильних матеріалів без втрати якості обробки [3]. У промислових умовах перехід до MQL забезпечив зменшення експлуатаційних витрат до 78 % у порівнянні з традиційною мокрою обробкою та знизив утворення стічних вод [1]. Технологія також суттєво зменшує ризики професійних дерматозів та підвищує екологічну безпеку виробництва.

Кріогенне охолодження з використанням рідкого азоту або CO_2 – перспективна альтернатива традиційним МОР. Ці агенти повністю випаровуються, не залишаючи шкідливих залишків, ефективно відводячи тепло з зони різання. Це не лише усуває потребу в утилізації відпрацьованих мастил, а й подовжує термін служби інструменту, знижуючи обсяг відходів [1]. Додатково, використання біорозкладних мастил на рослинній основі (ріпакова, соєва, кокосова олії) зменшує токсичність та екологічне навантаження, забезпечуючи належні змащувальні властивості під час обробки металів [4]. Серед альтернативних методів також особливу увагу привертає фрикційне зварювання з перемішуванням (*Friction Stir Welding*, FSW), що відбувається без плавлення металу, отже, практично не супроводжується утворенням шкідливих викидів і не потребує захисних газів.

Енергоефективність у металообробці є ключовим чинником екологічної стійкості, оскільки споживання електроенергії супроводжується викидами парникових газів. Чимало одиниць обладнання (верстати з ЧПК, печі, зварювальні установки) працюють із частковим навантаженням, витрачаючи ресурси навіть у режимі очікування. Як засвідчують дослідження [5], лише незначна частина енергії спрямовується безпосередньо на різання, тоді як більша її частина витрачається у фонових режимах. Підвищити енергоефективність можна за рахунок скорочення непродуктивних витрат, зокрема через автоматичне вимкнення допоміжних систем у періоди простою, перехід на енергозберігаючі режими та оптимізацію завантаження обладнання. До технічних рішень належать впровадження частотних перетворювачів, використання високоефективних електродвигунів, систем рекуперації енергії гальмування, а також термоізоляція теплового обладнання.

У процесі металообробки також утворюються значні обсяги твердих відходів: стружка, шлам, зношені абразиви, шлаки. Більшість з них придатні для вторинного використання, зокрема переплавки, однак потребують ефективного збирання, сортування та очистки. Дрібна стружка часто забруднена мастилами, тому перед повторним використанням її слід очищати віджиманням або центрифугуванням, що знижує вміст МОР і втрати металу.

Для підвищення ефективності поводження з такими відходами дедалі більшого значення набувають цифрові технології. Зокрема, інноваційним напрямом є впровадження інтелектуальних систем моніторингу та управління відходами на основі підходів Industry 4.0. Як зазначено у дослідженні Aivaliotis et al. [5], такі системи дозволяють в реальному часі збирати дані з датчиків, порівнювати їх із нормативними значеннями та своєчасно виявляти перевищення. Рішення базуються на хмарних обчисленнях, технологіях Industrial IoT і аналітиці великих даних, сприяючи переходу до циркулярної економіки та реалізації концепції «Zero Waste».

Таким чином, реалізація таких заходів дозволить не лише досягти екологічного ефекту, але й забезпечить економічні переваги: зменшення витрат на МОР, зниження енерговитрат, оптимізацію процесів утилізації. Окремі технології ще потребують дослідження та адаптації для промислового масштабу.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ:

1. Ishfaq K., Anjum I., Pruncu C. I., et al. // Materials (Basel). 2021. 14(18): 5162. DOI: https://doi.org/ 10.3390/ma14185162

2. Elsheikh A., Ali A., Saba A., Faqeha H., Alsaati A. A., Maghfuri A. M., ... & Ma, N. // *Results in Engineering*. 2024. 24: 103042. DOI: https://doi.org/10.1016/j.rineng.2024.103042

3. Hamran N. N., Ghani J. A., Ramli R., Haron C.C. // *Journal of Cleaner Production*. 2020. 268: 122165. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122165

4. Khan M. A. A., Hussain M., Lodhi S. K., Zazoum B., Asad M., Afzal A. // *Metals*. 2022. 12(9): 1466. DOI: https://doi.org/10.3390/met12091466

5. Pawanr S., Gupta K. // *Energies*. 2024. 17(15): 3659. https://doi.org/10.3390/en17153659

6. Aivaliotis P., Anagiannis I., Nikolakis N., Alexopoulos K., Makris S. // *Procedia CIRP*. 2021. 104: 1571–1576. DOI: https://doi.org/10.1016/j.procir.2021.11.265

РАЦІОНАЛЬНЕ ВИКОРИСТАННЯ СУЧАСНИХ ХІМІЧНИХ ЗАСОБІВ ЗАХИСТУ НА ПОСІВАХ РИСУ

О.С.Кучеренко[1], О.В.Швагер[2]

[1]Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Київ, Україна,
доцент, elena-nmu@ukr.net
[2]Національний медичний університет імені О.О.Богомольця, Київ, Україна,
доцент, shvager27@ukr.net

Рис — традиційна тропічна культура, яка стала вже звичним продуктом на нашому столі. Понад 90% посівів рису розташовані в Азії, зокрема в таких країнах як Бангладеш, Індонезія, Китай та Індія, трохи менша частина посівів рису знаходиться в Пакистані, Японії та різних країнах Південно-Східної Азії. Також рис є найціннішим дієтичним та продуктом в нашому раціоні, оскільки в його складі багато вітамінів, корисних елементів, клітковини. В Україні рис почали вирощувати ще в далекому 1931 році в заплавах річки Південний Буг на Вознесенській дослідно-меліоративній станції, в теперішній час посіви рису розташовані в Миколаївській, Херсонській та Одеській областях, оскільки в цих регіонах є необхідні кліматичні умови для його вирощування.

Умови вирощування культури сприяють поширенню, накопиченню, розповсюдженню специфічних видів шкідливих організмів, які здатні завдавати значної шкоди врожаю. Для забезпечення формування високих і сталих врожаїв та максимальну економічну ефективність галузі рисівництва в України необхідна сучасна система захисту посівів рису від шкідників, хвороб та бур'янів. Вона повинна ґрунтуватися на застосуванні агротехнічного та хімічного захисту рослин, що передбачає використання пестицидів. Для пригнічення розвитку бур'янів, розмноження шкідників та різноманітних хвороб у даний час широко застосовують комбіновані та інтегровані системи захисту посівів рису, необхідною складовою якої є раціональне, регламентоване та обґрунтоване використання пестицидів при вирощуванні рису.

Враховуючи те, що рис є продуктом дієтичного та дитячого харчування, хімічні препарати, які застосовують для його захисту мають бути з нетривалим терміном персистентності, очікуванням після обробки посівів до збирання врожаю, малотоксичними та екологічно безпечними. Одночасно з високою економічною ефективністю застосування пестицидів також існує загроза забруднення ними об'єктів навколишнього середовища (вода, грунт, повітря), що може створювати потенційну небезпеку як для здоров'я населення, так і для живої природи. Цього можна досягти впровадженням в практику захисту посівів рису високоефективних селективних пестицидів з низькими нормами витрат і використанням сучасних технологій внесення пестицидів та нових форм їх використання, це може значно скоротити обсяги хімічного навантаження при обробці посівів рису на навколишнє середовище.

В Україні запропонована сучасна система захисту посівів рису, яка передбачає внесення хімічних препаратів на різних стадіях розвитку культури, що включає спочатку обробку ґрунту пестицидами перед висівом насіння, далі передпосівну обробку насіння рису та захист посівів на різних стадіях вегетації культури, з урахуванням впливу погодних умов, динаміки водного і поживного режимів. В сучасних умовах схема використання високоефективних селективних пестицидів при обробці посівів рису є актуальною та має вагоме практичне та науково-теоретичне значення для вітчизняної аграрної науки в цілому.

MONITORING OF MINE WASTE DUMPS FOR TOXICITY

I. Korovin[1], O. Masiuk[2]

Oles Honchar Dnipro National University, Dnipro, Ukraine,
[1]Master, i.korovinilya@gmail.com
[2]Associate Professor at the Department of Biodiversity and Ecology, almas63636@gmail.com

As of October 2024, only 24 of the 145 coal mines operated in Ukraine in 2014 remain active on territory under Ukrainian control. This dramatic decline stems from military hostilities, the capture or destruction of mines in occupied regions, and an overall shift away from coal in the country's energy balance. Russian forces have destroyed or seized 22 of the 49 mines still under Ukrainian control since the full-scale invasion began in 2022. Currently, coal extraction continues at the DTEK "Pavlohradvuhillia" mines, the "Bilozerka" mine, the Pokrovska mine (Metinvest), as well as at the state associations "Dobropillia-vuhillia", "Lvivvuhillia" and "Volynvuhillia" [1].

Despite the downward trend in output, Ukraine's coal industry remains a major environmental stressor. One of its most hazardous by-products is the mine waste dump — engineered heaps of barren rock left over after coal is extracted. Through exposure to the elements, chemical weathering, and occasional spontaneous combustion, these dumps can release toxic compounds into soils, surface waters, and groundwater, thereby contaminating surrounding ecosystems [2, 3].

A geoecological analysis of the Dnipro brown-coal basin confirms that mining enterprises exert a multifaceted negative impact: beyond soil-geochemical disruption, they alter hydrogeological regimes. In active mining zones, erosion accelerates, groundwater mineralization increases and soil fertility declines [4]. Waste dumps act as secondary pollution sources through the leaching of metals and sulfur compounds, which migrate beyond industrial sites into adjacent habitats.

A critical environmental concern is the oxidation of sulfides, which generates acid mine drainage. Acidified runoff mobilizes heavy metals, introducing them into aquatic environments. Measured iron concentrations in mine-related waters have exceeded permissible limits by 10–15 times, signaling a high level of waste toxicity [5, 6].

The study focused on the waste dump of the "Samarska" mine, located in the Western Donbas region, Pavlohrad district of Dnipropetrovsk Oblast, approximately 5 km southeast of the city of Ternivka.

Field and laboratory analyses revealed that the dump material consisted of sulfur-rich mine rock possessing not only adverse physical but also unfavorable chemical and physicochemical properties. Chemically, the dump material is sulfide-bearing. The primary soil pH regulator — dissolved salts — varied widely: the pH of aqueous extracts ranged from 3.5 (strongly acidic) to 7.8 (alkaline), while the pH of saline extracts spanned 5.98–7.20 (mildly acidic to slightly alkaline). Water extract salinity measurements indicated that the dump rock could be classified as weakly saline (0.36 %) or highly saline (0.9–1.01 %), with sulfate dominating the salt profile. High concentrations of sodium and magnesium chlorides and sulfates — and occasionally sodium carbonate — were detected, posing toxicity risks to vegetation.

Under intense climatic exposure, dumps toxic properties may intensify. Spontaneous combustion of carbon-rich waste, as observed at the "Samarska" mine dumps, emits carbon monoxide, sulfur dioxide, and polycyclic aromatic hydrocarbons — known carcinogens. These findings underscore the urgent need for systematic monitoring of mine dumps to enable timely mitigation and prevent long-term ecological harm [7].

Effective toxicity monitoring of mine waste dumps is a cornerstone of environmental surveillance in coal-mining regions. Data from sites such as the "Samarska" waste dump demonstrate severe threats to soil, water, and air quality. Therefore, comprehensive monitoring programs employing modern analytical techniques — coupled with reclamation and ecological safety measures — are imperative.

REFERENCES

1. Ukraine Now Has Only 24 of 145 Mines, but Coal Is Still Sufficient // Telegraph. 2024. October 24. Retrieved from https://news.telegraf.com.ua/ukr/ukraina/2024-10-24/5883161-v-ukraini-zalishilosya-vsogo-24-shakhti-zi-145-ale-vugillya-poki-shcho-vistachae
2. Masyuk O.M. // Bulletin of Dnipropetrovsk University. Biology. Ecology. 2006. 14(2): 118-125.
3. Masyuk O.M. // Issues of Steppe Forestry and Forest Recultivation of Lands. 2017. 46: 64-76.
4. Masyuk O.M. et al. // Journal of Geology, Geography and Geoecology. 2020. 29(1): 135-145.
5. Savchuk V.I., Lytvynenko O.M. // Bulletin of Donetsk National Technical University. 2021. 4: 42-50.
6. Masyuk O.M. // Soil Science. 1990. 109-111.
7. Masyuk O.M. et al. // Agrology. 2021. 4(1): 47-53.

ЗАПОВІДНА СПРАВА В УМОВАХ ВІЙНИ: ТРАНСФОРМАЦІЯ ТА ВТРАТИ ПЗФ ДОНЕЦЬКОЇ ОБЛАСТІ У 2014-2025 РОКАХ

О.В. Калє

Державний біотехнологічний університет, Харків, Україна
здобувачка ОС «магістр» спеціальності 101 «Екологія»
videnpoven@ukr.net
Науковий керівник – канд.с.-г. н., доцент кафедри екології та біотехнологій в рослинництві Бузіна І.М.

Активні бойові дії, які розпочалися на території Донецької області 24 лютого 2022 року й тривають дотепер, спровокували довготривалу та масштабну деградацію природно-заповідного фонду, а також фактично заблокували здійснення природоохоронної діяльності в регіоні.

Першою й найболючішою проблемою є тимчасова окупація Російською Федерацією значної частини установ ПЗФ Донецької області. З 2014 року на тимчасово окупованих територіях опинилися 42 території та об'єкти ПЗФ загальною площею 20125,8329 га, а з 2022 року ще 60 об'єктів площею 25705,3229 га.

Станом на 01.01.2015 року на території Донецької області знаходилось 117 територій та об'єктів природно-заповідного фонду загальнодержавного та місцевого значення. З них 39 територій та об'єктів природно-заповідного фонду повністю та ще 3 території та об'єкти природно-заповідного фонду частково перебували на тимчасово окупованих Російською Федерацією територіях України.

Загалом на теперішній час на тимчасово окупованих територіях перебувають 102 об'єкта ПЗФ, з них частково 2: РЛП «Клебан-Бик» та УСПЗ (на підконтрольній Україні території залишилось лише відділення «Крейдяна флора»).

Незважаючи на складні умови, керівництво Донецької області та безпосередньо департамент екології та природних ресурсів докладають зусиль щодо розвитку структури ПЗФ. Так, у 2024 році було створено 2 об'єкти ПЗФ ландшафтні заказники місцевого значення: «Тернова балка» (152,6 га, Слов'янська міська ТГ, Краматорський район) та «Хрестищенські пагорби» (160,0 га, Святогірська міська ТГ, Краматорський район). У 2025 році створено лісовий заказник місцевого значення «Сергіївський» (107,33 га, Андріївська сільська ТГ, Краматорський район). Протягом 2016-2025 рр. на підконтрольній українській владі території

було створено 76 нових об'єктів природно-заповідного фонду загальнодержавного та місцевого значення площею 10393,4028 га.

За даними департаменту екології та природних ресурсів Донецької обласної державної адміністрації, станом на перший квартал 2025 року на території Донецької області юридично існують 193 об'єкти ПЗФ загальною площею 118765,1691 га, а відсоток заповідності складає 4,16 % від загальної площі області (для порівняння відсоток заповідності станом на 2019 рік складав 3,78%, станом на 2015 рік – 3,5%). Стратегією розвитку Донецької області на період до 2027 року від 17 лютого 2020 року № 147/5-20 передбачено зростання показника площі природно-заповідного фонду регіону до площі Донецької області, який до 01.01.2027 повинен досягнути – 4,6 %.

Проте, враховуючи, що понад 100 з перелічених об'єктів ПЗФ розташовані на тимчасово окупованих територіях, а інформації щодо їхнього стану та діяльності отримати немає змоги, можна зробити невтішні висновки про стан заповідної справи на території Донецької області.

Так, на території Донецької області, підконтрольній Україні станом на 2025 рік, залишилося 5 об'єктів ПЗФ, які працюють з адміністраціями: відділення Українського степового природного заповідника НАН України – заповідник «Крейдова флора», національний природний парк «Святі гори», регіональні ландшафтні парки «Краматорський», «Клебан-Бик» та «Слов'янський курорт». Номінально перелічені установи працюють, проте фактичне виконання покладених на них завдань щодо природоохоронної діяльності ускладнюється або навіть унеможливлюється через низку чинників:

- замінування значної площі територій (НПП «Святі гори» та відділення УСПЗ «Крейдова флора» повідомляють про наявність вибухонебезпечних предметів на 100% території);
- бойові дії (в тій чи іншій мірі всі зазначені об'єкти ПЗФ піддаються обстрілам);
- нестача фахівців (значна частина природоохоронців евакуйовані в безпечні регіони або стали на захист країни в лави Збройних сил);
- неможливість отримання актуальної інформації про стан територій природно-заповідного фонду (обстріли та наявність вибухонебезпечних предметів на територіях ПЗФ не дають змоги проводити відповідні роботи на місцевості);
- втрати біорізноманіття (через обстріли, спровоковані ними пожежі, пересування важкої воєнної техніки, будівництво фортифікаційних споруд та забруднення паливно-мастильними матеріалами тварини гинуть або мігрують, порушується ґрунтовий покрив, страждає рослинність тощо).

Ще однією актуальною проблемою для ПЗФ Донецької області є неможливість оцінити реальні втрати галузі. Розпорядженням голови облдержадміністрації в регіоні створені спеціальні комісії для проведення оцінки шкоди та збитків, завданих територіям та об'єктам природно-заповідного фонду внаслідок збройної агресії Російської Федерації, за Методикою, затвердженою Наказом Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України від 13 жовтня 2022 року № 424. Проте їх робота ускладнена через відсутність безпечних умов у зв'язку проведенням активних бойових дій, забрудненням деокупованих територій вибухонебезпечними предметами тощо.

Всього станом на 30.04.2025 Державною екологічною інспекцією у Донецькій області здійснено 22 розрахунки шкоди та збитків, завданих природно-заповідному фонду Донецької області внаслідок збройної агресії Російської Федерації проти України, на загальну суму 837 189 849 082,18 грн (837 мільярд 189 мільйонів 849 тисяч 082 грн 18 коп.). Але враховуючи вищезазначене, можна припустити, що в остаточному розрахунку ця сума може збільшитися у два та більше разів.

Висновки. Протягом 2014-2025 років природно-заповідна справа в Донецькій області зазнала значної деградації, обсягів якої на теперішній час встановити неможливо через довготривалу відсутність моніторингу на більшості територій ПЗФ, бойові дії, зараженість вибухонебезпечними предметами, відсутність відповідних фахівців, суттєву втрату

біорізноманіття та порушення ландшафтів.

Післявоєнне відновлення природно-заповідного фонду потребуватиме низки послідовних заходів:

- обстеження, розмінування та очистки від вибухонебезпечних предметів об'єктів ПЗФ;
- оцінка збитків, визначення найбільш критичних територій ПЗФ, розробка планів з відновлення екосистем;
- впровадження довгострокового моніторингу відновлення екосистем і популяцій видів флори та фауни;
- контроль інвазійних видів.

При цьому варто врахувати, що післявоєнне відродження природно-заповідної справи буде відбуватися в нових умовах. Це стосується кліматичних змін, необхідності адаптування природоохоронного законодавства до європейських стандартів, економічного відновлення країни, яке потребуватиме значної кількості природних ресурсів, а також відсутності як такого світового досвіду відновлення довкілля після настільки тривалих та спустошуючих бойових дій.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ:

1. Інформація, надана Департаментом екології та природних ресурсів Донецької обласної державної адміністрації у відповідь на інформаційний запит щодо стану природно-заповідного фонду Донецької області у 1014-2022 роках

2. Екологічні паспорти Донецької області за 2014-2024 роки. URL: https://mepr.gov.ua/diyalnist/napryamky/ekologichnyj-monitoryng/ekologichni-pasporty/

3. Матеріали RFI "Які заповідники може втратити Україна через війну: збитки, загрози і наслідки". URL: https://www.rfi.fr/uk/%D1%83%D0%BA%D1%80%D0%B0%D1%97%D0%BD%D0%B0/20240102-%D1%8F%D0%BA%D1%96-%D0%B7%D0%B0%D0%BF%D0%BE%D0%B2%D1%96%D0%B4%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B8-%D0%BC%D0%BE%D0%B6%D0%B5-%D0%B2%D1%82%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%B8%D1%82%D0%B8-%D1%83%D0%BA%D1%80%D0%B0%D1%97%D0%BD%D0%B0-%D1%87%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%B7-%D0%B2%D1%96%D0%B9%D0%BD%D1%83-%D0%B7%D0%B1%D0%B8%D1%82%D0%BA%D0%B8-%D0%B7%D0%B0%D0%B3%D1%80%D0%BE%D0%B7%D0%B8-%D1%96-%D0%BD%D0%B0%D1%81%D0%BB%D1%96%D0%B4%D0%BA%D0%B8

4. Матеріали Всеукраїнської конференції "Функціонування об'єктів природно-заповідного фонду України в умовах воєнного стану: шляхи відновлення та розвитку». URL: https://www.facebook.com/watch/live/?ref=watch_permalink&v=463711173061041

5. Вплив війни на природоохоронні території України. URL: https://wwf.ua/?12163316/The-impact-of-war-on-protected-areas-in-Ukraine

BIOGAS PRODUCTION FROM SPENT MUSHROOM SUBSTRATE BY ANAEROBIC DIGESTION

I. Korotkova[1], D. Trystan[2], B. Lysenko[3]

Poltava State Agrarian University, Poltava, Ukraine,
[1]Professor of the Department of Biotechnology and Chemistry, 2irinakorotkova10@gmail.com
[2]PhD Student, daria.trystan18@gmail.com
[3]Bachelor's Degree Student

The growing demand for renewable energy sources has led to the exploration of various types of biomass for biogas production [1]. Biogas, as a product of methane fermentation, is a source of thermal, electrical and mechanical energy, helping to reduce dependence on fossil fuels and reduce greenhouse gas emissions. Biogas can be produced from various types of biomass, such as poultry litter, agricultural waste, and cattle manure, through controlled anaerobic digestion. But, an equally attractive and potential raw material for biogas production is spent mushroom substrate, a by-product obtained as a result of mushroom cultivation.

Spent mushroom substrate (SMS) is considered an industrial waste left over from mushroom harvesting, and most of it is taken to landfills or discarded without proper disposal. About 1 kg of fresh mushrooms produced generates ~5 kg of SMS [2]. Over the past decade, the global edible mushroom industry has developed rapidly, resulting in the generation of huge amounts of waste mushroom substrate. Managing this amount of SMS has become a new challenge, as accidental discarding or improper disposal can lead to environmental problems such as water and soil contamination. Only a small portion of SMS is recycled, while the majority remains in the environment, posing a risk of potential pollution.

One of the processing methods is anaerobic digestion (AD) – a natural biological process that can convert organic matter into biogas, primarily composed of methane and carbon dioxide, under oxygen-free conditions [3, 4]. This process effectively converts organic waste into energy, minimizing greenhouse gas emissions and reducing the volume of residues. In addition, biogas production using SMS on mushroom farms to create a closed-loop energy production method is sustainable and can help offset electricity costs.

This study examines the potential of spent mushroom substrate (SMS) as a feedstock for biogas production. The mushroom substrate left over from the cultivation of common gray oyster mushroom (*Pleurotus sajor-caju*) in the educational and scientific laboratory of protected ground technologies of Poltava State Agrarian University was used for the study (Fig. 1). The substrate for growing mushrooms contains 90% steamed barley straw and 10% sunflower husk.

SMS was crushed to a homogeneous fraction of about 1-2 cm in size. Fresh poultry manure, previously prepared as an aqueous suspension in a ratio of 1:5 w/v, was used as an inoculant. The suspension was infused for 12 hours in a warm place at 35 °C to activate the microbiota.

The fermentation was carried out in a 1 liter laboratory bioreactor, which was a hermetically sealed flask with a gas outlet tube. A 500 g mushroom substrate was loaded into the bioreactor and 100 ml of poultry manure suspension was added. The gas outlet tube was immersed in a crystallizer with water, and the biogas was collected by displacing water into an inverted flask. The fermentation process was maintained at a temperature of 35-36 °C for 30 days, controlling the daily volume of collected gas and periodically measuring the pH of the medium.

Already on the third day after the experiment was started, active biogas production was observed. The maximum intensity of gas production occurred on the fifteenth day of the experiment. Compared to the variants without the use of inoculant, the biogas productivity of the variants with the addition of poultry manure was 2 times higher, and the stability of the fermentation process was observed without sharp fluctuations in pH.



Fig. 1. Cultivation of common gray oyster mushroom (*Pleurotus sajor-caju*) on the substrate

Thus, spent mushroom substrate can serve as a valuable feedstock for biogas production when poultry litter is used as an inoculant in agricultural production systems, with the potential for co-digestion strategies with other organic waste, such as plant residues.

REFERENCES

1. Eid S. et al. // Bioresour. Technol. 2020. 309: 123311
2. Williams B. et al. // Bioresour. Technol. 2001. 79: 227–230.
3. Li G. et al. // Int. J. Agric. Biol. Eng. 2020. 13: 241–246.
4. Ravlikovsky A. et al.// Sustainability. 2025. 17: 1800.

ВПЛИВ ЗМІН КЛІМАТУ НА ПРОДУКТИВНІСТЬ ВОДНИХ ЕКОСИСТЕМ ТА БІОРЕСУРСИ

В.В. Гринь[1], А.С. Босюк[2]

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків, Україна,
[1]здобувач першого (бакалаврського) рівня вищої освіти, Valeriia.Hryn@mit.khpi.edu.ua
[2]доктор філософії, старший викладач каф. ХТПЕ, Alona.Bosiuk@mit.khpi.edu.ua

Зміни клімату є однією з найбільших загроз для природних екосистем, зокрема водних. Підвищення температури, зміни гідрологічного режиму та інші кліматичні фактори мають значний вплив на продуктивність водних екосистем і біоресурси. Це може призвести до порушення екологічної рівноваги, зменшення біорізноманіття та зниження ресурсної бази для рибного господарства.

Метою дослідження є виявлення впливу ключових кліматичних чинників, таких як температура, гідрологічний режим та кислотність, на продуктивність водних екосистем і стан промислових і природних біоресурсів, а також пошук шляхів адаптації до нових кліматичних умов.

Одним із основних наслідків зміни клімату є підвищення температури води. Це сприяє зменшенню розчиненого кисню у воді, що є критичним для багатьох водних організмів. Тепліша вода змінює активність водних організмів, впливає на їхні фізіологічні процеси, а також посилює стресові умови для видів, чутливих до температурних коливань.

Зміни в опадах, тривалості та інтенсивності паводків, рівні води в річках і озерах також істотно впливають на водні екосистеми. Сильні повені можуть призводити до ерозії берегів, забруднення води та зниження її якості, тоді як засухи зменшують обсяг води, погіршуючи умови для розвитку водної фауни та флори.

Кліматичні зміни також суттєво впливають на продуктивність водних екосистем та біоресурси річок таких річок як Дніпро та Південний Буг. Підвищення температури води спричинило зменшення тривалості зимового льодового покриву, що змінило сезонні цикли та вплинуло на розвиток водних організмів. Підвищення температури води, зокрема влітку, понад 22°C, призводить до посилення цвітіння синьо-зелених водоростей, що, в свою чергу, створює умови для гіпоксії і масової загибелі риби. Ці зміни, разом з переміщенням піку продуктивності фітопланктону, викликають трофічний розрив, що зменшує кормову базу для водних організмів і негативно позначається на природному прирості промислових видів риб. Зменшення чисельності таких видів, як судак і лящ, на 12-15 % є важливим індикатором впливу кліматичних змін на водні екосистеми. Таким чином, результати дослідження підтверджують необхідність адаптаційних заходів для збереження біоресурсів у водних екосистемах та розробки стратегій сталого управління водними ресурсами в умовах змін клімату.

Отже, можна зробити висновок, що зміни клімату несуть серйозні ризики для продуктивності водних екосистем і біоресурсів, що потребує комплексного підходу до управління водними ресурсами та охорони водних екосистем.

ВИЗНАЧЕННЯ ВМІСТУ НЕОРГАНІЧНИХ ФОСФАТІВ У СЕРЕДОВИЩІ КУЛЬТИВУВАННЯ *RHODOTORULA SSP.* ЗА ДІЇ N-(ФОСФОНОМЕТИЛ)ГЛІЦИНУ

А.В. Тихенька[1], Л.М. Васіна[2]

Чернівецький національний університет ім. Юрія Федьковича, м. Чернівці, Україна,
[1]студентка кафедри біохімії та біотехнології, tykhenka.annarina@chnu.edu.ua
[2]доцент кафедри біохімії та біотехнології, l.vasina@chnu.edu.ua

Органофосфатні пестициди становлять одну з найбільш поширених груп агрохімікатів, що активно використовуються в сільському господарстві по всьому світу. Ці речовини містять фосфор у своїй структурі, і в деяких випадках він представлений у формі фосфонатів – стійких органічних сполук, що включають атом фосфору, безпосередньо зв'язаний з вуглецем. Саме фосфонати є структурними елементами ряду агрохімікатів, серед яких особливе місце займає гліфосат (N-фосфонометилгліцин), який є системним гербіцидом. Завдяки своїй ефективності проти широкого спектра бур’янів та здатності зв’язуватись із мінералами ґрунту, гліфосат має велике значення як у промисловому рослинництві, так і в приватному сільському господарстві. Водночас його хімічна стабільність і зв’язок із фосфорорганічними сполуками викликає інтерес до вивчення шляхів його метаболізму та впливу на мікроорганізми, здатні трансформувати фосфорвмісні речовини.

Літературні джерела свідчать, що іноді ґрунт може характеризуватися низьким вмістом загального фосфору, але високою часткою органічних форм цього елементу. Така ситуація може сприяти активному мікробному синтезу ферментів, здатних розщеплювати різноманітні фосфорорганічні сполуки, зокрема фосфонати, які слугують альтернативним джерелом доступного фосфору. За умов фосфорного голодування у мікроорганізмів може активуватись

експресія генів, білкові продукти яких забезпечують розщеплення таких сполук, зокрема ферментів із здатністю розривати зв'язок вуглець-фосфор (C–P-ліази та фосфонатази). Доведено, що мікроорганізми, які мешкають у подібних ґрунтах, здатні використовувати широкий спектр фосфорорганічних сполук, включаючи й гліфосат, як єдине джерело фосфору [1].

Rhodotorula rubra та *Rhodotorula minuta* – представники роду *Rhodotorula*, що належить до базидіоміцетних дріжджоподібних грибів класу *Tremellomycetes*. Ці мікроорганізми є облігатними аеробами, неферментативними, пігментованими дріжджами, які поширені в різноманітних екологічних нішах, зокрема у ґрунтах, прісних та морських водах, повітрі, на рослинних рештках, а також у техногенних середовищах. Мікроорганізми характеризуються значною каротиногенною активністю, здатністю утворювати як розповсюджені, так і родоспецифічні пігменти (β-каротин, торулін, торулародин), що забезпечують фотозахисну функцію і можуть виступати антиоксидантами. Обидва види здатні утилізувати широкий спектр органічних субстратів як джерело вуглецю та енергії, у тому числі деякі ксенобіотики, що свідчить про їхню потенційну роль у процесах біоремедіації [2].

Метою роботи була оцінка динаміки концентрації неорганічних фосфатів у культуральному середовищі дріжджів роду *Rhodotorula* за умов тривалого експозиційного навантаження гліфосатом (N-(фосфонометил)гліцином)

Матеріалом для дослідження слугували чисті культури *Rhodotorula rubra* та *Rhodotorula minuta,* для культивування використовували середовище Сабуро. Посівний матеріал вирощували у пробірках впродовж 48 год за температури 28 °С та відповідній аерації, основна ферментація у колбах Ерленмейера тривала 168 год за аналогічних умов. У середовище культивування вносили N-(фосфонометил)гліцин у концентраціях 2,5 мг/л та 125 мг/л. Біомасу дріжджоподібних грибів отримували центрифугуванням при 3000 обертів впродовж 30 хв. Вміст фосфатів визначали у надосадовій рідині загальноприйнятим методом з використанням амоній молібдату [3].

Проаналізувавши дані експериментальних досліджень, можна констатувати наступне:

- у середовищі культивування обох зазначених видів роду *Rhodotorula* спостерігали збільшення вмісту неорганічних фосфатів за умов внесення гліфосату (в концентраціях, що значно перевищували ГДК встановлені для ґрунту) порівняно з контрольними значеннями;
- збільшенням концентрації гербіциду у культуральному середовищі мікроорганізмів призводило до зменшення вмісту неорганічних фосфатів;
- амплітуда змін досліджуваного показника при вирощуванні *R. rubra* була ширшою порівняно з *R. minuta.*

Так, зокрема, нами встановлено зростання рівня неорганічних фосфатів при культивуванні *R. rubra* в 1,8 рази за концентрації N-(фосфонометил)гліцину 2,5 мг/л та в 1,7 рази за дії гліфосату у концентрації 125 мг/л. У випадку вирощування *R. minuta* зафіксовано збільшення в 1,6 рази та 50 % відповідно.

На нашу думку, такі результати можна пояснити двояко. З одного боку, мікроорганізми, зокрема ймовірно гетерогенні дріжджі роду *Rhodotorula*, здатні до часткового метаболізму гліфосату з вивільненням неорганічного фосфату в середовище (наприклад, в реакції перетворення α-D-рибоза-1-[N- (фосфонометил)гліцин]-5-трифосфату до α-D-рибоза-1-[N- (фосфонометил)гліцин]-5-фосфату). З іншого боку, гербіцид у значних концентраціях може пригнічуватися ріст клітин, про що засвідчують попередні дослідження. Проте при цьому вміст фосфатів у середовищі зменшується незначно. Це може свідчити про збереження метаболічної активності у клітинах *Rhodotorula*, зокрема, пов'язаної з використанням фосфатів для синтезу ДНК, фосфоліпідів та підтримання антиоксидантного захисту. За високого рівня гліфосату можливий автоліз клітин, унаслідок чого внутрішньоклітинний фосфор (з нуклеїнових кислот, АТФ та фосфоліпідів) вивільняється у середовище. Усі ці фактори разом можуть призводити до підвищення рівня виявлених фосфатів.

Толерантність до гліфосату, як, наприклад, у *E. coli*, може бути пов'язана з ефлюксом сполуки, що знижує її токсичність. Подібний механізм у *Rhodotorula sp.* може пояснювати збереження фосфатного обміну, незважаючи на гальмування росту [4].

Отже, гліфосат здатний змінювати фосфатний баланс у середовищі культивування дріжджоподібних грибів *Rhodotorula*, впливаючи як на споживання, так і на потенційне вивільнення фосфатів. Це вказує на можливу участь цих мікроорганізмів у мікробній трансформації органофосфатних сполук.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Chávez-Ortiz P., Tapia-Torres Y., Larsen J., García-Oliva F. // Applied Soil Ecology. 2022. 169: 104256. https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2021.104256

2. Hernández-Almanza A., Cesar Montanez J., Aguilar-González M. A., Martínez-Ávila C., Rodríguez-Herrera R., Aguilar C. N. // Food Bioscience. 2014. 5: 64–72. https://doi.org/10.1016/j.fbio.2013.11.007

3. О. М. Арсан, О. А. Давидов, Т. М. Дяченко та ін. // Методи гідроекологічних досліджень поверхневих вод. НАН України. Ін-т гідробіології. 2006. 408 с.

4. Carles L., Artigas J. // Science of The Total Environment. 2020. 719: 137463. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.137463

ЗАСТОСУВАННЯ КАТАЛІЗАТОРІВ РІЗНОЇ ПРИРОДИ У ПРОЦЕСАХ ПЕРЕЕТЕРИФІКУВАННЯ СОНЯШНИКОВОЇ ОЛІЇ

Н.С. Старосельська

Український науково-дослідний інститут олій та жирів Національної академії аграрних наук України, м. Харків, Україна
старший науковий співробітник, к.т.н., ntlstaroselska@gmail.com

Технологія переетерифікування відкриває широкі можливості у створенні жирів з необхідними властивостями, які можуть бути застосовані як у виробництві багатьох видів продуктів харчування, так і продукції нехарчового призначення.

Переетерифікування може призводити до зниження або підвищення температур плавлення та кристалізації олій та жирів. Але даний показник може не змінюватися в результаті реакції. Наприклад, для соєвої олії температура плавлення в результаті переетерифікування збільшується на 12,5°С, для пальмоядрової олії – знижується на 1,4 °С.

Переетерифікування не викликає додаткового утворення транс-ізомерів жирних кислот, які чинять шкідливий вплив на здоров'я людини. Наприклад, в результаті гідрування концентрація утворених жирних кислот у транс-формі може сягати 50 % від маси олії або жиру [1].

Процес переетерифікування без каталізаторів відбувається за високої температури (250°С і вище). Але такі умови призводять до ряду небажаних процесів (розкладання, полімеризація тощо). Каталізатори дозволяють ефективно проводити процес за температури (30–120)°С.

При хімічному переетерифікуванні застосовуються лужні каталізатори: натрій, калій та їх сполуки (оксиди, гідроксиди, алкоксиди, карбонати). Ферментні каталізатори дозволяють проводити процес за температури не вище 70°С, але недоліком таких каталізаторів є висока вартість [2].

Однією з найбільш розповсюджених видів олій є соняшникова олія, яка застосовується у хімічній, фармацевтичній, косметичній, харчовій, лакофарбній та інших галузях промисловості. Важливим направленням є застосування соняшникової олії у виробництві

альтернативного біодизельного пального, яке отримують реакцією переетерифікування олії та ацилюючого агента (частіше метилового або етилового спирта).

Процеси переетерифікування соняшникової олії проводять у індивідуальному вигляді, у сумішах з іншими оліями або жирами, або з метою отримання біодизельного пального.

Ефективним є застосування гетерогенних каталізаторів на основі KI/Al_2O_3 в технології переетерифікування соняшникової олії з метанолом за тривалості процесу 4 год.. Також в даній реакції високу ефективність виявляє холін гідроксид. Вихід продукту 95 % спостерігався через 30 хв. реакції [3].

Досліджено реакцію 1,3-селективного переетерифікування соняшникової олії з метанолом у присутності гетерогенного каталізатору CaO. Ступінь перетворення 70 % склала за температури 65 °C [4].

Ефективним є процес переетерифікування соняшникової олії з використанням каталізаторів на основі MgO, просочених змішаними металевими каталізаторами MgAlFe з різним молярним співвідношенням Al/Fe. Оптимальним зразком виявився нанокаталізатор MgO/MgAl0,4Fe1,6O4, який був активним за умов 110°C [5].

У процесах переетерифікування соняшникової олії з етанолом використовують NaOH [6]. У продукті реакції спостерігався значний вихід моногліцеридів (близько 10 %) при конверсії олії 99 %.

Алкоксиди лужних металів широко застосовуються у процесах переетерифікування як жирових сумішей, так і при виробництві біодизельного пального на основі ефірів жирних кислот. Так, натрій етилат є ефективним при переетерифікуванні соняшникової олії з етанолом [7]. Мінімальний вміст початкових тригліцеридів у продукті встановлено при тривалості реакції 120 хв. Недоліком таких каталізаторів є вибухо-, пожежонебезпечність, швидка втрата каталітичної активності через високу реакційну здатність.

При переетерифікуванні соняшникової олії застосовують каталізатор з наночастинок ZnO за тривалості процесу 3 год. [8].

Крім хімічних каталізаторів, широко застосовуються альтернативні каталізатори (ферментативні та рослинного походження). Так, досліджено процес переетерифікування відпрацьованої кулінарної соняшникової олії, каталізований золою шкаралупи фундука, яка містить K, Ca та Mg. Попередньо сировину піддають прожарюванню за температури 800 °C.

Досліджено переетерифікування соняшникової олії з 1-бутанолом, що каталізується ліпазою Rhizomucor miehei у двофазній водно-органічній системі (вода+гексан) [9].

Таким чином, переетерифікування являє собою каталітичний процес, який дозволяє отримувати цінну сировину та продукцію за різними галузями промисловості. Деякі з каталізаторів (поширені промислові каталізатори – алкоксиди лужних металів) є небезпечними та викликають складнощі, пов’язані з їх зберіганням та застосуванням. Зважаючи на те, що соняшникова олія має велике промислове значення, актуальним направленням є удосконалення технології переетерифікування даного виду олії через пошук та дослідження ефективних каталізаторів.

У переетерифікуванні соняшникової олії, зокрема, із спиртами, з метою отримання альтернативного біодизельного пального, застосовують каталізатори як хімічні, так і ферментативні. Використання різних видів каталізаторів має особливості, вимагає використання певних технологічних умов ведення процесу.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Esipovich A. etc. // Chemical Engineering Journal. 2018. 339: 303–316.
2. Fattahi B. etc. // Chemical Engineering Research and Design. 2022. 183: 411–423.
3. Lima A. C. etc. // Fuel. 2022. 324: 124586.
4. Calero J. etc. // Molecular Catalysis. 2018. 484: 110804.
5. Naderi F. etc. // Industrial Crops and Products. 2019. 141 (1): 111814.
6. Reyero I. etc. // Fuel Processing Technology. 2015. 129: 147–155.

7. Sánchez B. etc. // Fuel Processing Technology. 2015. 131: 29–35.
8. Salim M. S. etc. // Fuel. 2022. 321: 124135.
9. Ilmi M. etc. // Biochemical Engineering Journal. 2016. 114: 110–118.

ЕКОЛОГІЧНІ, СОЦІАЛЬНІ ТА ЕКОНОМІЧНІ АСПЕКТИ СТАЛОГО РОЗВИТКУ

В.В. Архипова[1], О.В. Груздєва[2]

Український державний університет науки і технологій, Дніпро, Україна,
[1]старший науковий співробітник наукового центру інноваційних матеріалів та технологій, arh.v.1006@gmail.com
Дніпровський державний аграрно-економічний університет, Дніпро, Україна,
[1]доцент кафедри цивільної інженерії, технологій будівництва і захисту довкілля, arkhypova.v.v@dsau.dp.ua
[2]Український державний університет науки і технологій, Дніпро, Україна,
доцент кафедри технології неорганічних речовин та екології, lenavg@ua.fm

Вступ. Протягом XX століття відбулося швидке зростання населення планети. Цей демографічний вибух призвів до збільшення потреб людства, що супроводилося зростанням потреб у природних ресурсах (вода, енергія, корисні копалини, біологічні ресурси), зміною ландшафтів і клімату, знищенням екосистем та зменшенням біорізноманіття, забрудненням навколишнього середовища. Все це спричинило загострення багатьох проблем, пов'язаних із доступом до чистої води, повітря, наявності достатньої кількості їжі, погіршенням здоров'я тощо. Зосередження населення у містах посилило навантаження на довкілля, а науково-технічний прогрес призвів до ще більшої потреби у сировині та енергії та виникнення великої кількості небезпечних викидів. А, враховуючи те, що кількість жителів Землі та, відповідно, їх потреби продовжують зростати, збереження довкілля постає одним з найважливіших завдань перед людством, оскільки визначає не тільки стабільність, а й можливість існування біосфери, частиною якої є і людина [1].

Тому метою даного дослідження було визначення напрямів розв'язання екологічних проблем шляхом аналітичного опрацювання та систематизації інформації.

Результати дослідження. Вважається, що тільки одночасний розвиток трьох основних аспектів життя людства (екологічного, соціального, економічного) може забезпечити подальше стабільне існування як суспільства, так і біосфери і планети Земля в цілому. Саме такий інтегрований підхід лежить в основі концепції сталого розвитку [2]. Кожна з цих трьох складових потребує пильної уваги з боку людини та забезпечення можливості їх всебічного розвитку.

Екологічна складова відіграє можливість збереження природних екосистем, підтримання їх біотичної та абіотичної частин, підтримки їх життєздатності і стійкості до несприятливих впливів. А особливо важливим є надання можливості екосистем до самовідновлення, що є ключовим фактором, який забезпечує стабільне тривале існування біосфери в цілому [2]. Без збереження здатності екосистем до самовідновлення сталий розвиток не можливий.

Серед низки екологічних проблем, що підлягають розв'язанню є наступні [3, 4].

Сучасний світ стискається з низкою екологічних проблем, серед яких найгострішим є стрімке скорочення кількості ресурсів (лісів, корисних копалин, чистої води), що ставить під загрозу існування людства. Зростає і проблема забруднення навколишнього середовища (води, ґрунтів, повітря), яке погіршує стан екосистем та впливає на здоров'я людей, спричиняючи цілу низку захворювань. Крім того, планета потерпає від зменшення видового різноманіття, на що впливає як забруднення довкілля, так і надмірна експлуатація екосистем, забруднення атмосфери, води та ґрунтів.

Не менш важливою є зміна клімату, що є причиною підвищення середньорічних температур, різких змін погоди, танення льодовиків, це несе загрозу як для прибережних територій, так і для сільського господарства.

Соціальна складова спрямована на збереження культурних особливостей народів, поваги до суспільних відмінностей, уникнення конфліктів на етнічному чи культурному ґрунті. Також важливим є зниження соціальної нерівності у доступі до будь-яких ресурсів, освіти, охорони здоров'я, та конфліктів на всіх рівнях, підвищення рівня та якості життя населення [2, 5].

Економічна складова повинна враховувати здатність забезпечувати людину необхідними для існування матеріальними благами і одночасно передбачає збалансоване використання природних ресурсів, впровадження ресурсозберігаючих, маловідходних технологій, що мінімізує антропогенний тиск на довкілля.

Соціальне зростання розглядається нерозривно з економічними процесами, оскільки розвиток суспільства можливий тільки при економічному розвитку. Але і економічний розвиток повинен супроводжуватися позитивними соціальними змінами – зниженням соціального розшарування суспільства, підвищенням соціальної відповідальності підприємств, гуманізації праці [5].

Проте і соціально-економічне зростання повинно супроводжуватися забезпеченням належного рівня екологічної безпеки та стабільності, оскільки погіршення стану довкілля буде загрожувати і соціальній стабільності і економічній ефективності. Тобто, екологічна складова є основою для стійкого розвитку суспільства в цілому.

Висновки. Збереження довкілля та природних ресурсів для теперішніх і майбутніх поколінь потребує узгодженості соціальних, економічних та екологічних інтересів багатьох груп населення, підприємств та держав.

У зв'язку з цим необхідним стає впровадження нових економічних моделей, які функціонують за циклічними законами та можливістю відновлення (зелена економіка, «економіка космонавтів»), що підвищує як економічну ефективність підприємств за рахунок зменшення відходів, так і збільшує соціальну відповідальність перед суспільством.

Важливим є збереження природних ландшафтів, що вимагає створення заповідних територій (від національних парків до біосферних заповідників), і необхідності поступитися економічними інтересами на користь екологічних переваг.

Екологічна політика держав повинна включати механізми стимулювання зменшення викидів та перехід до збалансованого природокористування, зниження використання бензинового транспорту і розвитку громадського транспорту, зростання частки відновлюваних джерел енергії [6].

Таким чином, концепція сталого розвитку повинна базуватися на гармонійному поєднанні екологічних, соціальних і економічних аспектів, що забезпечує забезпечення потреб людства і одночасного збалансованого розвитку суспільства без шкоди для навколишнього середовища і майбутніх поколінь.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Дорогунцов С. І., Коценко К. Ф., Хвесик М. А. та ін. // Екологія: Підручник. 2005: 371.

2. Васильченко Л. С. // Науковий вісник Херсонського державного університету. 2015. 11(1): 100-103.

3. Семчук Ж., Нитребич А., Андрюшко Д., Маркевич О., Тимик А., Купчак В., Перцевий Р. // Академічні візії. 2024. 32: 1-8.

4. Кратко О. В., Мунтян Л. Я., Демчук Л. І. // Екологічні науки. 2021. 7(34): 219-224.

5. Буряк Є. В., Редько К. Ю., Чорновол А. О., Орленко О. В. // Наукові записки Львівського університету бізнесу та права. 2022. 34: 135-143.

6. Кенідра О. О, Дроздовський Я. П. // Науковий вісник Ужгородського національного університету. 2019. 28(1): 137-141.

СУЧАСНІ АСПЕКТИ ОЧИСТКИ СТІЧНИХ ВОД ФАРМАЦЕВТИЧНИХ ПІДПРИЄМСТВ

Н.В. Двінських[1], Н.В. Хохленкова[2]

Національний фармацевтичний університет, м. Харків, Україна,
[1]доцент ЗВО кафедри біотехнології, begunova1203@gmail.com
[2]завідувачка кафедри біотехнології, hohnatal@gmail.com

Фармацевтична промисловість є однією з ключових галузей, що забезпечує населення лікарськими засобами, однак її виробничі процеси супроводжуються утворенням стічних вод, які містять біологічно активні речовини, органічні сполуки, розчинники та солі. Ці забруднювачі становлять загрозу для навколишнього середовища, оскільки можуть викликати токсичні ефекти у водних екосистемах, сприяти антибіотикорезистентності та забруднювати ґрунтові води. Наприклад, антибіотики, що потрапляють у водойми, можуть впливати на мікробіоту, а органічні розчинники, такі як етанол чи ацетон, підвищують хімічне споживання кисню (ХСК). Ефективна очистка стічних вод є необхідною умовою для мінімізації екологічного впливу та забезпечення сталого розвитку галузі.

Метою роботи є аналіз нормативної бази та сучасних методів очистки стічних вод фармацевтичних підприємств.

Чинні нормативні документи, що стосуються очистки стічних вод, мають загальне застосування і охоплюють всі види промислових та комунальних стічних вод. Аналіз їхнього відношення до фармацевтичної галузі виявив, що:

- Водний кодекс України (документ 213/95-ВР, поточна редакція від 15.11.2024) регулює загальні вимоги до скидання стічних вод, включаючи промислові (зокрема, фармацевтичні). Стаття 44 зобов'язує підприємства забезпечувати очистку стічних вод перед скиданням у водойми, а стаття 70 містить умови скидання стічних вод у водні об'єкти з урахуванням гранично допустимих концентрацій (ГДК) забруднювачів, що можуть, зокрема, включати специфічні речовини фармацевтичного виробництва (антибіотики, гормони, розчинники).
- Закон України «Про водовідведення та очищення стічних вод» (документ 2887-IX, поточна редакція від 12.01.2023) встановлює загальні принципи очистки стічних вод, включаючи промислові. Фармацевтичні підприємства, які скидають стічні води в централізовані системи або водойми, повинні відповідати вимогам цього закону, зокрема щодо якості очищення від специфічних забруднювачів (наприклад, біологічно активних речовин).
- Правила приймання стічних вод до систем централізованого водовідведення (наказ Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України № 316, документ z0056-18, поточна редакція від 23.02.2024) регулює скиди промислових стічних вод, у тому числі від фармацевтичних підприємств, у міські каналізаційні системи. Для фармацевтичної галузі важливі додаткові вимоги до попередньої очистки, оскільки стічні води можуть містити токсичні речовини (наприклад, антибіотики), які перевищують стандартні ГДК.
- Правила охорони поверхневих вод від забруднення зворотними водами (постанова КМУ № 465, документ 465-99-п, поточна редакція від 30.10.2013) прямо стосуються фармацевтичних підприємств, які скидають стічні води у поверхневі водойми. Ці правила встановлюють нормативи гранично допустимого скиду (ГДС), включаючи специфічні

показники для фармацевтичних забруднювачів, таких як органічні сполуки з високим хімічним споживанням кисню (ХСК) чи біологічною потребою в кисні (БПК).

- ДСТУ 7369:2013. «Стічні води. Вимоги до стічних вод і їхніх осадів для зрошування та удобрювання» має опосередковане відношення до фармацевтичних підприємств, якщо їхні стічні води чи осади використовуються для зрошування чи удобрювання. Однак для фармацевтичної галузі це менш актуально, оскільки стічні води з антибіотиками чи гормонами не можуть використовуватися в сільському господарстві.

Ці документи загалом застосовуються до стічних вод фармацевтичних підприємств, але не є специфічно розробленими для цієї галузі. Фармацевтичні підприємства підпадають під загальні норми, але через унікальний склад стічних вод (антибіотики, гормони, розчинники) їм часто потрібні додаткові внутрішні стандарти чи спеціальні дозволи від місцевих органів (наприклад, Державна екологічна інспекція України), а також відповідність європейським директивам (наприклад, Директива 2010/75/ЄС про промислові викиди), які адаптовані в Україні через асоціацію з ЄС. Для специфічних вимог фармацевтичної очистки можуть додатково застосовуватися галузеві настанови чи технічні регламенти, розроблені підприємствами спільно з екологічними органами.

Зроблено теоретичний огляд методів очистки, які можуть забезпечити відповідність стічних вод екологічним нормам. Стічні води фармацевтичних підприємств характеризуються високим вмістом органічних сполук (ХСК до 5000 мг/л), низькою біорозкладністю та наявністю токсичних речовин. Для їхньої очистки застосовуються багатоступеневі системи, що комбінують фізичні, хімічні та біологічні методи. Механічна очистка (фільтрація, седиментація) дозволяє видалити до 20 % зважених речовин, таких як залишки сировини чи пакувальних матеріалів, але вона не ефективна проти розчинених забруднювачів. Хімічні методи, зокрема коагуляція з використанням сульфату алюмінію або хлориду заліза, забезпечують видалення до 60 % органічних сполук. Для видалення антибіотиків перспективним є використання окислення озоном, яке досягає ефективності 90 %, але потребує високих витрат. Адсорбція активованим вугіллям дозволяє видалити до 85 % гормонів та токсичних розчинників, однак регенерація вугілля ускладнює процес. Біологічна очистка, зокрема аеробна біодеградація в аеротенках, ефективна для біорозкладних сполук (до 70 % видалення), але наявність антибіотиків може знижувати ефективність через пригнічення мікроорганізмів. Мембранні технології, як зворотний осмос, мають ефективність до 95 %, але і високу собівартість через потребу в попередній очистці та заміні мембран. Ефективним є комбінування методів (наприклад, озонування та біологічна очистка), що дозволяє досягти виділення 90–95 % забруднювачів, що відповідає нормам скидання.

Отже, очистка стічних вод фармацевтичних підприємств є складним завданням через специфіку забруднювачів, таких як антибіотики, гормони та органічні розчинники, які мають низьку біорозкладність і токсичність. Теоретичний огляд показав, що найефективнішими є комбіновані методи, які поєднують хімічну обробку (озонування, коагуляцію), адсорбцію та біологічну очистку. Перспективним для України є впровадження мембранних технологій, таких як зворотний осмос, незважаючи на їхню високу вартість, оскільки вони дозволяють досягти відповідності екологічним стандартам. Подальші дослідження мають бути спрямовані на розробку економічно вигідних методів регенерації адсорбентів та підвищення стійкості біологічних систем до антибіотиків.

Чинні нормативні документи щодо стічних вод мають загальний характер, регулюють скидання промислових стічних вод, Однак через унікальний склад стічних вод фармацевтичним підприємствам потрібні додаткові галузеві стандарти, спеціальні дозволи та відповідність європейським директивам, таким як Директива 2010/75/ЄС.

ДО ПИТАННЯ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ В УКРАЇНІ

Л.М. Коваленко

Державний біотехнологічний університет, Харків, Україна
доцент, канд.пед. наук, доцент кафедри управління земельними ресурсами, геодезії та кадастру, klm180248@btu.kharkov.ua

Природні багатства та їхні ресурси є основою для забезпечення економічних, екологічних, оздоровчих, лікувальних, культурних, естетичних та інших потреб членів суспільства.

Теорія та практика раціонального використання людиною природних багатств та ресурсів у середовищі суспільно-виробничої діяльності, спрямованої на задоволення потреб людства цими ресурсами, а також збереження різноманітності і якості довкілля, й називається природокористуванням. Стрімкий розвиток людської цивілізації, зростання чисельності населення і його потреб, технологічна реалізація наукових відкриттів та безпрецедентне зростання економіки у XXI ст. супроводжується зростанням використання природних ресурсів [1, С. 3].

Використання різних компонентів природи для задоволення індивідуальних і суспільних потреб здійснюється на основі правового регулювання. При цьому використання природних об'єктів може здійснюватися не лише на основі права власності, а й на засадах права природокористування. Тому правове регулювання користування природними ресурсами становить значний інтерес.

З огляду на диференційований стан сучасного українського законодавства, що регулює використання природних ресурсів, сукупність правових норм, які становлять інститут права природокористування, утворюють норми земельного, гірничого, водного, лісового, природно-заповідного, фауністичного, флористичного та інших галузей природно-ресурсного законодавства. У цьому розумінні право природокористування є комплексним правовим інститутом, що інтегрує сукупність правових вимог щодо використання природних об'єктів та їхніх ресурсів. Комплексний зміст інституту права природокористування охоплює правову регламентацію як конкретних правомочностей суб'єктів-природокористувачів, так і правовідносин стосовно природокористування. Отже, інститут права природокористування - це сукупність правових норм різних галузей природно-ресурсного законодавства, що регулюють суспільні відносини щодо використання корисних властивостей природних об'єктів. Гостра потреба в раціоналізації природокористування у нашій країні виникла в другій половині XX ст. у зв'язку з розширенням екстенсивного способу використання природних ресурсів для відновлення зруйнованого війною народного господарства. Раціональне використання природних ресурсів водночас є засобом заощадження природних об'єктів. Чим менше природних компонентів споживається в процесі виробничо-господарської діяльності, тим більше природних багатств зберігається. Крім того, раціональне природокористування забезпечує природне відновлення відтворюючих природних об'єктів.

Найважливішими принципами природокористування є: походження права природокористування від права власності на природні об'єкти; цільовий характер використання природних ресурсів; раціональне й ефективне природокористування; комплексність природокористування; стабільність права користування природними багатствами; безоплатність загального і платність спеціального використання природних ресурсів; екосистемний підхід до регулювання природокористування та інші принципи.

Залежно від класифікаційних ознак використання природних ресурсів можна поділяти на різні види. Так, за видами природних об'єктів право природокористування поділяється на такі види: право землекористування; право надрокористування; право водокористування; право лісокористування; право користування тваринним світом; право користування рослинним світом; право користування об'єктами природно-заповідного фонду; право

користування ресурсами виключної (морської) економічної зони, морського дна та континентального шельфу тощо.

У свою чергу окремі види використання природних об'єктів за ознаками цільового призначення можуть поділятися на певні різновиди. Так, право на використання земельних ресурсів поділяється на право землекористування для сільськогосподарського і несільськогосподарського використання, право надрокористування - на використання надр для геологічного вивчення і видобутку корисних копалин та ін.

Використання природних ресурсів в Україні передбачено здійснювати в порядку їх загального і спеціального використання. Право загального природокористування передбачає використання природних об'єктів та їх корисних властивостей без закріплення за окремими особами та надання відповідних дозволів на їх використання. Право спеціального природокористування передбачає постійне чи тимчасове володіння і користування природними об'єктами для здійснення виробничо-господарських та інших видів діяльності на підставі спеціальних дозволів і на платних умовах з метою одержання корисних властивостей природних багатств.

Таким чином, правове регулювання використання природних об'єктів та їхніх ресурсів повинно бути раціональним. Воно має спиратися на закономірності функціонування природних систем і закріплюватися у правових нормах, які відповідають життєвим інтересам людини і суспільства.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Дронова О.Л., Запотоцький С.П. // Сучасне природокористування: суспільно-географічний контекст: навч.-метод. посібн. 2018. 214 с.

Секція 3 ТЕХНОЛОГІЯ ТВАРИННИЦТВА ТА ВОДНІ БІОРЕСУРСИ

ВПЛИВ ЕХІНАЦЕЇ ПУРПУРОВОЇ НА ПРОДУКТИВНІСТЬ КОРОПА ЛУСКАТОГО

Р.А. Чудак

Вінницький національний аграрний університет, м. Вінниця, Україна,
доктор с.-г. наук, професор кафедри технології розведення, виробництва та переробки продукції дрібних тварин, romanchudak@ukr.net

Вступ Розвиток галузі аквакультури призводить до пошуку нових компонентів в організацію високоживильного годування гідробіонтів. За останні десятиліття вчені розробили різноманітні кормові добавки, які активно застосовують у раціоні риб. Інтенсифікація вирощування риби вимагає розробку ефективних методів управління метаболізмом гідробіонтів за рахунок оптимізації годівлі та пошуку безпечних кормових біодобавок [1, 5]. В результаті останніми роками спостерігається великий інтерес до використання фітобіотиків або екстрактів рослин в аквакультурі для створення альтернатив антибіотикам та хімічним сполукам, які здатні підвищувати продуктивність та імунний статус організму гідробіонтів для боротьби з різними захворюваннями. Віомо, що фітобіотики мають антиоксидантні, антибактеріальні, протипаразитарні, інсектицидні властивості, стимулюють активність травних ферментів і посилюють як клітинну, так і гуморальну імунну відповідь. Висока біологічна активність фітобіотиків пов'язана з вмістом у їх складі біологічно активних сполук таких як ефірні олії, полісахариди, дубильні речовини, фенольні сполуки, сапоніни, алкалоїди, терпеноїди, глікозиди, піперин і т.д., які можуть чинити бактерій шлунково-кишкового тракту (ЖКТ) та безпосередньо діють на каскад імунної відповіді організму [2, 4, 6]. Таким чином, сучасні наукові дані свідчать про перспективність використання фітобіотиків або екстрактів рослин як ефективні кормові добавки, а їх активне застосування в аквакультурі матиме велике значення для підтримки стійкості її розвитку.

Мета досліду – вивчення впливу фітобіотичної кормової добавки з ехінацеї пурпурової на продуктивні та забійні показники коропа лускатого.

Методика досліджень. Для проведення досліду з метою просторового відокремлення груп у ставку формували сім секцій площею по 10 м^2, для цього використовували спеціальні жорсткі пластикові сітки, щільність посадки риби становила 5000 шт./га. Тварини контрольної групи в усіх дослідах упродовж основного періоду споживали корми основного раціону (ОР), а у дослідних групах – до основного раціону додавали рослинну добавку у вигляді сухого подрібненого коріння та суцвіття ехінацеї пурпурової у різних дозах. У проведених дослідженнях годівлю коропа лускатого здійснювали комбікормами (К110-1/1). Розрахунок кількості кормів проводили на основі загальноприйнятих методик [3] з урахуванням живої маси та гідротермальних характеристик середовища.

Результати та їх інтерпретація. Так, додавання до комбікорму риби 1,0-1,5% добавки з коріння ехінацеї зумовило збільшення живої маси коропів при знятті з досліду відповідно на 16,9 та 15,6% ($P<0,001$) порівняно з контрольними, тоді як за добавки екстракту суцвіття ехінацеї у дозі 0,5 та 1,0% вона зростала відповідно на 13,6% ($P<0,05$) та 12,4% ($P<0,01$). Одержані дані показують, що найінтенсивніше росли коропи третьої і четвертої груп, де середньодобовий приріст був на 0,42 та 0,40 г більше, ніж у контрольній групі.

З метою дослідження ефективності використання корму коропами дослідних груп за дії добавок ехінацеї обчислено кормовий коефіцієнт. Цей коефіцієнт змінюється залежно від виду корму, якісного складу кормових організмів, їх концентрації і залежить від росту риби та температури води.

Виявлено, що найефективніше використовували корм коропи третьої і четвертої груп, оскільки для одержання одиниці приросту їм необхідно було корму на 0,41-0,43 г більше, ніж у контролі. Підтвердженням цьому є зниження показника продуктивної дії корму у коропів третьої і четвертої груп.

Аналіз одержаних даних показав, що найвищий коефіцієнт накопичення маси спостерігався у коропів четвертої групи, до раціону яких вводили 1,0 % добавки з коріння ехінацеї. Використання коріння ехінацеї у кількості 1,5 % від маси комбікорму дає можливість максимально підвищити коефіцієнт накопичення маси риби.

Відгодівельні якості коропів визначали за коефіцієнтом вгодованості та індексом м'ясності тушок.

За результатами досліду встановлено, що за довжиною тіла коропи дослідних груп перевищували контрольних. Найбільшу довжину мала риба, яка одержувала 1,0-1,5 % від маси корму добавку з коріння ехінацеї пурпурової (третя і четверта групи) та 0,5 % - із суцвіття (п'ята група). Однак за коефіцієнтом вгодованості риба всіх дослідних груп поступалася рибі з контрольної. За індексом м'ясності лише коропи третьої групи перевищували контрольні показники, хоча різниця між рештою дослідних і контрольною була несуттєва.

Подібні зміни можуть бути пов'язані з підсиленим ростом та розвитком лінійних параметрів тіла риби, якій згодовували кормосуміш з добавками ехінацеї пурпурової.

З метою вивчення вмісту їстівних та неїстівних частин тушки нами проведений морфологічний аналіз тіла риби.

За результатами досліджень простежується тенденція до зростання маси голови і скелета у коропів третьої та четвертої дослідних груп. За використання досліджуваних добавок маса внутрішніх органів у коропів дослідних груп була на 1,8-3,3 % вищою порівняно з контрольними.

Найбільшу масу нутрощів, відзначено у коропів п'ятої групи, де вона була на 3,3 % вища, ніж у контрольній групі. Ехінацея пурпурова також позитивно впливала на розвиток кишечнику. Кількість м'язової тканини була найбільшою у коропів третьої, четвертої та сьомої груп.

За даними зважування, у коропів третьої і четвертої груп маса печінки була відповідно на 55,0 і 52,4 % більша, а у шостій групі – на 20,0% менша, ніж у контрольних. Аналогічна картина характерна і для маси селезінки, яка у коропів зазначених груп теж була на 22,0 і 14,9 % більша. Проте у п'ятій і сьомій групах зазначений показник був відповідно на 18,5 і 5,6 % нижчий, ніж у контролі.

Одним із показників розвитку кровоносної системи є маса серця. За дії досліджуваних добавок у коропів третьої, четвертої, п'ятої, шостої та сьомої груп маса серця збільшувалась відповідно на 23,8; 11,9; 21,4; 9,5 та 40,4 % (різниця вірогідна). Проте за мінімальної дози добавки з коріння ехінацеї (друга група) маса серця знижувалась на 19,0 % ($P<0,001$).

Таким чином, уведення до раціону коропа лускатого кормової добавки з коріння та суцвіття ехінацеї зумовлює збільшення приросту живої маси риби на 3,6-16,9%, вихід м'язової тканини на 0,3-2,3 % та маси серця на 9,5-40,4 %. Найефективніше використовується корм за використання 1,0 та 1,5 % коріння ехінацеї від маси корму, що на 14,6-15,1 % менше за показник контрольної групи, а коефіцієнт накопичення маси при цьому збільшується.

Крім того, застосування у годівлі риби комбікормів, які містять коріння і суцвіття ехінацеї сприяє підвищенню в крові кількості еритроцитів на 20,0-80,0 %, лейкоцитів на 16,6-37,3 %, гемоглобіну на 4,8-18,1 %, загального білка на 23,3-63,3 %, кальцію на 30,4-47,5 % та глюкози на 15,7-26,6 %.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ:

1. Главатчук В. А. // Таврійський науковий вісник. Серія: «Сільськогосподарськіи науки». 2024. 137: 489-503.

2. Дьяконова Я. В., В. С. Кисличенко // Фармацептичний часопис. 2007. 3: 77.

3. Чудак Р. А., Побережець Ю. М., Вознюк О. І. // Аграрна наука та харчові технології

ВНАУ. 2018. 2 (101): 81 – 89.

4. Чудак Р.А., Побережець Ю. М., Вознюк О. І. // Ефективність використання фітобіотика з ехінацеї блідої у годівлі перепелів. *Монографія.* 2020. 199 с.

5. Шерман І.М., Гринжевський М.В. Желтов Ю.О. та ін. // Годівля риб. 2001. 269 с.

6. Chudak R.A., Poberezhets Y.M., Vozniuk O.I., Dobronetska V.O. // Ukrainian journal of ecology. 2019. 9(2): 151-155. https://www.ujecology.com/articles/echinacea-pallida-extract-effect-on-quils-meat-quality.pdf

ХІМІЧНІ ПРОЦЕСИ У ВОДНИХ ЕКОСИСТЕМАХ: ВПЛИВ ЗАБРУДНЕНЬ ТА МЕТОДИ ОЧИЩЕННЯ

І.С. Саєнко[1], Н.І. Гладка[2], В.О. Приходченко[3]

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна
[1]здобувач вищої освіти ОП «Ветеринарна медицина», kittyirishka@gmail.com
[2]доцент gladkaya_75@ukr.net
[3]доцент vita.prihodchenko@ukr.net

Водні екосистеми − це складні динамічні системи, в яких відбувається постійна взаємодія між живими організмами та хімічними речовинами. До них належать річки, озера та водосховища, які відіграють важливу роль як у природному середовищі, так і в житті людини.

Серед найбільших річок України можна виділити Дніпро, Дністер і Сіверський Донець. Дніпро є головною водною артерією країни − він забезпечує водою мільйони людей і підприємств. Дністер також має стратегічне значення, особливо для західних регіонів. Сіверський Донець є ключовим джерелом води для сходу України.

Україна також має багато озер, серед яких найбільш відомими є Синевир − високогірне озеро, що вважається природною перлиною Карпат, та Світязь − найглибше озеро в Україні, яке входить до складу Шацьких озер.

Серед великих штучних водних об’єктів − водосховища. Наприклад, Київське і Канівське водосховища на Дніпрі використовуються для водопостачання, енергетики, зрошення та судноплавства.

Водні ресурси мають важливе значення для економіки та екології України. Вони забезпечують населення питною водою, використовуються для зрошення сільськогосподарських земель, у промисловості, а також у сфері туризму та рекреації.

Однак, попри багатство водних об’єктів, Україна стикається з проблемою дефіциту води. На сьогодні кількість прісної води на одну людину становить лише близько 1000 кубічних метрів на рік. Це − нижче середнього європейського рівня і свідчить про потенційні ризики для сталого розвитку в майбутньому. Тому раціональне використання, захист і очищення водних ресурсів мають стати пріоритетом для держави та суспільства.

Значна частина хімічних змін у воді пов’язана з природними процесами: фотосинтезом водоростей, диханням водних організмів, розчиненням мінералів. Наприклад, фотосинтез сприяє підвищенню концентрації кисню, тоді як дихання та розкладання органіки − її зниженню. Водночас антропогенний вплив істотно змінює хімічний баланс водойм. Скидання стічних вод, потрапляння залишків добрив, важких металів, мийних засобів і фармацевтичних препаратів призводить до порушення природної рівноваги.

Одним з найбільш серйозних наслідків є евтрофікація − процес надмірного збагачення води біогенними елементами, зокрема нітратами та фосфатами. Це стимулює масове розмноження синьо-зелених водоростей, які після відмирання створюють значне навантаження на систему, спричиняючи дефіцит кисню та загибель риби. Вміст токсичних речовин, зокрема сполук ртуті, свинцю або кадмію, здатен накопичуватися в організмах, що веде до порушень обміну речовин у тварин, розвитку патологій та загрози для здоров’я людей.

З метою зменшення шкоди від хімічного забруднення застосовують різні методи очищення. Механічне очищення передбачає видалення великих часток та суспензій. Біологічні методи використовують діяльність мікроорганізмів, здатних розкладати органічні речовини, а хімічні методи включають коагуляцію, окислення та нейтралізацію. Зростає інтерес до екотехнологій, зокрема використання біоплато (штучно створених водно-болотних систем), які ефективно фільтрують забруднювачі природними шляхами.

Також перспективним напрямом є використання нанотехнологій − спеціальні наноматеріали дозволяють вибірково видаляти важкі метали або органічні токсиканти. Ветеринарні спеціалісти можуть брати участь у моніторингу стану водойм, особливо якщо йдеться про фермерські господарства з рибним або гідробіонтним напрямом, чи при оцінці ризиків для тварин, що мають доступ до відкритих джерел води.

Таким чином, хімічні процеси у водних екосистемах не лише формують якість середовища, а й безпосередньо впливають на стан здоров'я тварин. Формування екологічної свідомості у населення − важлива складова гармонійного співіснування людини, тварин та природи.

РИБНЕ ГОСПОДАРСТВО УКРАЇНИ: ВИКЛИКИ ВІЙНИ ТА МОЖЛИВОСТІ РОЗВИТКУ

П.Я. Пукало[1], В.В. Сенечин [2], Л.Й. Штинда [3]

Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Ґжицького, м. Львів, Україна,
[1]к.вет. наук, доцент hoarding@ukr.net
[2]к.вет. наук, доцент senechin@ukr.net
[3]аспірант

Риба, морепродукти та інші водні біоресурси становлять надзвичайно важливе джерело харчування, забезпечуючи людину необхідними тваринними білками, вітамінами, мікроелементами та іншими корисними біоактивними сполуками. Ці ресурси також є ключовою сировиною у різноманітних галузях виробництва – від харчової до фармацевтичної та косметичної промисловості. Особливо цінною характеристикою водних біоресурсів є їх природна здатність відновлюватися, що ефективно використовується в аквакультурі для культивування риби та інших водних організмів штучним шляхом.

У 80-х роках минулого століття рибна промисловість України була високорозвиненою галуззю, маючи потужний флот із близько 2320 суден (включно з 368 океанічними) та розвинену берегову інфраструктуру. Головними центрами галузі були Севастополь, Керч, Одеса, Маріуполь і Бердянськ, що дозволяло Україні утримувати належне місце серед морських держав світу [4].

До війни рибна галузь України включала океанічний та морський рибальський флот, аквакультуру, рибопереробку, берегову інфраструктуру, наукові установи тощо.

Внаслідок анексії Криму та втрати понад 108 суден обсяги вилову риби впали з 225,8 тис. т (2013 р.) до 91,2 тис. т (2015 р.), а до 2019 р. лише 4 орендовані судна (під іноземними прапорами) залишилися, що позбавило Україну доступу до морських економічних зон інших держав.

Окрім втрати Криму, до занепаду українського рибного господарства призвели реструктуризація підприємств із руйнуванням внутрішньогалузевої кооперації, зношення основних засобів (особливо флоту), відсутність доступних кредитів та оборотних коштів, втрата інвестиційної привабливості та введення додаткових платежів за ресурси. Ці фактори спричинили фінансову кризу, зниження прибутковості та втрату конкурентоспроможності галузі [2].

У 2021 році Україна продемонструвала значну імпортозалежність у сфері риби та рибопродуктів, сягнувши 89,7 %. Це підкреслює стратегічне значення даної продукції для забезпечення продовольчої безпеки країни, що зумовлює актуальність аналізу стану та перспектив розвитку рибного господарства, особливо в умовах воєнного стану.

Серед ключових проблем також варто виділити недостатню цифровізацію галузі, оскільки облік рибного вилову та діяльності підприємств аквакультури ведеться переважно на папері, що створює можливості для маніпуляцій і корупційних схем. Крім того, в Україні відсутня система відстежування походження рибної продукції, що суперечить вимогам ЄС та ускладнює експорт до європейських країн.

Ситуацію ускладнює застаріла нормативно-правова база, яка не відповідає сучасним викликам та реаліям галузі, а також неефективне управління рибними господарствами, що гальмує їхній розвиток і знижує конкурентоспроможність української рибної продукції на внутрішньому та зовнішньому ринках [3].

Рибне господарство, яке вже раніше перебувало в кризовому стані, зазнало ще більших труднощів. Останні роки для галузі характеризувалися різким спадом вирощування та вилову риби, зростанням цін на рибну продукцію та значним скороченням її споживання населенням. Війна лише загострила ці проблеми, підірвавши економічну стабільність підприємств, спричинивши руйнування інфраструктури, скорочення виробництва, проблеми з логістикою та експортом. Втрата доступу до важливих риболовних акваторій, знищення підприємств та зміни у структурі попиту створюють значні виклики для галузі. Разом з тим, в умовах війни зростає потреба у забезпеченні населення доступними та поживними продуктами, що підвищує стратегічне значення рибного господарства.

Аналіз стану рибної промисловості, її втрат, адаптаційних механізмів і перспектив відновлення є вкрай важливим для вироблення ефективної стратегії подальшого розвитку галузі в умовах війни та післявоєнного відновлення.

Через війну Україна втратила доступ до Чорного та Азовського морів, що спричинило скорочення загального вилову більш ніж удвічі та підірвало економічну стабільність риболовецьких підприємств. Також спостерігається відсутність ефективного контролю за промисловим і аматорським рибальством, що сприяє нелегальному вилову риби, виснажуючи природні ресурси.

За даними Київської школи економіки, лише за перші три місяці війни загальні збитки аграрного сектору перевищили 4,3 мільярда доларів, що становить близько 15 % капіталу країни [5]. Водночас непрямі втрати, спричинені стрімкою інфляцією, зменшенням виробництва, зростанням вартості виробничих ресурсів і блокадою портів, досягли 23,3 мільярда доларів [6].

У зв’язку з цим визначення ключових викликів у функціонуванні вітчизняного рибного господарства та пошук шляхів їх подолання є вкрай актуальним.

Важливу роль у подоланні цих викликів відіграють високопрофесійні фахівці, які, особливо в умовах воєнного стану, забезпечують ефективне управління водними ресурсами та сприяють продовольчій безпеці країни. Значну частку в аграрному секторі займають спеціалісти у сфері водних біоресурсів та аквакультури, чия діяльність є ключовою для відновлення та розвитку рибного господарства України в післявоєнний період [1].

Для подолання ключових проблем рибної галузі України в умовах війни та в післявоєнний період необхідно здійснити низку стратегічних заходів. Зокрема, варто залучити кваліфікованих фахівців, включаючи іхтіологів, технологів з переробки риби та спеціалістів у сфері аквакультури, а також адаптувати рибне виробництво до міжнародних стандартів якості та безпеки. Важливим є зменшення бюрократичних перешкод для розвитку підприємств рибного господарства та стимулювання інвестицій у галузь. Необхідно сприяти розвитку інфраструктури для зберігання, транспортування та переробки рибної продукції, підтримувати малих виробників і впроваджувати сучасні технології вирощування риби відповідно до принципів сталого розвитку.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Гриневич Н.Є., Хом'як О.А., Слюсаренко А.О., Пукало П.Я. та ін. // Таврійський науковий вісник. 2023. 133: 313–319.
2. Ємцев В.І., Слободянюк Н.М., Ємцева Г.Ф. // Наука і техніка сьогодні. 2023. 13(27): 90–101.
3. Ріпенко А. Рибна галузь у війну: вийти з кризи. URL: https://blog.liga.net/user/aripenko/article/46068
4. Статистичний збірник «Рибне господарство України». 2000. URL: http://www.ukrstat.gov.ua/
5. KSE Агроцентр. Indirect losses in agriculture are estimated at $23.3 billion USA. 2022. URL: https://ukranews.com/en/news/864573-indirect-agriculture-losses-from-war-estimated-at-usd-23-3-billion-agrarian-ministry

DETERMINATION OF THE EFFECT OF THE PROBIOTIC FEED ADDITIVE BIOFERM ON THE PRODUCTIVITY OF EGG CROSS CHICKENS

I. Honcharova

State Biotechnological University, Kharkiv, Ukraine
Associate Professor of the Department of Technology and Breeding in animal husbandry, irina.i.goncharova@gmail.com

High poultry productivity is only possible if poultry are provided with a balanced diet, so every poultry farm must create a strong feed base that fully meets the demand for high-quality feed. At the same time, feed accounts for the majority of costs in the cost of poultry production, reaching 70 % [2, 4]. The productivity of different poultry species can be increased by improving the absorption of feed nutrients, in particular with the help of new biologically active additives. Therefore, it is promising to use probiotic feed additives in poultry feeding, which allow for more efficient use of feed, reduce feed costs per unit of production, and improve the life of the poultry, its productivity and safety. They not only increase productivity but also protect the body from pathogenic environmental factors. In addition, the inclusion of probiotics in feed reduces feed consumption and, consequently, production costs [1, 3]. One of these probiotics for laying hens is a domestically produced feed additive by Bioferm.

The research was conducted at the Bohodukhivska Poultry Farm, a private research and production company of Interbusiness. The farm uses the Novogen White cross. The experimental groups included 90 heads of clinically healthy laying hens of the Novogen White cross in an experimental poultry farm equipped with typical three-tiered cage equipment.

At the age of 20 weeks, the birds were divided into 3 groups (30 birds in each) based on the principle of analogue groups: control group I and experimental groups II and III. The experimental groups of birds were housed in one tier of cages with 6 birds in each with constant access to water. The housing conditions were in accordance with feeding standards. Laying hens of the 1st control group served as a general control for all groups. Laying hens of the 2nd group were given 0.4 g of Bioferm probiotic supplement per head per day at the beginning of egg-laying for 10 days, 0.5 g of the supplement per head per day at the peak of egg-laying for 10 days, and then monthly for 10 days until the end of egg-laying; Group 3 was given 0.5 g of Bioferm probiotic supplement per head per day at the beginning of egg-laying - 10 days, 1 g of supplement per head per day at the peak of egg-laying - 10 days, then monthly for 10 days until the end of egg-laying.

The use of Bioferm's probiotic feed additive in the optimal variant ensures an increase in poultry safety, which is 96.3-98.1%, which is 1.9-3.7% higher than the control. Bioferm probiotic helps to increase the weight of chickens, strengthens the immune system and normalises the intestinal

microflora. The experiment showed a positive effect of using the Bioferm probiotic feed additive on the dynamics of live weight during the productive period. The most noticeable absolute increase in this indicator in the period from 20 weeks of age to 65 weeks of age was observed in experimental groups 2 and 3 (the difference is significant). The difference compared to the control ranged from 74.1-84.6 g. The optimal variant of using the probiotic feed additive Bioferm provided the maximum peak of egg production, which was 98.9% and the lowest age of peak achievement (30 weeks). At the same time, a significant increase in egg weight and gross egg yield was recorded compared to the control: the average egg weight for the entire laying period in all experimental groups was 0.89-2.4% higher than in the control group, and the gross egg yield in the experimental groups was 4.9-10.7% higher than in the control group. Improved taste of eggs: eggs become tastier, the yolk is more saturated in colour and the white is denser. The tasting of eggs subjected to heat treatment showed that the highest score for organoleptic characteristics of eggs was given to the third group, the total number of points was 3.66% higher than in the control group, and in the second group this figure was 1.83% higher than in the control group.

Thus, the use of Bioferm's probiotic feed additive in poultry farming allows for a fuller use of the biological resources of egg cross chickens, improving the quality and quantity of productivity. Chickens start laying eggs faster and more consistently. With prolonged use of probiotics, the peak of egg production can be extended by 1-3 months, and the total number of eggs increases by 20% or more.

REFERENCES

1. Jin L.Z, Ho Y.W., Abdullah N, Jalaludin S. // World's Poult Sci J. 1997. 53: 351–368.
2. Fathi M., Al-Homidan I., Al-Dokhail A., Ebeid T., Abou-Emera O., Alsagan A. // Ital. J. Anim. Sci. 2018. 17: 804−814. https://doi.org/10.1080/1828051X.2018.1425104
3. Kurtoglu V., Kurtoglu F., Seker E., Coskun B., Balevi T., Polat E.S. // Food Addit Contam. 2004. 21: 817–823.
4. Beshara M. M. et al. // Egyptian Poultry Science Journal. 2019. 39(3): 625-637.

ЗНАЧЕННЯ ПРОБІОТИКІВ ТА ПРЕБІОТИКІВ У ТВАРИННИЦТВІ

О.М. Блохін

Державний біотехнологічний університет, Харків, Україна
здобувач першого (бакалаврського) рівня вищої освіти, спеціальність «Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва», blohinoleg003@gmail.com
Науковий керівник – канд. с.-г. наук, доцент Гончарова І.І.

В останні десятиліття у тваринництві, застосовується значна кількість різних біологічно активних речовин. Це пов'язано з тим, що вони позитивно впливають на перебіг обмінних процесів в організмі, покращують здоров'я та відтворювальні функції тварин, беруть участь у регуляції м'ясної продуктивності, знижують негативний вплив технологічних стресів, прискорюють виведення з організму радіонуклідів тощо, тобто мають широкий спектр дії [1].

Пробіотики та пребіотики займають важливе місце в сучасному тваринництві, оскільки допомагають покращити здоров'я тварин, підвищити їх продуктивність і стійкість до захворювань. Обидва ці компоненти впливають на мікрофлору шлунково-кишкового тракту тварин, сприяючи її стабільності і балансу, що є важливим для ефективного засвоєння поживних речовин та загального стану здоров'я.

У великому переліку біологічно активних речовин, що застосовуються у тваринництві, особливе місце займають пробіотики - бактеріальні препарати з живих мікробних культур, ефективність яких пов'язана зі сприятливими метаболітичними змінами, що викликаються

ними в травному тракті, кращим засвоєнням поживних речовин, підвищенням опірності організму, а також антагоністичною дією на шкідливу для організму мікрофлору. Вони не викликають побічних реакцій, не мають протипоказань до застосування і в комплексі з ветеринарно-санітарними заходами можуть позитивно впливати на мікробіоценоз у тваринницьких приміщеннях [1, 3].

Хоча більшість бактерій, що мають пробіотичні властивості, є представниками родин аутохтонної або індегенної мікрофлори (постійних мешканців кишечника людини, тварині птиці) - Lactobacillus і Bifidobacterium, дедалі частіше в такій якості почали використовувати бактерії неіндегенної мікрофлори, які проходять транзитом через шлунково-кишковий тракт і не мають місць прикріплення до слизової оболонки кишківника, - це спороутворювальні бактерії, особливо з роду Bacillus.

Механізм дії пробіотиків на живий організм. Пробіотики відіграють суттєву роль у

підтримці здоров'я, виконуючи низку функцій, що мають важливе значення для організму. Перша функція пробіотиків із нормальних симбіонтів родів Lactobacillus і Bifidobacterium - регуляція стабільності мікробіоценозу та запобігання заселенню кишківника патогенними мікроорганізмами. На відміну від антибіотиків механізм дії пробіотиків спрямований не на знищення частини популяції кишкової мікрофлори, а на заселення кишечнику конкурентоспроможними штамами бактерійпробіонтів, які здійснюють неспецифічний контроль над чисельністю умовно-патогенної мікрофлори шляхом витіснення її зі складу кишкового мікробіоценозу або ж блокують приєднання патогенів [8]. Інша функція пробіотиків полягає в оптимізації процесів ферментативного перетравлення білків, ліпідів, високомолекулярних вуглеводів, нуклеїнових кислот, клітковини. Висока ферментативна активність характерна для штамів бацил, що належать до роду Bacillus [2, 5, 6].

Пробіотики на основі нормальної мікрофлори Lactobacillus і Bifidobacterium продукують речовини з антибактеріальною активністю [3]. Корисні бактерії, виробляючи органічні кислоти, леткі жирні кислоти та знижуючи рівень pH мікросередовища просвіту кишківника, чинять потужну антибактеріальну дію, особливо на грамнегативні патогенні бактерії. Безумовно, однією з найважливіших функцій пробіотиків є підвищення імунологічної реактивності організму. Під їхньою дією відбувається стимуляція лімфоїдного апарату, синтезу імуноглобулінів, збільшення рівня комплементу, активності лізоциму та зниження проникності судинних і тканинних бар'єрів для токсичних продуктів. Активація імунних процесів сприяє знищенню атипових клітин організму [6].

Пробіотіки використовуються для профілактики та лікування дисбактеріозів у сільськогосподарських тварин (свиней, великої рогатої худоби, курей). У корів пробіотики застосовують для покращення якісних характеристик молока. У птахівництві пробіотики підвищують яйценоскость та зменшують захворюваність на інфекційні хвороби [2].

Пребіотики це неперетравлювані компоненти корму, які стимулюють ріст і активність корисних бактерій в шлунково-кишковому тракті тварин. Це зазвичай складні вуглеводи, як олігосахариди, які не перетравлюються в шлунку, але є джерелом їжі для корисних мікроорганізмів кишечника. Вони допомагають збільшити чисельність корисних бактерій, що, в свою чергу, покращує функцію травлення і засвоєння поживних речовин. Пребіотики можуть допомогти в пригніченні патогенних бактерій, таких як сальмонела, шляхом створення конкуренції за поживні речовини в кишечнику. Вони стимулюють вироблення коротколанцюгових жирних кислот (SCFA), які мають антибактеріальну активність і позитивно впливають на здоров'я кишечника. Здоровий травний тракт і хороша мікрофлора сприяють кращому засвоєнню корму, що може призвести до зростання живої маси у тварин, підвищення молочної продуктивності або яйценосності. Пребіотики використовуються в кормах для свиней, птиці, великої рогатої худоби та інших тварин для поліпшення здоров'я кишечника. Вони допомагають зменшити використання антибіотиків у тваринництві, підтримуючи баланс мікрофлори та запобігаючи розвитку інфекці [3, 4].

Взаємодія пробіотиків та пребіотиків. Сучасний ринок пробіотиків представлений різноманітними препаратами, але більшим попитом нині користуються комбіновані

(пробіотики комбінують із пребіотиками).Поєднання пробіотиків і пребіотиків (так званий синбіотичний ефект) може мати ще більший позитивний вплив на здоров'я тварин. Пребіотики служать джерелом їжі для пробіотичних мікроорганізмів, що дозволяє підтримувати оптимальний баланс мікрофлори і підвищувати ефективність її роботи.За згодовування пробіотиків і пребіотиків у тварин і птиці поліпшується засвоєння поживних речовин раціонів, спостерігається оптимізація метаболічного статусу, підвищення загальної резистентності, імунологічної реактивності та збільшуються продуктивні якості. Використання пробіотиків та пребіотиків у тваринництві дозволяє поліпшити здоров'я тварин, підвищити ефективність кормів, зменшити потребу в антибіотиках, підвищити продуктивність (молочну, м'ясну, яйценосність, покращити якість продуктів тваринництва [1, 3].

Таким чином, інтеграція цих добавок у раціон тварин може стати важливим кроком у сталому розвитку тваринництва, забезпечуючи високу продуктивність при мінімальному використанні хімічних препаратів.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Пробіотики, пребіотики та постбіотики. 2023. https://agrovesti.net/lib/tech/feeding-tech/probiotiki-prebiotiki-i-postbiotiki.html

2. Кордон Т. І. // Annals of Mechnikjov Institute. 2014. 2: 8– 16.

3. Коцюмбас І. Я., Жила М. І., Шкіль М. І. // Наук. вісник ЛНУВМБТ. ім. С. З. Ґжицького. 2013. 3(57): 174–181.

4. О. В. Крисенко та ін. // Вісник Дніпропетровського ун-ту. 2010. 18(2): 19–24.

5. Г. В. Колісник, М. В. Камінська, Н. І. Борецька та ін. // Біологія тварин. 2010. 12(2): 54–62.

6. Стояновський В. Г., Коломієць І. А. // Сучасне птахівництво. 2011. 4 (101): 21–25.

ОСОБЛИВОСТІ ГОДІВЛІ КУРЧАТ БРОЙЛЕРІВ

А.В. Керекеш

Державний біотехнологічний університет, Харків, Україна
здобувач першого (бакалаврського) рівня вищої освіти, спеціальність «Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва» irina.i.goncharova@gmail.com
Науковий керівник – канд. с.-г. наук, доцент Гончарова І.І.

Годівля курчат бройлерів має свої особливості, які необхідні для забезпечення їхнього швидкого росту і доброго здоров'я. Курчата-бройлери відрізняються високою здатністю до росту і добрим використанням поживних речовин. Їхня продуктивність дедалі поліпшується. Щорічна середня тривалість відгодівлі до стандартної забійної маси скорочується приблизно на половину дня. Це має, звичайно, вплив також на їхню годівлю: змінюється потреба в поживних речовинах, підвищуються вимоги до використання енергії, амінокислот тощо. Оптимальна годівля бройлерів повинна забезпечити не лише достатню кількість поживних речовин для досягнення максимального росту, але й добрий стан здоров’я молодняку, якість кінцевої продукції, що відповідатиме вимогам споживання, а також, скоротити до мінімуму негативний вплив на довкілля [3, 6, 7].

Корм має бути збалансованим, містити всі необхідні макро- і мікроелементи: білки, вуглеводи, жири, вітаміни та мінерали. Це важливо для підтримки здоров'я птахів і досягнення оптимального росту. Корм для бройлерів часто ділиться на стартовий, ростовий і фінішний, кожен з яких має свій склад, орієнтований на певні стадії розвитку птиці.

Курчат-бройлерів годують майже завжди вволю. Для досягнення гарного росту птахи повинні годуватися постійно, але без перегодовування, щоб уникнути ожиріння та інших

захворювань. Зазвичай кількість корму контролюється залежно від віку та ваги птахів. Вони поїдають корм у такому об'ємі, котрий забезпечує їхню потребу в енергії. Це значить, що вони використовують більшу кількість суміші з нижчим вмістом метаболічної енергії (МЕ). А відтак на оплату корму, тобто витрату корму на 1кг приросту, можна впливати шляхом зміни концентрації енергії в кормосуміші – чим вища концентрація МЕ, тим кращої оплати корму можна досягти.

Більш високих концентрацій МЕ можна добитися завдяки збагаченню жиром, враховуючи його вартість. Отже, за наявності відносно дешевих джерел енергії (кукурудзи) економічно вигідно використовувати суміші з вищою концентрацією енергії. А там, де є дешеві низькоенергетичні зернові й різні додаткові корми, часто досягають максимального прибутку при згодовуванні сумішей з нижчим вмістом МЕ. Сприяє цьому і застосування специфічних ферментів, які розщеплюють наявні в зернових не крохмальні полісахариди, збільшуючи таким чином вміст енергії [2, 4].

Перші 3-5 днів життя для курчат є критичним. По-перше, це зв'язане з недорозвитком органів травлення. Активізується їх ріст, починаючи з надходження перших порцій корму, який повинен бути високопоживним [1, 8]. Для забезпечення ростучого організму легкодоступними джерелами енергії в пристартовий і стартові рецепти птиці добавляють природні метаболіти, які беруть участь в обмінних процесах. В комбікорми для бройлерів іноді додають живі культури, або спори корисних мікроорганізмів – пробіотики.

Вони заселяють шлунково-кишковий тракт і зрушують мікробний баланс в позитивну сторону. Експериментальним шляхом було встановлено, що згодовування пробіотика м'ясним курчатам перші 5 днів життя сприяло збільшенню їх живої маси до 33-х денного віку на 5 %, збереженість – на 3,7 % порівняно з контрольними результатами [4].

В деяких країнах (Франція, Англія, Японія, США) в рецепт птиці додають суспензію хлорелі – гарне джерело білка з повним набором незамінних амінокислот, вуглеводів, вітамінів і інших біологічно активних речовин [9, 10].

Курчатам випаювали суспензію хлорелі з першого дня життя. Норми добавки збільшували поступово від 5 до 30 мл на 1 голову до кінця досліду, який продовжувався 42 дні. Кожен день молодняк в контрольних і дослідних клітках зважувався. Курчата дослідної групи з першого тижня перевищували по живій масі своїх одноліток із контрольної групи. А падіж за весь період склав в дослідній групі 1,95 %, контрольній – 7,03 %; сан-забій відповідно – 2,4 % і 9,7 % [1, 5].

Протягом шести тижнів відгодівлі маса бройлерів збільшується у 50-55 разів. Переважну частину цього приросту створюють протеїни. А тому слід забезпечити в нормах наявність відповідних амінокислот, з яких синтезуються протеїни тіла [3].

Амінокислоти поряд з енергією – головні чинники, що впливають на продуктивність. Уміст азотистих речовин (білків) у кормосуміші нині відіграє другорядну роль. Якщо потребу в усіх амінокислотах забезпечено, то водночас забезпечено її в азотистих речовинах.

Для накопичення нових протеїнів у тілі птиці необхідно, аби всі амінокислоти, з яких даний протеїн синтезується, були наявні одночасно. За відсутності однієї з них синтез зупиняється. З оптимальною ефективністю цей процес відбувається коли незамінні амінокислоти у кормо суміші містяться в такому відношенні як і в синтезованому протеїні, а також при наявності відповідної кількості замінного азоту. Якщо кількість однієї з незамінних амінокислот не відповідає потребі, то ріст курчат нею ж і гальмується [1, 4].

Вміст амінокислот у більшості кормів не відповідає потребам курчат-бройлерів. Недостатньо насамперед лізину та стравовмісних амінокислот (метіоніну й цистину), в надлишку замінні амінокислоти. Певна частина їх може знаходитись у формі, яку птиця нездатна використовувати. Така загроза властива кормам, що обробляються при високій температурі, оскільки в цей час виникають комплекси амінокислот із сахаридами, резистентними відносно перетравлюваних ферментів молодняку.

Дефіцит незамінних амінокислот можна усунути шляхом підвищення вмісту загального азоту чи добавкою синтетичних препаратів. Другий спосіб вигідніший, бо

надлишок прийнятого азоту являє собою для організму курчат метаболічне завантаження, тоді як синтетичні амінокислоти, на відміну від наявних у кормах, використовуються стопроцентне. Добавки, виготовлені промисловим способом, передусім метіонін та лізин, є нині звичайними складовими більшості кормо сумішей, призначених для бройлерів [3].

Для зменшення кумуляції нітратів і нітритів в органах і тканинах м'ясних курчат, вирощуваємих на комбікормах з кукурудзяною основою, для активізації у них буферних механізмів, науковці з птахівництва, використовували ряд біологічно-активних речовин [2]. Курчата контрольної групи отримували основний раціон, а 3-м дослідним доповнювали до нього 0,5% нікотинової кислоти 1-ї, нікотината цинка (2-ї), і вітами на С (3-ї) в тих же дозах.

Вода є найважливішою складовою раціону бройлерів. Вона має бути чистою і свіжою, без хімічних забруднень. У курчат має бути постійний доступ до води, оскільки її нестача уповільнює ріст і може призвести до захворювань.

Для бройлерів також важливо підтримувати правильний температурний режим і освітлення. У перші дні життя температура в пташнику має бути близько 30-32°С, поступово в міру зростання птахів вона знижується до 20-22°С. Тривалість світлового дня впливає на споживання корму і ріст птахів, тому важливо забезпечити достатньо світла в перші тижні [1, 2, 6].

Таким чином, правильна годівля - запорука гарного здоров'я і швидкого росту курчат бройлерів, а також їхньої високої продуктивності.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1.Бородай В.П., Сахацький М.І., Ветрійчук А.І. та інш. // Технологія виробництва продукції птахівництва: підручник. 2006. 360 с.

2. Ахнолін А.В., Шупив А.І. Водоп'янова Н.В. // Птахівництво. 2007. 3: 6–8.

3. Агапова Є.М. // Сучасне птахівництво. 2007. 8–9 (57–58): 7–10.

4. Бородай В.П., Базиволяк С.М. // Таврійський науковий вісник. 2006. 18(3): 69–79.

5. Бородай В.П., Коваленко В.І., Болелая С.Ю. // Вісник аграрної науки. 1998. 9: 38–40.

6. Лемешева М.М. // Довідник з технології та менеджменту в тваринництві. 2002. 358–376.

7. М.Г. Лановська, Р.М. Черненко, І.М. Гурський та ін. // Птахівництво: наукове видання. Тваринництво: Поради для фермерів: науково-популярне вид. 2001. 134–156.

8. Liakhovich L., Maslak Y., Honcharova I., Petrenko A., Kostyuk I. (2023). // Current Issue - Scientific Papers. Series D. Animal Science. 2023. LXVI(1): 207-213.

9. Nutrition Requirements of Meat Chickens (broilers). https://www.poultryhub.org/all-about-poultry/nutrition/nutrition-requirements-of-meat-chickens-broilers

10. What's the value of increased feed spacing for broilers? https://www.thepoultrysite.com/articles/whats-the-value-of-increased-feed-spacing-for-broilers

PROSPECTS OF USING SNAIL MEAT AS AN ALTERNATIVE SOURCE OF ANIMAL PROTEIN AND ANALYSIS OF ITS PRODUCTION IN LITHUANIA

G. Lysenko [1], A. Leppa [2], I. Geyda [3]

State Biotechnological Institute, Kharkiv, Ukraine,
[1]Head of Department, anna.lysenko.7215@ukr.net
[2]Senior Lecturer, super_leppa@ukr.net
[3]Senior Lecture, geyda_star@ukr.net

Compared to plant protein, animal protein has a higher nutritional status due to its high content of essential amino acids. Today pork, beef, poultry, and other animals and fish remain the traditional

sources of animal protein in human nutrition. Meat obtained from the processing of land snails can be an alternative to animal protein [1]. Over the past decade, the demand for snail meat has increased significantly due to its high nutritional value and dietary properties. It does not contain cholesterol but contains enough vitamins and minerals for the human body. Among the minerals, calcium (Ca) is the most common followed by phosphorus (P), iron (Fe), and zinc (Zn). Snail meat has a low fat content but most fatty acids are beneficial: the proportion of unsaturated fatty acids is 60.5%, and saturated fatty acids is 39.5 %. Oleic and linoleic acids predominate among unsaturated fatty acids, while palmitic and stearic acids predominate among saturated fatty acids. Due to this composition, snail fat meets dietary standards [2].

The high concentration of nutrients and essential elements, excellent taste and low calorie content (67–80 kcal) have made snail meat a delicacy in many countries of the world. It is increasingly chosen by rational meat eaters. Thus, snail meat can be considered as a promising and biodiverse non-traditional source of animal protein for food production [3].

There are many species of land snails in the world, but not all of them are edible and attractive to consumers. The snails of the Helix aspersa family, known collectively as "garden snails", are promising for breeding in countries with mild, warm climates. There are two main varieties: Helix aspersa maxima (large garden snail, or "big gray" - Gros Gris), which is especially popular in France and Portugal. Helix aspersa muller (small garden snail, or "little gray" - Petit Gris), which is most popular in Spain and Italy. The main differences between these species are size, taste, and breeding characteristics.

Lithuania is one of the European countries that cultivates edible snails. Since the country is located in the Baltic region and has a temperate continental climate, farmers grow snails outdoors in the summer and place them in cold storage for hibernation in the winter. Some farms choose mixed cultivation systems, which also allow for optimal results.

In 2012, there were about 150 snail farms in Lithuania. However, the number of producers is decreasing every year. In 2020, 23 farms were growing snails, in 2021 – 17, in 2023 – 12, and according to the latest data for 2024 – only 10. The consumption of snail meat in Lithuania has remained low, and it is considered an exotic product.

Despite the reduction in the number of farms, there are several stable snail farms operating in Lithuania. One of them is the family farm "Aspersa", founded in 2012. The farm is located in the village of Pavuolio, Kaishadore district. It is the only one in Lithuania that not only breeds snails Helix aspersa maxima but also processes them, preparing them as raw materials for other producers, and making its own snacks according to the Burgundian recipe. The annual capacity of the farm reaches 10 tons. The production concept is based on the experience of French, Polish and Italian farms.

For snail breeding, the farm uses a 10-hectare area equipped with special platforms with 50 cm high fences. The fence prevents the snails from escaping and predators from entering. It contains sides filled with salt (which is dangerous for snails) and is buried 30 cm into the ground. In early June, the air temperature reaches 18–22°C, and young snails are transplanted from the greenhouse to open areas under wooden shields that protect them from heat and bad weather. The mollusks are fed with perc seedlings and special concentrated feeds, which are given out in the evening. A sprinkler irrigation system is used to maintain humidity. Harvesting of fattened snails begins in August (parent herd) and continues until October (commercial snails). The collected mollusks are washed, dried, and stored in cold storage in a state of hibernation until further processing.

The farm has a separate room for processing snails into finished products. The owners are constantly working to expand the range, focusing on market demand. Production includes: snail caviar, Burgundy snails, canned food (Snails in olive oil, Snails with tomatoes and chili, Spicy snail appetizer, Snails with blue cheese, Snails with paprika, Snails with mushrooms, etc.), dried snails with different flavors. Sales of products are mainly carried out via the Internet.

CONCLUSIONS

Snail meat is a valuable source of protein with a high content of essential amino acids, unsaturated fatty acids and minerals. Due to its low calorie content, lack of cholesterol and pleasant

taste, it is gaining popularity in the world. Despite the decrease in the number of snail farms in Lithuania, snail meat production remains a promising industry that can expand due to the growing interest in healthy eating and dietary products.

REFERENCES

1. Çagıltay F., Erkan N., Tosun D., Selçuk A. // J. Fisheriessci. 2011. 5: 354–363.
2. Ghosh S., Jung C., Meyer-Rochow V.B. // Agriculture and Natural Resources. 2017. 51(6): 504-511.
3. Aouji M., Imtara H., Rkhaila A., Bouhaddioui B., Alahdab A., Parvez M.K, Saleh Alzahrani M., Aicha Lrhorfi L., Bengueddour R. // Molecules. 2023. 28: 6323.

ЯЄЧНА ПРОДУКТИВНІСТЬ ПЕРЕПІЛОК ЗА ВИКОРИСТАННЯ ФІТОБІОТИКА

Я.Г. Лебідь

Вінницький національний аграрний університет, м. Вінниця, Україна,
аспірант 2-го року навчання, зі спеціальності 204 Технологія виробництва
і переробки продукції тваринництва, julia.p08@ukr.net
Науковий керівник – доктор с.-г. наук, професор Чудак Р.А.

Вступ Альтернативою антибіотикам є натуральні кормові добавки - фітобіотики. Вони містять рослинні комплекси, що мають протимікробні, противірусні, протигрибкові, протизапальні, а також імуномодулюючі та ростостимулюючі властивості, що дозволяє мінімізувати медикаментозне, у тому числі антибактеріальне, навантаження на організм тварин і птиці. Фітобіотики блокують розвиток патогенної та умовно-патогенної мікрофлори, захищають ворсинки кишечника від руйнування, стимулюють активність ферментів та підвищують їх синтез в організмі господаря. Встановлено, що специфічний імунний статус кишківника покращується при введенні в раціони фітобіотиків. Відповідно до теорії їх використання, кишкову мікрофлору розглядають як самостійний орган, а фітогенні речовини - як фактор, що забезпечує стабільність мікробіоценозу шлунково-кишкового тракту.

Метою роботи було вивчити вплив фітобіотика на яєчну продуктивінсть перепелів.

Методика досліджень. Експеримент відбувався в умовах підприємства ТОВ «ОРГАНІК ПЛЮС» м. Вінниця. Для цього, за методом груп-аналогів було сформовано 4 групи перепілок «Маньчжурської золотистої» породи по 50 голів згідно методики (Ibatullin et al., 2017).

Дослід тривав 180 діб. Перепілкам контрольної групи згодовували повнораціонний комбікорм, а дослідній групі до основного раціону додавали фітобіотичну добавку «Сангровіт Екстра» у різних дозах. Досліджуваний фітобіотик містить екстракти рослини Маклеї Серцеподібної.

Результати та їх інтерпретація. Виявлено, що згодовування фітобіотичної кормової добавки добавки збільшує валовий збір яєць у 2-й групі на 1,7 % ($p < 0,01$) у 3-й групі на 5,0 % ($p < 0,001$) та у 4-й на 6,7 % ($p < 0,001$), відносно контрольних аналогів.

Заясовано, що перепілки-несучки, які використовували фітобіотик у раціоні мали вищу несучість на початкову несучку в 3-й групі на 5,0 % ($p < 0,05$) та у 4-й на 6,8 % ($p < 0,01$) та на середню несучку в 4-й групі на 4,5 % ($p < 0,05$) проти контрольних ровесників.

Згодовування фітобіотичної добавки збільшує рівень інтенсивності несучості у 4-й групі на 3,6 % ($p < 0,05$) відносно з контрольної групи.

За додаткового споживання фітобіотика «Сангровіт Екстра» у перепелів 3-ї та 4-ї груп збільшується маса яйця відповідно на 5,0 % та 5,9 % ($p < 0,01$), білка на 4,6 % та 6,3 %

($p < 0,05$) і жовтка на 8,3 % та 11,1 % ($p < 0,001$) порівняно з контрольним зразком.

Застосування у годівлі перепелів рослинної кормової добавки підвищує розмір великого діаметру яйця в 3-й групі на 3,0 % ($p < 0,05$) та у 4-й на 5,4 % ($p < 0,001$) і малого діаметру яйця в 2-й групі на 3,1 % ($p < 0,01$), у 3-й групі на 7,4 % ($p < 0,001$) та у 4-й на 9,4 % ($p < 0,001$) відносно контролю. Однак, співвідношення діаметрів яйця знижується у 3-й та 4-й групі на 3,8 % ($p < 0,001$), порівняно з контрольним значенням.

Слід відзначити, що за споживання фітобіотичної дбавки індекс форми яйця у 3-й групі перепелів більший на 3,3 % та у 4-й групі на 2,9 %, порти контрольного зразка.

Додаткове використання рослинного екстракту «Сангровіт Екстра» у 2-й, 3-й, та 4-й групі підвищилася відносна маса жовтка відповідно на 0,9 ($p < 0,01$), 1,0 ($p < 0,001$) і 1,5 % ($p < 0,001$), проте зменшується відносна маса шкаралупи на 1,2, 0,7 та 1,6 % ($p < 0,001$) відповідно, відносно контролю.

За дії досліджуваного фітобіотика у перепелів 3-ї та 4-ї групи збільшилося відношення маси жовтка до білка відповідно на 0,02 % ($p < 0,01$) та 0,03 % ($p < 0,001$), порівняно з контрольним показником.

Споживання фітобіотичної добавки підвищує висоту щільного шару білка яєць у 3-й групі на 10,8 % ($p < 0,05$)та у 4-й на 13,5 % ($p < 0,01$), малий діаметр щільного шару білка яєць у 3-й на 13,3 % ($p < 0,001$) та у 4-й групі на 15,5 % ($p < 0,001$), проти контрольного значення.

За згодовування рослинної добавки у 3-й та 4-й групі перепілок індекс білка яєць більший на 25,0 % ($p < 0,001$), відносно контрольного зразка.

Встановлено, що застосування фітобітика у годівлі перепілок підвищує висоту жовтка яєць у 4-й групі на 11,3 % та великий діаметр жовтка у 3-й групі на 3,8 % ($p < 0,05$), та у 4-й групі на 7,6 % ($p < 0,001$), проти контрольної групи.

Отримані дані експерименту вказують на те, що додаткове використання фітобіотичної кормової добавки «Сангровіт Екстра» у раціоні перепелів дає змогу збільшити яєчну продуктивність та якісні показники перепелиних яєць.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Ібатуллін І.І., Жукорський О.М. // Методологія та організація наукових досліджень у тваринництві. 2017. 328 с.

2. Михайленко Т.Ю., Сичов М.Ю. // *Таврійський науковий вісник. Серія: сільськогосподарські науки.* 2022. 124: 167-173. DOI: 10.32851/2226-0099.2022.124.23

3. Чудак Р.А., Побережець Ю.М., Вознюк О.І. // Ефективність використання фітобіотика з ехінацеї блідої у годівлі перепелів: монографія. 2020. 199 с.

4. Chudak R. A., Ushakov V. M., Poberezhets Y. M., Lotka H. I., Polishchuk T. V., Kazmiruk L. V. // Ukrainian Journal of Ecology. 2020. 10(2): 302–307. DOI: 10.15421/2020_101.

5. Reda F.M., Alagawany M., Mahmoud H.K., Mahgoub S.A., Elnesr S.S. // Animal. 2020. 14: 1025–1033.

ВПЛИВ МІНЕРАЛЬНОЇ КОРМОВОЇ ДОБАВКИ НА ВІДТВОРЮВАЛЬНІ ПОКАЗНИКИ

І.В. Гасиджак[1], Ю.М. Побережець[2]

Вінницький національний аграрний університет, м. Вінниця, Україна
[1]аспірант 2-го року навчання, зі спеціальності 204 Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва
[2]канд. с.-г. наук, доцент кафедри технології розведення, виробництва та переробки продукції дрібних тварин julia.p08@ukr.net

Вступ Серед факторів годівлі важливе місце займають мінеральні речовини, недолік чи надлишок яких завдає значної шкоди тваринництву, стримує зростання поголів'я, знижує продуктивність та плодючість, викликає захворювання у тварини та погіршує якість продукції. Макро- та мікроелементи повинні надходити в організм тварин в оптимальних кількостях і співвідношеннях та у суворій відповідності до потреб продуктивних тварин [2, 5].

Генетичний потенціал продуктивності значно перевищує фактичну продуктивність свиней і вважатимуться, що годування нині є визначальним чинником підвищення продуктивності свинарства. У харчуванні тварин велику роль відіграють мікроелементи, які містяться в організмі у дуже малих кількостях. Мінеральні речовини беруть участь у всіх видах обміну речовин у вигляді хімічних та біохімічних реакцій [3, 4].

Метою дослідної роботи було вивчити вплив мінеральної кормової добавки на відтворювальні показники кнурців.

Методика досліджень. Дослідження відбувалося у ПАП «Агропродсервіс» Тернопільської області. Для досліду було відібрано 16 кнурців та створено 4 групи та 4 групи свиноматок по 18 голів у групі за методом груп-аналогів [1].

Кнурцям контрольної групи згодовували основний комбікорм, а дослідна група додатково до раціону використовувала кормову добавку із сульфату міді «B-SAFE» у різних дозах відповідно до схеми досліду.

Результати та їх інтерпретація. У ході досліду вивчали якісні та кількісні показники спермопродукції. Ввстановлено, що набішу кількість еякулятів одержано від 4 групи кнурів-плідників, яким згодовували мінеральну добавку «B-SAFE» у максимальній дозі.

Слід відзначити, що за використання досліджуваної мінеральної кормової добавки збільшився об’єм еякуляту в 2-й групі кнурів на 6,9 % ($p<0,01$), у 3-й на 18,9% ($p<0,001$) та у 4-й 22,9 % ($p<0,001$), відносно контрольних аналогів.

Водночас досліджували кількісні показники спермопродукції кнурів-плідників.

За дії мінеральної кормової добавки концентрація сперміїв підвищилася у 2-й групі на 8,3 % ($p<0,01$) проти контрольної групи.

Виявлено, що додаткове застосування мінеральної кормової добавки у годівлі свиней збільшує кількість прямолінійно-поступально рухливих сперміїв у 3-й групі кнурів на 8,6% ($p<0,01$) або 0,8 балів та у 4-й на 6,5 % ($p<0,05$) або 0,6 балів, порівняно з контрольною групою.

Встановлено, що використання мінеральної добавки «B-SAFE» у годівлі кнурів-плідників підвищує життєздатність сперматозоїдів у 3-й групі кнурів на 18,7 % ($p<0,001$) та у 4-й на 6,2 % ($p<0,01$) відносно контрольго показника.

За згодовування мінеральної добавки відзначаються найвищі показники відтворної здатності у кнурів-плідників 3-ї та 4- ї групи.

Зафіксовано, що за використання мінеральної добавки найбільше поросят було отримано від кнурів-плідників 3-й групи та 4-ї, що відповідно на 13,4 % ($p<0,05$) та 10,5 % ($p<0,05$), більше, ніж у контрольній групі.

Таким чином, додаткове згодовування кнурцям мінеральної кормової добавки з сульфату міді підвищує відтворні якості та кількісні і якісні показники спермопродукції.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Ібатуллін І.І., Жукорський О.М. // Методологія та організація наукових досліджень у тваринництві. 2017. 328 с.

2. Bikker P., van Baal J., Binnendijk G.P., van Diepen J.Th.M., Troquet L.M.P., Jongbloed A.W. // Wageningen UR (University & Research centre) Livestock Research Report. 2015. 38 p.

3. Chudak R.A., Poberezhets Yu. M., Ushakov V. M., Babkov Ya. I. // Vplyv kormovykh dobavok ta kombikormiv na produktyvnist ta yakist miasa u svynei: monohrafiia. [The effect of feed additives and compound feed on productivity and quality of meat in pigs: monograph]. 2021. 202. (in Ukrainian).

4. Espinosa C.D., Stein H.H. // J Animal Sci Biotechnol. 2021. 2(13). DOI:10.1186/s40104-020-00533-3

5. Hill G. M. // Sustainable swine nutrition. 2022. 229-244. DOI:10.1002/9781118491454.ch7

ВПЛИВ МАСИ ТІЛА КОРІВ - ПЕРВІСТОК НА ПОДАЛЬШУ ЇХ МОЛОЧНУ ПРОДУКТИВНІСТЬ

О.Д. Ткачук[1] , С.Ф. Антоненко[2], Д.І. Барановський[3]

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна,
[1]асистент кафедри технологій та селекції в тваринництві, elena_dt@i.ua
[3]кандидат с.-г. наук, доцент, dmitribaranovskii@gmail.com
[2] Інститут тваринництва Національної академії аграрних наук України, м. Харків, Україна,
доктор с.-г. наук, старший науковий співробітник, antonenko_s48@ukr.net

Вступ. Наявний дефіцит молочних продуктів харчування спонукає до постійних пошуків удосконалення технологічних та селекційно-генетичних засобів підвищення продуктивності корів молочних стад. Важливим аспектом наукових досліджень цієї проблематики є вивчення впливу маси тіла нетелів та корів-первісток на подальшу їх продуктивність в наступних лактаціях.

Забезпечення оптимальної динаміки росту і розвитку тварин, спрямованої на їх максимальну реалізацію молочної продуктивності регулюється рівнем годівлі. Як зазначає Костенко В.І.(2020) високий або низький рівні годівлі в процесі вирощування молочних корів негативно впливають на формування молочної продуктивності. Окремими дослідниками встановлено, що молочна продуктивність корів є результатом впливу багатьох факторів. Серед цих детермінант виділяють показник маси тіла корів-первісток у перші 100 діб лактації. В молочному тваринництві цей період визначають критичним як для формування продуктивності так і здоров'я тварин. Підтвердженням цієї тези є дослідження Демчука А.В. та Панько Л.П.(2022).

Багатовекторний аналіз різних авторів підтверджує факт впливу маси тіла корів-первісток на їх подальшу молочну продуктивність. Проте з метою конкретизації та з'ясування причин й можливих наслідків для здоров'я тварин максимальної реалізації рівня їх продуктивності, питання потребує подальших досліджень.

Мета досліджень - встановлення впливу маси тіла телиць, нетелів та корів-первісток у перші три місяці лактації на подальшу їх молочну продуктивність.

Результати досліджень. Дослідження проведені на коровах-первістках української чорно-рябої молочної породи ДПДГ «Гонтарівка» Харківської області. Було сформовано чотири групи тварин з показниками середньої маси тіла при плідному осіменінні – I група – 357,9 ± 1,31 кг; II група – 388,7 ± 0,99 кг; III група – 405,9 ± 0,74 кг; IV група - 446,1 ± 1,59 кг. Різниця за показниками маси тіла між групами була статистично достовірною (P>0,999). Після отелення маса тіла первісток відповідно становила: I група – 572,9 ± 2,97 кг, II група - 583,0 ± 3,01 кг, III група – 591,3 ± 3,68 кг та IV група – 593,3 ± 4,29 кг. Встановлено, що маса тіла

тварин у перші дні лактації мала тенденцію до вирівняння між групами. В подальшому до тримісячного післяродового часу різниця за показником маси тіла набувала зростання і відповідно становила: I група – 530,6 ± 2,39 кг, II група – 549,7 ± 3,98 кг, III група 552,3 ± 4,02 кг і IV група – 561,4 ± 4,21 кг.

Відповідним чином динаміка молочної продуктивності корів-первісток також мала певні відмінності. Так продуктивність первісток за перші 100 діб лактації відповідно становила, кг: I група - 2104,1 ± 29,21 кг, II група – 2461,7 ± 33,22 кг, III група – 2587,7 ± 40,27 кг, IV група – 2501,2 ± 43,81 кг. Явним є те, що маса тіла первісток, як показник росту і розвитку суттєво впливає на рівень молочної продуктивності уже на початку лактації. Найбільш продуктивними були тварини III групи, які мали дещо більший за середній показник масу тіла при плідному осіменінні. Телиці з низькою масою тіла та надто високою характеризувалися більш низькою молочною продуктивністю.

Відповідно за 305 діб першої лактації продуктивність у розрізі груп становила, кг: I група – 5168,4 ± 30,81, II група – 6026,8 ± 32,21, III група – 6243,3 ± 33,89, IV група – 6103,8 ± 40,11. Загальна закономірність корелятивної обумовленості між масою тіла телиць та їх наступною молочною продуктивністю зберіглася впродовж першої лактації.

В цілому встановлено, що найбільш продуктивними були корови-первістки, які в середньому після отелення втрачали показник маси тіла на рівні 6,2…6,6 % (III група). Корови-первістки, які мали втрати маси тіла більше 7,5 %, характеризувалися найнижчою продуктивністю за лактацію (I група).

Висновки. 1. Встановлено, що найбільший молочний потенціал за перші 100 діб лактації (2587,7 кг) та найвищу молочну продуктивність за 305 діб лактації мали корови-первістки III групи.

2. З'ясовано, що тварини, які мали низьку масу тіла при першому плідному осіменінні, мали більш значні втрати маси за перші 100 діб лактації (I група 7,5 %, II група 6,7 %, III група 6,4 %, IV група - 5,0 %).

3. Між показниками динаміки маси тіла у молодих корів української чорно-рябої молочної породи та молочною продуктивністю за першу лактацію існує криволінійна обумовленість.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Kostenko V.I. // *Intensive methods of growing replacement young* cattle. 2020. 188 p.

2. Dymchuk A., Ponko L. // Scientific Reports of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine. 2022. 18(4). doi:http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi2022.04.009

ЕФЕКТИВНИЙ ЕНЕРГЕТИЧНИЙ ФАКТОР РОСТУ КУРЧАТ-БРОЙЛЕРІВ

Є.Д. Барановський[1], О.Д. Ткачук [2]

[1]Одеський національний технологічний університет, м. Одеса, Україна,
аспірант, bjdkharkov@ukr.net
[2]Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна,
асистент кафедри технологій та селекції в тваринництві, elena_dt@i.ua

Вступ. В процесі інтенсифікації бройлерного птахівництва акцентується увага, як на селекційно-генетичному аспекті, так і на удосконаленні технологічних питань виробництва. Дієвим технологічним фактором є застосування сучасних кормових добавок, які стимулюють потенційну енергію росту курчат-бройлерів.

В практиці птахівництва набуло певного позитивного значення застосування КРЕАМІНО від компанії AlzChem Trostberg AG Німеччини. В складі цієї суміші міститься 96 % гуанідиноцтової кислоти. Препарат кислоти є похідним амінокислот гліцину та аргініну. Цей метаболічний попередник креатину відіграє важливу роль в енергетичному обміні, виконуючи функцію буфера для безперебійного доступу АТФ в енерговитратних процесах в організмі тварин.

Для підтримки оптимального метаболізму енергії та сприяння поліпшенню продуктивності птиці й якості їх продукції потрібний достатній рівень креатину.

В раціонах птиці з чистого рослинного протеїну через відсутність напівесенціальної поживної речовини креотину, гуанідиноцтова кислота може заміняти окремі види рибного та м'ясо-кісткового борошна.

КРЕАМІНО добре зберігає свої властивості після грануляції. Препарат є єдиним термостабільним джерелом креотину на ринку, добре поєднується з усіма інгредієнтами корму та кормовими добавками.

Актуальним постає питання щодо нормування доз препарату в комбікормах з метою максимілізації продуктивності курчат-бройлерів та оптимізації цінової вартості корму.

Матеріал та методика досліджень. Дослідження проводилися в умовах птахопідприємства «Борки» на птахопоголів'ї курчат кросу СОВВ-500. Для досліду було сформовано чотири групи – одна (I) контрольна, та три II, III і IV – дослідні, кожна по 200 голів. Випробовували ефективність впливу різних доз гуанідиноцтової кислоти в структурі комбікорму – 600 г/т, 1000 г/т та 1400 г/т. Препарат застосовували у стартовому комбікормі. Гроверний і фінішний комбікорм гуанідиноцтової кислоти не містив.

Результати досліджень. За час вирощування курчат-бройлерів від добового віку, маса тіла яких по групам становила : I - 32,8 ± 0,07 г, II – 32,6 ± 0,06 г, III – 32,7 ± 0,07 г, IV – 32,5 ± 0,09 г, а до завершення стартового росту динаміка маси їх тіла зростала відповідно у 7 діб , 14 діб та 21 діб до:

I - 215,3 ± 3,22 г, 480,5 ± 4,02 г, та 1022,2 ± 6,11 г,

II - 221,8 ± 4,03 г, 503,0 ± 4,23 г, та 1080,9 ± 6,17 г,

III – 238,9 ±3,92 г, 519,8 ± 4,48 г, та 1193,0 ± 5,96 г,

IV -239,8 ± 4,12 г, 520,7 ± 5,01 г, та 1198,2 ± 6,29 г.

Таким чином, в дослідних групах при застосуванні в раціонах суміші КРЕАМІНО за час стартового розвитку , спостерігалася більш висока енергія росту курчат-бройлерів. У групі II курчата у 21 добовому віці перевищували контрольну групу на 5,74 %, а курчата III і IV груп відповідно на 16,70 % і 17,22 %.

Подальший ріст і розвиток дослідних курчат без застосування гуанідиноцтової кислоти в гроферному і фінішному раціоні, також мав певну перевагу над птицею контрольної групи. Ця тенденція пояснюється більш високою стартовою позицією молодняку, якої вони набули за перші три тижні відгодівлі. Товарної маси тіла у 42 добовому віці кури досягали в середньому I група – 3018,8 ± 21,9 г, II- група – 3291,4 ± 30,7 г, III група – 3311,7 ± 32,6 г і IV група – 3312,7 ± 33,4 г. Відповідно дослідні кури перевищували контрольну групу на 9,03 % (II група), 9,70 % (III група) і 9,73 % (IVгрупа).

Весь цифровий матеріал, який отриманий в результаті досліджень є достовірним ($P \geq 0,99$). Критерій достовірності різниці між дослідними групами і контрольною також $P \geq 0,99$. Враховуючи грошову складову комбікорму з різними дозами КРЕАМІНО, відповідно 600 г/т, 1000 г/т і 1400 г/т варто акцентувати, що оптимальною добавкою може бути норма 800 г/т. Така доза (норма) сприяє суттєвому поліпшенню росту і розвитку курчат-бройлерів та економічно ефективна при підготовці комбікормів для їх вирощування.

Висновки: 1. КРЕАМІНО, що містить 96 % гуанідиноцтової кислоти є ефективним енергетичним фактором росту молодняку курей –бройлерів при їх відгодівлі.

2. Оптимальною нормою добавки КРЕАМІНО до складу стартового комбікорму для курчат – бройлерів є 600-1000 (в середньому 800) г/т.

ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ АКВАКУЛЬТУРИ УКРАЇНИ У ПІСЛЯВОЄННИЙ ЧАС

І.В. Гноєвий

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна
доктор с-г наук, професор кафедри біотехнології, молекулярної біології та водних біоресурсів, hgzva1810.1965@gmail.com

Вступ. Кабінет Міністрів України розпорядженням № 402 від 2 травня 2023 р. схвалив Стратегії розвитку галузі рибного господарства України на період до 2030 року та затвердження операційного плану заходів з її реалізації у 2023-2025 роках.

Ця Стратегія ґрунтується на таких документах:

Водний кодекс України; Земельний кодекс України; Закони України "Про рибне господарство, промислове рибальство та охорону водних біоресурсів", "Про аквакультуру", "Про охорону навколишнього природного середовища" та інші.

Україна має досить великий ресурсний потенціал для розвитку аквакультури, який має стати базою для збільшення обсягів вирощування та вилову товарної риби з метою забезпечення потреб споживачів національною продукцією. Для розвитку аквакультури в Україні необхідно реалізувати комплекс заходів щодо відновлення ресурсного та виробничого потенціалу рибної галузі [1]. Один із них – підготовка в спеціалізованих закладах висококваліфікованих спеціалістів зі знанням технології та економіки ведення ефективної аквакультури та рибництва.

Цит.: „***Метою*** *розроблення цієї Стратегії є забезпечення сталого розвитку галузі рибного господарства України (далі - галузь) в умовах зміни клімату, збереження природних запасів водних біоресурсів, зменшення імпортозалежності галузі, підвищення її конкурентоспроможного потенціалу та створення умов для інвестиційного розвитку, а також збільшення виробництва водних біоресурсів та виробленої з них продукції шляхом покращення екологічного стану рибогосподарських водних об'єктів (їх частин) та збалансованості економічних і соціальних інтересів*" [2].

Методика досліджень: Аналіз і узагальнення наукових матеріалів.

Результати досліджень. Стратегія розвитку галузі рибного господарства України, що впроваджується на даний момент, зосереджена на довгострокових стратегічних цілях реформи Спільної рибальської політики та Інтегрованої морської політики, зокрема сталого та конкурентоспроможного рибальства та аквакультури, узгоджених політичних рамок, що дозволяють подальший розвиток в рамках Євроінтеграції, а також сталого та інклюзивного територіального розвитку рибальських районів. Можна припустити, що в наступній Стратегії розвитку стратегічні цілі суттєво не зміняться. Нові європейські стратегічні рекомендації щодо аквакультури на наступний програмний період ще не опубліковано. З аналізу сучасного стану аквакультури України, можна окреслити коло тематичних напрямів (пріоритетів), які необхідно вирішити насьогодня, або будуть включені до нових стратегічних орієнтирів після закінчення бойових дій.

Пріоритети, можуть включати наступні адміністративні дії:

спрощення адміністративних процедур, інтеграція сектору аквакультури в місцеву економіку, секторне фінансування, кращу взаємодію сектора аквакультури із споживачами, забезпечення чесної ринкової конкуренції, покращення інформування громадян щодо сектору аквакультури та продукції, забезпечення вільного доступу до водного дзеркала, адаптація до зміни клімату, охорона природного стану біоресурсів та екологічна стійкість, розвиток прибережних територій залежно від рибальства, забезпечити навчання з метою отримати кваліфіковану робочу силу, забезпечення належних умов праці робітників.

Національною правовою основою для реалізації Стратегії розвитку галузі рибного господарства України є перш за все Закони України "Про рибне господарство, промислове рибальство та охорону водних біоресурсів", "Про аквакультуру", та інші, у яких чітко вказано

про Державну підтримку сталого розвитку сектору аквакультури та імплементаційні нормативні акти, видані на основі цих Законів:

Головним перспективним напрямом розвитку аквакультури у післявоєнний період є, передусім, впровадження інноваційної та сталої блакитної економіки в секторах аквакультури та рибальства, а також виконання зобов'язань щодо захисту навколишнього середовища та сталого використання водних ресурсів. Основними цілями є:

1. У сфері аквакультури сприяння продовольчій безпеці в Євросоюзі через спільні ринки; 2. У сфері рибальства сприяння сталому рибальству та захист біологічних ресурсів промислово експлуатованих вод; 3. Для блакитної економіки сприяння розвитку стійкої блакитної економіки та підтримка підприємств з аквакультури та рибальства; 4. У разі виникнення адміністративних питань: посилення управління водними ресурсами та доступністю внутрішніх вод для аквакультури, водна безпека.

Європейський фонд мореплавства, рибальства та аквакультури (EMFRA) спрямований на підтримку людей, зайнятих у секторах рибальства та аквакультури. Європейський фонд морського рибальства та аквакультури має бюджет 6,1 мільярда євро [3].

Передбачувані цілі включають:

відновлення рибних запасів, зменшення впливу рибальства на навколишнє середовище; підтримка місцевого рибальства та молодих рибалок; допомога громадам у диверсифікації місцевої економіки; фінансування проектів, які сприятимуть створенню робочих місць та покращенню якості життя в регіонах, залежних від аквакультури та рибальства; підтримка розвитку аквакультури та її ринків; підтримка рибальської освіти; фінансування заходів, спрямованих на покращення академічних знань про водне середовище та отримання відповідних даних; посилення програм контролю за рибальством; підтримка інвестицій в обладнання або інвестицій, спрямованих на зменшення забруднення або парникових газів; розвиток маркетингу та переробки в секторах рибного господарства та аквакультури.

Підтримка має бути зосереджена на інноваціях у продуктах, ринку та обладнанні, забезпеченні прогалин у навичках та кваліфікації, підтримці нових та інклюзивних бізнес-моделей, доступі до наукових даних для стимулювання інновацій та розвитку технологій, водній безпеці та просторовому плануванні територій для створення інвестиційних можливостей, сумісних з водними та залежними від води екосистемами, а також передбачуваності інвестицій, необхідних для залучення фінансування приватного сектора.

Стратегія спрямована на підтримку розвитку галузі аквакультури в Україні. Її реалізація має сприяти розвитку сучасної, екологічно чистої та соціально прийнятної аквакультури, з одного боку, орієнтованої на економічний ефект та зростання виробництва, а з іншого боку, на підтримку соціально важливих цілей, пов'язаних з реституцією, відновленням або реконструкцією популяцій господарсько цінних видів риб, підтримку існування природних охоронних територій шляхом проведення управління рибальством, орієнтованого на збереженні тих цінностей, які визначають унікальність конкретної екосистеми та підтримки охорони водного середовища заповідного фонду.

Інтенсивний розвиток аквакультури у світі стає фактом. Разом з цим виникають проблеми, пов'язані з інтенсифікацією виробництва у спосіб, який має найменший вплив на природне середовище, проблеми з оцінкою екологічних прибутків і збитків, а також все більш помітний вплив спостережуваних кліматичних змін на реалії функціонування галузі. Через військовий стан, кліматичні та екологічні відмінності важко безпосередньо перенести в Україну рішення, які ефективно працюють в інших країнах. Щоразу передача правових, технологічних чи селекційних рішень потребує адаптаційної роботи до українських реалій.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1.https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/402-2023-%D1%80#Text

2. Chemerus V., Dushka V., Maksym V. // Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnology. 2016. 18(2(69)): 169-176.

3. Гноєвий І.В. *// Актуальні питання біотехнології, екології та природокористування: матеріали Міжн. наук. конф., 25-26 квітня 2024 р.* 186-187.

ВИКОРИСТАННЯ ОВОЧІВ У ГОДІВЛІ ВСЕЇДНИХ РИБ

Л.А. Кушелев

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна
студент 1 курсу (молодший спеціаліст) із спеціальності 207 водні біоресурси та аквакультура, scounter646@gmail.com
Науковий керівник: доктор с.-г. наук, професор Гноєвий І.В.

Вступ. Овочі є популярним та доступним компонентом у раціоні риб. Значний інтерес до використання цих продуктів у харчуванні риб викликаний не тільки через їх поживні властивості, але й у зв'язку з їх здатністю запобігати проблемам риб зі шлунком і кишечником.

Мета. Розробка способів використання нетрадиційних кормів у годівлі риб.

Методи дослідження: на підставі літературних даних досліджено важливість застосування різних овочів у годівлі риб.

Результати дослідження. Багатьом видам риб для гарного зростання та розвитку потрібна рослинна їжа. Навіть хижі (м'які) риби в їх природному середовищі іноді їдять рослинну їжу, нехай навіть і в невеликих кількостях (водорості, листя рослин). Якщо тримати риб в акваріумі, в якому зовсім немає ні рослин, ні навіть водоростей, і годувати їх звичайним кормом для риб без рослинних добавок, дуже скоро у таких риб може розвинутись дефіцит поживних речовин. Щодо всеїдних і травоїдних риб, варто сказати, що більшість з них люблять, коли в їхній раціон включають овочі. Овочі не тільки забезпечують рибу поживними речовинами, вони допомагають запобігати проблемам риб з кишечником, оскільки містять натуральні волокна. Як додаткове джерело харчування для рибок можна цілком використовувати овочі, головне, щоб ці овочі були свіжі і без будь-яких хімікатів. Це огірки, капуста, морква, кабачки, рідше – картопля.

Можна годувати риб овочами, починаючи з кабачків – це улюблена їжа багатьох видів риб. Для цього нарізати кабачок тонкими кільцями і трохи проварити в окропі, щоб вони стали м'якими і ніжними. Також можна зробити це в мікрохвильовій печі. Після того, як кабачки охолонуть, можна сміливо їх давати рибкам у ранкову годівлю. Також можна заготовляти заморожені кабачки.

Деякі види овочів можна давати просто митими, а деякі після 30-40 секунд утримання в киплячій воді. Коропи, золоті рибки і багато інших травоїдних риб будуть рости набагато краще, якщо періодично давати їм бланшований салат-латук і шматочки буряків.

Якщо у риб проблеми зі шлунком або вони розташовані до таких проблем (наприклад, запор), можна давати прокип'ячений горох. Особливо рекомендують давати прокип'ячений горох золотим рибкам, тому що їх шлунки досить легко забиваються за відсутності рослинних волокон. Багато акваріумістів діляться досвідом, як такий раціон (горох) врятував життя не одній золотій рибці. Так само можна пробувати давати квасолю, але тільки потовчену перед годуванням, інакше риба не зможе відкусити від неї шматочка (якщо рибки маленькі, горох теж можна розім'яти). Якщо утримувати донних травоїдних акваріумних риб, бажано час від часу давати їм броколі. Темно-зелена частина броколі, як правило, не дуже подобається рибам, тому потрібно використовувати тільки верхню, світлу частину. Для того щоб цей вид капусти був придатний для риб, нарізати її на шматочки і прокип'ятити.

Якщо у акваріумі живуть декоративні равлики, можна прокип'ятити зелені боби, почекати, поки вони охолонуть, розчавити їх і кинути в акваріум. Зелені боби – найулюбленіші ласощі більшості маленьких декоративних равликів.

Висновок. Для багатьох видів риб важливим компонентом у щоденному раціоні є овочі. Кожен з них корисний по-своєму і включає унікальний набір життєво важливих речовин. Овочі є невід'ємною складовою в харчуванні риб, оскільки забезпечують їх поживними речовинами, а також допомагають запобігати хворобам шлунка і кишечнику риб.

ГОДІВЛЯ БЕСТЕРА В БАСЕЙНАХ

А.О. Пенькова

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна
студентка 3 курсу із спеціальності 207 – водні біоресурси та аквакультура,
anastasiapenkova15@gmail.com
Науковий керівник: доктор с.-г. наук, професор Гноєвий І.В.

Актуальність теми. Оскільки природні популяції осетрових різко скоротилися, аквакультура цих цінних риб є важливою для задоволення постійно зростаючого попиту на м’ясо та ікру, тим самим зменшуючи тиск на природні ресурси осетрових. Існує два напрямки в аквакультурі осетрових: контрольоване розмноження для випуску та промислове вирощування. Контрольоване розмноження сприяє збереженню природних популяцій риби, тоді як промислове вирощування осетрових забезпечує потреби споживчого ринку виробництвом делікатесної ікри. На сьогоднішній день вирощування бестера є одним з перспективних напрямів у сільському господарстві. Отримання товарної продукції в значній мірі залежить від годівлі вирощуваної риби. Саме тому годівля є невід’ємною частиною рибництва.

Результати дослідження. Застосування правильного харчування впливає не тільки на ріст риб, але і на їх стан і фізіологічний стан. Було виявлено, що риби, яких годували кормом, збагаченим поліненасиченими жирними кислотами і вітаміном Е, краще переносили зниження вмісту кисню у воді. Осетрові мають ферменти, які дозволяють їм синтезувати аскорбінову кислоту – вітамін С, відповідальний, серед іншого, за для імунологічної резистентності. Однак, щоб забезпечити відповідний рівень цієї стійкості в контрольованих умовах, необхідно збагачувати корм вітаміном С. Вміст вітаміну А також важливий, нестача якого може спричинити, серед іншого: деформації тіла та зниження апетиту.

В період вирощування осетрових в басейнах, їх годують 2 рази на добу, – вранці від 6 до 8 год і ввечері від 15 до 17 ч. Корм задають відповідно до графіка годівлі, який складають на 15 добу і уточнюють залежно від поїдання корму. При годівлі осетрових слід враховувати, що бестер поїдає корм за 0,5-2 ч. Для визначення поїдання корма басейни оглядають через 2 ч після його роздачі. Перед черговою годівлею нез'їденим їжу необхідно видалити з басейну. Після вечірньої годівлі корм не прибирають, так як бестер до ранку його доїдає. Для годівлі бестера застосовують головним чином корми тваринного походження і насамперед рибні. У басейнах його зазвичай годують фаршем зі свіжої або свіжомороженої риби. Крім того, в басейни проникає значна кількість безхребетних, що поїдають осетрові. Частка природної їжі відносно невелика-близько 20 % загального обсягу споживаного корму, але вона має істотне значення, роблячи більш різноманітним спектр харчування. Додавання в корм 20 % мелених мізид сприяє збільшенню темпу росту і виживаності молоді. Годівля молоді бестера тільки рибним фаршем призводить до зниження темпу росту, збільшенню смертності, підвищенню кормового коефіцієнта. При відсутності природних кормів необхідно застосовувати кормосуміші, збалансовані за всіма поживними речовинами і насамперед по амінокислотам, вітамінам і мінеральним елементам.

Осетрові відносно добре переносять зміни корму, як типу, так і розміру. Але ці зміни бажано проводити з періодичністю в кілька днів (3-4), поступово збільшуючи частку нового корму. Вибір відповідного розміру корму важливий для ефективності розведення. Якщо

використовувати занадто дрібний корм, частина його може плавати на поверхні, де риба не з'їсть його. Під час розмноження в басейнах, через рух осетрових, він може навіть вимиватися з їх території дренажними системами. У свою чергу, якщо корм буде занадто великим, він може виявитися недоступним для більш дрібних особин, що призведе до їх голодування.

Висновок. З перших діб життя годувати бестера слід збалансованими кормами у відповідно підібраний час. За відсутності природних кормів слід застосовувати збалансовані кормосуміші.

АНАЛІЗ ДОСЛІДЖЕНЬ НАУКОВЦІВ З ВИВЧЕННЯ *LUMBRICULUS VARIEAGATUS* ЯК ПОВНОЦІННОГО КОРМУ ДЛЯ РИБИ

О.В. Шевкунов

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна
студент 2 курсу із спеціальності 207 Водні біоресурси та аквакультура, foma9944@gmail.com
Науковий керівник: доктор с.-г. наук, професор Гноєвий І.В.

Вступ. *Lumbriculus varieagatus* – це олігохетовий кільчастий черв'як родини Lumbriculidae, який в природі зустрічається в прісноводних водоймах (на мілководді в озерах, ставках, стоячих водах, найчастіше серед водної рослинності, в мулі, або гравії), що харчується мікроорганізмами та органічними речовинами. Кільчастий черв'як довжиною 40-100 мм, діаметром 1-1,5 мм, має колір від червоного до коричневого, має від 150 до 250 сегментів. В усіх сегментах тіла присутні фоторецептори, а дихальний апарат знаходиться в хвості, проте сегменти голови ширші і рухливіші. Мають статеве (гермафродити) та безстатеве розмноження. Це вид біоіндикаторів, що мешкають у Північній Америці та Європі. Дослідження встановили, що його діяльність зменшує об'єм осаду, який утворюється очисними спорудами. Завдяки високому вмісту білка, ліпідів та амінокислот ці прісноводні черви є альтернативним джерелом харчування риби як у промислових масштабах, так і невеликих аквагосподарствах.

Мета: вивчення та аналіз досліджень *Lumbriculus varieagatus* як кормової основи для риби.

Методика досліджень: Аналіз і узагальнення наукових матеріалів.

Результати досліджень. Вчений Боб Лаарховен з Вагенінгенського університету Нідерландів в своєму дослідженні про перетворення органічних відходів на екологічно чистий корм для риб за допомогою Lumbriculus varieagatus довів, що олігохети перетворювали різні органічні відходи (осад харчової промисловості, риб'ячі фекалії) «з ефективним коефіцієнтом конверсії корму (FCR) ~ 1,8, що призвело до теоретичного виробництва 0,1-0,14 кг риби на кг відходів». Варто зазначити й про поширеність використання рибного борошна як складової багатьох кормів для риб та худоби, в результаті цього спостерігається надмірний вилов дикої риби. Завдяки дослідженню доведено, що *Lumbriculus varieagatus*, вирощені на безпечних низькоякісних органічних відходах харчової промисловості, можуть бути альтернативною заміною рибного борошна. Він є повноцінним, адже містить значну кількість протеїну, ліпідів, важливих жирних кислот, амінокислот і має низький відсоток золи. До цих переваг варто додати той факт, що вирощування *Lumbriculus varieagatus* на безпечних органічних відходах приводить до зменшення утворення відходів харчової промисловості. Таким чином, було доведено екологічну й економічну доцільність вирощування і використання *Lumbriculus varieagatus* як корму для аквакультури.

Вирощування *Lumbriculus varieagatus* у промислових масштабах є галуззю, яка перебуває у своєму зародковому стані, а отже є не розкритою у своєму повному потенціалі щодо її застосування удосконалення її виробничих практик (Тарас Плескун, Університет Флориди) [1].

Lumbriculus varieagatus є дуже поширеним живим кормом в акваріумній промисловості. Вони можуть виживати протягом довготривалого часу в акваріумі з прісною водою, при цьому не забруднюючи воду, а навпаки перетворюючи рибні відходи, які є в осаді, на продукти споживання для бактерій, які в свою чергу перетворюють їх на поживні речовини для гідробіонтів. Перевагою вирощування Lumbriculus varieagatus є те, що вони витриваліші в порівнянні з дафнією (*Daphnia*) й артемією (*Artemia salina*) [2]. Також перевагою є те, що можна контролювати кількість загальної біомаси олігохет [3]. За даними наукової літератури існують кілька способів розведення Lumbriculus varieagatus в лабораторних умовах [4]. До прикладу, способи Роберта Бренда. Спосіб 1 – метод розведення Lumbriculus varieagatus з використанням неглибокої ємкості з витриманою акваріумною водою та органічними коричневими паперовими рушниками а невеликим губчастим фільтром. Годування в цьому способі – це кілька пластівців корму для риб, а також організми, що харчуються розкладеними паперовими рушниками. У другому способі використовується контейнер з витриманою акваріумною водою, на дні якого знаходиться тонкий шар гравію та кілька рослин (наприклад, яванський мох); для корму використовують спіруліну та кабачок.

Акваріумісти України також використовують культуру *Lumbriculus varieagatus* як надійний живий корм. Одним із розповсюджених способів вирощування в лабораторних та домашніх умовах є наступний метод: на постійній основі використовується контейнер з невеликим шаром води без хлору чи хлораміну, або акваріумну воду. Важливою є умова того, що шар води ледве покриває субстрат. У вигляді субстрату застосовують синтепон або ж губку з середньою пористістю. Гарним продуктом для годування культури *Lumbriculus varieagatus* є вівсяне борошно.

Висновок Вивчення методів застосування Lumbriculus varieagatus у ролі кормового об’єкту однозначно є перспективним як у промислових масштабах, так і в невеликих декоративних аквагосподарствах.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ:

1. Taras Pleskun https://www.youtube.com/watch?v=R4pjCpKrqr8
2. Aquaculture Potential of Blackworms Lumbriculus varieagatus
3. "Lumbriculus variegatus, Müller, 1774" B-Aqua / TE, GP. 2021.
4. H.J.H. Elissen, T.L.G. Hendrickx, H. Temmink, B. Laarhoven, C.J.N. Buisman // Wetsus – Centre of excellence for sustainable water technology, Leeuwarden, the Netherlands. 2014.

ВПЛИВ ІОНІЗОВАНОГО АМІАКУ НА ТЕМПИ ЗРОСТАННЯ МОЛОДІ АФРИКАНСЬКОГО СОМА *(CLARIAS GARIEPINUS)* В УЗВ

Д.О. Шаблій

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна
аспірант кафедри біотехнології, молекулярної біології та водних біоресурсів,
rubovod@gmail.com
Науковий керівник: доктор с.-г. наук, професор Гноєвий І.В.

Вступ Африканський сом (Clarias gariepinus) є однією з провідних промислових видів риб для вирощування в світовій аквакультурі. В Україні цей вид вирощується в установках замкнутого водопостачання, що дає можливість контролювати основні параметри води і отримувати продукцію безперервно круглий рік. Якість води, зокрема рівень аміаку, відіграє ключову роль у збереженні здоров’я та забезпеченні інтенсивного росту риби.

Аміак утворюється в результаті розкладу залишків корму та азотистих продуктів метаболізму риби. Його накопичення в воді є характерною проблемою замкнених систем по

вирощуванню гідробіонтів. Водний аміак існує у двох формах – NH_3 (вільний аміак, токсичний) і NH_4^+ (іонізований аміак, менш шкідливий). Рівень NH_3 зростає при високому pH і температурі води. Навіть помірне підвищення рівня аміаку призводить до зниження апетиту, порушення дихання, ураження зябер, ураження печінки та інших внутрішніх органів і як наслідок – до зниження темпів росту африканського сома. Для молоді африканського сома гранично допустимий рівень іонізованого аміаку становить 0,5-0,1 мг/л. Перевищення цієї межі значно уповільнює приріст маси тіла та підвищує смертність.

Мета дослідження – Вивчення впливу максимально високих показників іонізованого аміаку на темпи зростання та виживання молоді африканського сома.

Методика досліджень – фізико-хімічні та математичні дослідження зміни показників якості води за використання УЗВ, змонтованого у приватних умовах.

Результати дослідження. На приватному рибному господарстві вирощувалася риба в рециркуляційній системі. Система складалася з 12 невеликих басейнів об'ємом 800л кожен. Показники іонізованого аміаку весь попередній період вирощування становила від 0,2 до 0,5 мг/л.

Нами було відділено від фільтрації три басейни з молоддю сома з середньою наважкою 100 грамів. В кожному басейні на початок експерименту було по 100 особин.

Годівля всіх басейнів проводилася спеціалізованим збалансованим комбікормом для африканського сома Clari-feed.

Кожного дня проводилися аналізи води за допомогою фотометра КФК-3 на вміст іонізованого аміаку в басейнах, проводили записи в зміні поведінки риби та фіксували її смертність.

Суттєвих втрат в кількості не спостерігалося. За час експерименту риба в басейнах досягла середньої ваги в 240 грамів, що в межах норми по темпам приросту. Риба в басейнах, де була підвищена кількість аміаку, взагалі не набрала біомасу.

Після проведення експерименту з підвищеною концентрацією аміаку три басейни під'єднали до системи фільтрації. Риба в цих трьох басейнах швидко почала споживати корм і спостерігалася така ж активність як і в інших басейнах.

Через два місяці соми які вирощувалися весь період в системі з фільтрацією мали середню наважку 855 грамів, соми що мали вплив високих концентрацій аміаку мали середню наважку в 130 грамів. Спостерігалася майже повна зупинка темпів росту цих особин.

Висновок. Африканський сом здатен витримувати значні забруднення води, проте дуже важливо запобігати навіть короткочасних підвищень іонізованого аміаку. Тимчасове підвищення концентрації аміаку майже повністю зупиняє темпи росту. Метою майбутніх досліджень на цю тему має бути виявлення біохімічних процесів які відбуваються під час отруєння аміаком та розробка комплексу заходів по зменшенню негативних наслідків, оскільки отруєння аміаком африканського сома в установках замкнутого водопостачання часто зустрічається в вітчизняній аквакультурі.

ГЕМАТОЛОГІЧНІ ПАРАМЕТРИ КРОВІ СВИНЕЙ ПРИ АЛЬТЕРНАТИВНОМУ БІЛКОВОМУ ЖИВЛЕННІ

А.М. Безносюк

Вінницький національний аграрний університет, м. Вінниця, Україна
аспірант кафедри технології виробництва та переробки продукції тваринництва,
anatolii_beznosiuk@cargill.com

У сучасних умовах стрімкого розвитку свинарства як однієї з провідних галузей тваринництва особливе значення набуває підвищення ефективності виробничих процесів через оптимізацію витрат, зокрема на корми, що становлять до 70 % загальних витрат.

Ключову роль у складі кормів для свиней відіграють протеїнові компоненти, від яких залежить ріст, здоров'я тварин та економічна доцільність виробництва. Традиційні джерела білка, такі як рибне борошно та соєвий шрот, мають низку обмежень через високу вартість, конкуренцію з харчовою промисловістю, дефіцит природних ресурсів [3]. Це зумовлює потребу у пошуку альтернативних, більш доступних і сталих джерел протеїну для годівлі свиней.

Світова практика свідчить, що упродовж останніх років спостерігається зростання вартості білкових кормових інгредієнтів унаслідок надмірного вилову риби, скорочення площ сільськогосподарських угідь, дефіциту водних ресурсів та глобальних змін клімату. У відповідь на ці виклики розпочато активний пошук альтернативних, стійких і ефективних джерел кормового протеїну. Одним із перспективних рішень є використання білкових добавок на основі комах. Найбільш перспективними видами для промислового використання є чорна львинка (*Hermetia illucens*), борошняний хрущ (Tenebrio molitor), кімнатна муха, шовкопряд та деякі види прямокрилих. Комахи мають високу біологічну цінність, містять усі незамінні амінокислоти, насичені жирні кислоти, мінерали та вітаміни [1, 2]. Ці комахи здатні ефективно перетворювати органічні відходи на цінний білок, швидко розмножуються, не потребують великих площ чи ресурсів для вирощування. Таким чином, вони є екологічно і економічно привабливим варіантом для зниження залежності від традиційних білкових інгредієнтів.

Науково-господарський дослід було проведено на гібридному молодняку свиней покоління F2, отриманому шляхом схрещування свинок породи Камборо (велика біла × ландрас) із кнурцями лінії PIC 337. У дослідженнях вивчали вплив білкової добавки з комах у вигляді протеїнового порошку ProtiNOVA. Матеріалом гематологічних досліджень була кров свиней, відбір якої проводився на 70 добу. Для аналізу було взято кров десяти свиней: 5 голів дослідної та 5 голів контрольної групи.

Результати дослідження, проведеного на гібридному молодняку свиней, свідчать про ефективність введення до раціону білкової добавки ProtiNOVA. Спостерігалося зростання збереженості поголів'я, приросту живої маси, середньодобових приростів, а також покращення конверсії корму. Абсолютний приріст маси у дослідній групі був на 23,1 % вищим, а середньодобовий – на 23,3 %. Конверсія корму в цій групі також покращилася — на 11,7 %, що свідчить про ефективніше засвоєння поживних речовин.

Крім продуктивних результатів, введення білкової добавки вплинуло і на фізіологічні показники організму тварин. У дослідній групі поросят спостерігалося підвищення рівня загального білка, глобулінів і глюкози в крові, що вказує на посилення обмінних процесів. Водночас зміни вмісту альбумінів та азоту сечовини, підвищення рівня креатиніну, активність трансаміназ (АЛТ і АСТ), а також показники кальцій-фосфорного обміну свідчать про активізацію метаболізму та кращу адаптацію тварин до умов вирощування.

Гематологічні дослідження підтвердили вплив добавки на процеси кровотворення. У дослідних поросят виявлено збільшення середньої маси гемоглобіну в еритроциті, концентрації гемоглобіну, а також зміни у лейкоцитарній формулі: підвищення частки сегментоядерних нейтрофілів, зменшення рівня паличкоядерних нейтрофілів, лімфоцитів і моноцитів. При цьому всі показники залишались у межах фізіологічної норми, що свідчить про безпечність використання ProtiNOVA.

Отже, отримані дані свідчать про високу ефективність білкової добавки з комах у годівлі свиней. Її використання сприяє не лише зменшенню витрат на дорогі протеїнові компоненти, але й забезпечує високу продуктивність та здоров'я тварин. Такий підхід відповідає концепції сталого сільського господарства, що поєднує економічну вигоду з екологічною доцільністю та ефективним використанням ресурсів. Подальші дослідження та впровадження інноваційних кормових рішень на основі комах відкривають перспективу трансформації системи тваринництва у напрямку більш збалансованого та екологічного виробництва.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Баркар В.П., Трібунцова О.Б. // Вісник аграрної науки. 2022. 12 (837): 48–53.
2. Метлицька О. І., Мельничук С. Д., Спиридонов В. Г. // Вісник аграрної науки. 2017. 6: 29-35.
3. Sánchez-Muros M.-J., Barroso F.G., Manzano-Agugliaro F. // Journal of Cleaner Production. 2014. 65:16-27. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.11.068

РОЛЬ СТИМУЛЮЮЧИХ ПІДГОДІВЕЛЬ У ПІДВИЩЕННІ ПРОДУКТИВНОСТІ БДЖОЛИНИХ СІМЕЙ

О.П. Разанова [1], С.В. Скрипник [2]

Вінницький національний аграрний університет, м. Вінниця, Україна
[1]кандидат кафедри технології виробництва та переробки продукції тваринництва,
olenaop0205@ukr.net
[2]аспірант кафедри технології виробництва та переробки продукції тваринництва,
serguk60@gmail.com

Сучасне бджільництво є важливим напрямом аграрної діяльності, який забезпечує не лише виробництво цінної продукції, але й виконує екологічно значущу функцію –запилення ентомофільних сільськогосподарських культур. Саме завдяки запиленню, здійснюваному бджолами, забезпечується підвищення врожайності багатьох культур, що позитивно впливає на загальну продуктивність аграрного сектору. Проте останніми роками вітчизняне бджільництво стикається з низкою проблем, зокрема, з низькою рентабельністю, слабкою підтримкою з боку держави, скороченням пасік у сільськогосподарських підприємствах і відповідне зменшення кількості бджолиних сімей [4]. Це зумовлює необхідність пошуку ефективних підходів до підтримки життєздатності та продуктивності бджолосімей.

Одним з перспективних напрямів покращення ефективності галузі є впровадження методів фізіологічної стимуляції розвитку бджіл, зокрема через використання стимулюючих підгодівель. Як свідчить практика, успішне весняне та осіннє нарощування сили бджолиних сімей значною мірою залежить від забезпечення їх повноцінним харчуванням, у тому числі білковими й вуглеводними компонентами [2]. В умовах обмеженого природного медоносного ресурсу зростає актуальність застосування штучних стимулювальних засобів, які компенсують дефіцит поживних речовин і сприяють підвищенню продуктивності бджіл. Крім того, такі добавки можуть виконувати профілактичну функцію, зміцнюючи імунітет бджіл до хвороб [3].

У світовій практиці відомо багато спроб використання біологічно активних речовин у тваринництві, і бджільництво не є винятком. Результати багаторічних досліджень засвідчують, що застосування стимулюючих препаратів, що містять вітаміни, амінокислоти, мікроелементи, ферменти, сприяє активізації обмінних процесів у бджіл, підвищує інтенсивність яйцекладки маток, покращує розвиток розплоду та загалом прискорює ріст бджолиних сімей [1]. Особливо ефективними визнано комбіновані підгодівлі, що поєднують білково-вуглеводні компоненти з імуномодулюючими добавками.

З метою вивчення ефективності стимулюючих добавок у практичному бджільництві було проведено дослідження із застосуванням двох препаратів – Антивір та Стимовіт. Експериментальна частина дослідження передбачала підгодовування бджіл трьох груп: контрольна група отримувала лише цукровий сироп (1:1), друга – сироп із додаванням антивіру, третя – із стимовітом. Підгодівлю проводили навесні та восени, по 400 мл робочого розчину через день протягом 14 днів.

У ході дослідження було встановлено, що стимулюючі підгодівлі позитивно вплинули на динаміку розвитку бджолиних сімей. Уже на третій облік кількість розплоду та сила сімей у дослідних групах значно перевищували аналогічні показники у контролі: сила сімей зросла на 8,8 % (антивір) і 10,5 % (стимовіт), кількість запечатаного розплоду – на 8 % і 11,6 % відповідно. Це свідчить про позитивний вплив обох препаратів на яйценосність маток. Упродовж сезону сила сімей у дослідних групах залишалась стабільнішою, що мало важливе значення для проходження зимівлі.

Особливу увагу було приділено аналізу ефективності зимівлі бджіл. Весняний облік показав, що сім'ї, які отримували стимулюючі підгодівлі з добавками восени, краще перенесли зимовий період. Витрати кормів у них були нижчими, гнізда залишались чистішими, а відсоток ослаблення – суттєво менший порівняно з контролем (на 13,6 п.п.). Найкращі показники зафіксовано у третій групі (стимовіт), де сила сімей після зими перевищувала контрольну на 34,1 %.

Протягом усього активного сезону спостерігалася вища середньодобова яйценосність маток у дослідних групах, із піковими значеннями в групі, де застосовувався стимовіт – на 32,9 % більше, ніж у контролі. Наприкінці весни різниця залишалась істотною: у другій групі – на 20,9 %, у третій – на 26,9 %. Підвищена яйценосність сприяла інтенсивному нарощуванню сили перед медозбором, що прямо вплинуло на продуктивність бджолиних сімей.

Отже, результати досліджень свідчать про високу ефективність використання стимулюючих підкормок у бджільництві. Комбіновані препарати з вітамінно-білково-мінеральним складом суттєво підвищують інтенсивність розвитку бджолиних сімей, що особливо важливо в умовах сучасного занепаду галузі. Розширене впровадження таких засобів у виробництво може стати ефективним інструментом відновлення продуктивності пасік та забезпечення стабільності бджільництва.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Бородіна К.І. Рибка К.І. // Біологія та валеологія. 2013. 15: 7-13.
2. Броварський В.Д., Папченко О.В. // Вісник Житомирського національного агроекологічного університету. 2014. 23/2(44): 155-158.
3. Ковальський Ю.В., Кирилів Я.І. // Науковий вісник Національного аграрного університету. 2004. 74: 185-190.
4. Скоромна О.І., Разанова О.П. // Аграрна наука та харчові технології. 2019. 3 (106): 70-82.

МОДЕЛЮВАННЯ ПІДХОДІВ У ВИРОБНИЦТВІ ЯЛОВИЧИНИ

О.І. Колісник[1], В.Г. Прудніков[2], А.І. Дидикіна[3], І.М. Боднарчук[4]

[1]ПП АФ «Світанок» Нововодолазький район Харківської області, Україна,
директор, agro_svitanok@ukr.net
Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна,
[2]професор кафедри технології переробки та якості продукції тваринництва,
prudnikov2648@gmail.com
[3]керівник центру менеджменту якості освіти, ladyalina55@gmail.com
[4]старший викладач кафедри технології переробки та якості продукції тваринництва,
mshiteeva@ukr.net

Україна була і залишається однією з провідних країн-виробників молока та яловичини. Однак слід констатувати, що стабільно діє тенденція до зменшення поголів'я, а відповідно — і загальних обсягів виробництва.

Виробництво яловичини здійснюється за технологічно прийнятною схемою в молочному скотарстві та спеціалізованому м'ясному скотарстві. Основним джерелом її виробництва є молочне скотарство, на частку якого припадає понад 95 %. У структурі поголів'я великої рогатої худоби м'ясні породи займають лише до 4 %. Вищевикладене зумовлює актуальність даного питання.

Метод дослідження — аналіз галузі та обґрунтування підходів до її розвитку.

Галузь скотарства представлена такими основними породами: молочні породи - українська чорно-ряба молочна, червона степова, українська червоно-ряба молочна, червона польська, голштинська, джерсейська, голландська, англерська, айрширська, швіцька; комбіновані породи – шведська червона, лебединська, симентальська, бура карпатська, пінцгауська, сіра українська (аборигена); м'ясні породи: сіра українська, симентальська м'ясна, українська м'ясна, волинська м'ясна, південна м'ясна, абердин-ангуська, герефордська, кіанська, шаролезька, санта-гертруда, лімузинська, мен-анжу.

У контексті цього питання ключовими проблемами є зменшення поголів'я, зниження продуктивності тварин та неконкурентоспроможність вітчизняного виробництва. Перш ніж перейти до шляхів вирішення проблеми, слід зупинитися на одному дуже важливому, на наш погляд, аспекті.

Паралельно з виробництвом яловичини стоїть завдання збільшення виробництва молока, передусім — за рахунок зростання поголів'я. Рішенням цього завдання є використання сексованої сперми, яка містить сперматозоїди з Х-хромосомами (при її застосуванні народжуються телички). Так, при цьому втрачаються бички, але це — найоптимальніший шлях для нарощування поголів'я в молочному скотарстві. Закупівля нетелів за кордоном є надто дорогою.

Враховуючи цей фактор, збільшення обсягів виробництва та підвищення якості яловичини можливе лише за рахунок інтенсивного розвитку м'ясного скотарства. Для цього придатні всі регіони України.

Нами протягом двадцяти років відпрацьована технологія м'ясного скотарства без використання приміщень — при розведенні абердин-ангуської породи. Слід зазначити, що технологічні об'єкти були збудовані на майданчиках силососховищ. У селекційному напрямі за цей період створено вітчизняний тип худоби, конкурентоспроможний іноземним породам.

Нашими дослідженнями, а також працями багатьох інших авторів доведено, що за більшістю параметрів вітчизняні м'ясні породи поступаються зарубіжним. Саме тому у виробничій діяльності необхідно використовувати схрещування для досягнення ефекту гетерозису.

Для покращення ситуації важливо активізувати функціонування ринку яловичини. Аналіз літературних джерел свідчить, що за кордоном цей ринок розвинутий — з реалізацією "стейкового м'яса", дієтичного "білого", гастрономічного "рожевого", молодої яловичини "Бебі-Біф", столової яловичини.

В Україні цей процес перебуває на етапі зародження, але вже спостерігається позитивна динаміка на деяких підприємствах, таких як "Агрікор", "Баффало".

За умови високої якості сировини ми можемо й повинні виходити на ринки Азії, Близького Сходу, країн Перської затоки тощо.

До основних підходів слід віднести: інвестиції, підготовку кваліфікованих кадрів, а також тісну співпрацю між виробництвом, наукою, бізнесом і державою.

Отже, це перспективний і реальний проєкт, який здатен забезпечити внутрішній ринок якісною яловичиною та бути конкурентоспроможним на міжнародному рівні.

Секція 4 ІСТОРІЯ БІОТЕХНОЛОГІЇ, ЕКОЛОГІЇ Й АКВАКУЛЬТУРИ. ТЕОРІЯ ТА ПРАКТИКА ПІДГОТОВКИ ФАХІВЦІВ ІЗ БІОТЕХНОЛОГІЙ, ПРИРОДНИЧИХ І АГРАРНИХ НАУК

КЛОНУВАННЯ ССАВЦІВ: ШЛЯХ ВІД ПІОНЕРСЬКИХ РОБІТ ДО КОМЕРЦІЙНОГО ВИКОРИСТАННЯ

М.Д. Безуглий[1], О.В. Щербак[2]

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна,
[1]професор, д-р.с.-г.н., академік НААНУ, завідувач кафедри біотехнології, молекулярної біології та водних біоресурсів; bezugly_m@ukr.net
[2]професор, к.с-г.н., професор кафедри біотехнології, молекулярної біології та водних біоресурсів; elenasherbak@ukr.net

У доповіді надано визначення терміну «клонування», описані 4 його різновиди: поділ ембріонів на частини, ембріональне і соматичне клонування та тетраплоїдна комплементація. Детально описана схема соматичного клонування як найважливішого методу отримання генетичних копій тварин. На прикладі власних експериментальних результатів показані всі етапи соматичного клонування: (1) підготовка яйцеклітин-реципієнтів для пересадки соматичних ядер клітин-донорів; (2) проведення мікрохірургічних операцій: (a) по фіксації яйцеклітин, (b) їх підготовці до вилучення хромосом і (c) власне енуклеації; (3) створення трансядерного гібриду з цитопластом енуклейованої яйцеклітини та соматичної клітини донора і (4) електрозлиття трансядерного гібриду і утворення трансядерної зиготи. Описані деякі «know how» авторів, що використовувалися на окремих етапах клонування. Зокрема, це використання гіпертонічних розчинів при проведенні мікрохірургічних операцій для збільшення простору між зоною пелюцида (*Zona pellucida*) і власне яйцеклітиною. Особливої уваги заслуговує процедура електрозлиття цитопласту яйцеклітини і клітини-донора ядра, під час якого вони спочатку притискаються одна до одного під дією високочастотного електромагнітного поля, потім відбувається електричний пробій цитоплазматичних мембран клітин імпульсом постійного току і об'єднання цитопласта реципієнта і клітини-донора в єдину клітинну структуру та подальша активація розвитку трансядерної зиготи високочастотним електромагнітним полем.

У доповіді наголошується на високому рівні майстерності біотехнологів, що проводять мікрохірургічні операції при клонуванні, адже розміри яйцеклітин ссавців коливаються від 60 до 150 мкм, що потребує виготовлення мікроінструментів: мікроприсосок, мікропіпеток, мікрокапелярів і мікроголок діаметром у десятки мікронів. Виготовлення цих мікроінструментів проводилося на мікрокузні, а маніпуляції з клітинами – з допомогою мікроманіпуляторів з контролем під мікроскопом.

Наступним етапом є культивування трансядерних гібридів у відповідних культуральних середовищах у термостатах з визначеним складом кисню і вуглекислого газу у повітрі до стадії пізньої морули або ранньої бластоцисти. Пересадка ембріонів на цих стадіях розвитку проводиться нехірургічним методом як і при звичайній трансплантації зародків.

Представлені діючі потенційні напрями використання клонування у наукових дослідженнях, сільському господарстві та збереженні біологічного різноманіття природного середовища. Названі 24 види сільськогосподарських, домашніх, лабораторних та диких тварин, що клоновані на сьогодні. Переважна частина клонованих тварин визначається одиницями, хоча в окремих видах клонованих тварин налічуються сотні і тисячі.

Підкреслюється, що клонування є потужним науковим методом вивчення біологічних явищ. Вивчення впливу будь-яких факторів на організми клонованих ссавців набуває нової якості, тому що як дослідні, так і контрольні тварини є повними генетичними копіями. Вплив ДНК мітохондрій цитопласту, що кодує близько 100 генів, має незначний вплив на генотип клонованого ссавця, який налічує близько 100 тис. генів.

Описані генетичні, імунобіологічні, фізіологічні, гематологічні та інші ознаки трьох клонованих теличок, що були отримані нами у Харківському біотехнологічному центрі у 1998 р. і які вивчалися фахівцями інституту тваринництва НААН протягом багатьох років. Зазначено, що використання клонування дасть можливість глибше вивчити розвиток і старіння організму, розкрити механізми злоякісного переродження клітин, пояснити тотіпотентність під час диференціації ембріональних клітин та розкрити суть інших біологічних явищ.

Зараз активно вивчається використання клонування тварин у сільському господарстві. У зв'язку з цим проаналізована економічна ефективність клонування у молочному скотарстві і спортивному конярстві. Показано, що клонування корів навіть з рекордною продуктивністю більшою за 100 кг молока у день не доцільне з економічної точки зору, а клонування бугаїв-поліпшувачів з видатними ознаками може бути прибутковим. Клонування коней з видатними спортивними ознаками є уже прибутковим, у світі працюють десятки компаній, у яких отримано на сьогодні близько 400 лошат.

Висловлено передбачення, що створення трансгенних сільськогосподарських тварин за корисними для людини ознаками дозволить використовувати їх як біофабрики по виробництву біологічно активних речовин, лікарських препаратів, гормонів, тощо. Обмеженням масового використання трансгенних тварин як біореакторів є надвисока вартість їх отримання через непередбачувану і поки що маловірогідну експресію корисного гену у геном заплідненої яйцеклітини. Якщо для забезпечення хворих на діабет людей Європі потрібно декілька трансгенних на ген інсуліну людини корів, а для хворих на гемофілію – близько 100 трансгенних на певний ген білка крові людини овець, то створити таку кількість біореакторів є вкрай складно. Набагато ефективніше буде клонувати єдину отриману трансгенну тварину і, таким чином, створити стадо з необхідними господарсько-корисними ознаками, що вироблятимуть достатню кількість лікарських препаратів для лікування мільйонів хворих.

Якщо клонування домашніх улюбленців для забезпечених громадян набуло великих масштабів і тисячі кошенят і щенят народилися у світі, не дивлячись на значну вартість такого методу відтворення – 50-100 тис.$ за одного нащадка, то розмноження зникаючих видів та відродження видів ссавців, що зникли, мають загально біологічне значення для всієї планети Земля. Як приклад, наводиться успішне клонування диких тварин, у тому числі при використанні у якості сурогатних матерів для клонованих ембріонів ссавців інших видів. Наведено окремий опис відтворення мамонту з використанням генетичного матеріалу соматичних клітин у тканинах, що зберігалися в умовах вічної мерзлоти. Як цитопласт для створення зиготи мамонту запропоновано використовувати яйцеклітину слона, а самку слона – як реципієнта, якому можна пересадити створений в умовах *in vitro* зародок мамонту. Відомі авторами дві спроби проведення такої операції залишилися поки що безуспішними.

Наводяться масштаби наукових розробок з клонування ссавців в розвинутих країнах світу, у тому числі і стан таких досліджень в Україні.

ВПЛИВ ОКСИДУ ГРАФЕНУ НА РІСТ ЯЧМЕНЮ ОЗИМОГО ЗА УМОВ ВОДНОГО ДЕФІЦИТУ

Б.М. Царенок[1], С.В. Прилуцька[2]

Національний університет біоресурсів та природокористування України, Київ,
[1]здобувачка першого (бакалаврського) рівня, BogdankaTsarenok_@gmail.com
[2]професор, завідувач кафедри фізіології, біохімії рослин та біоенергетики,
physiol.biochem2021@gmail.com

В умовах глобальних кліматичних змін та зменшення доступності водних ресурсів, водний дефіцит стає однією з найбільших проблем сільського господарства. Це особливо актуально для вирощування культур, які вимагають значної кількості води, зокрема для ячменю озимого. Розвиток нових технологій, зокрема використання наноматеріалів, відкриває нові можливості для покращення стійкості рослин до стресових умов. Оксид графену може регулювати фізіологічні процеси рослин за стресових умов, зокрема умов водного дефіциту.

Оксид графену (ОГ) є окисленою похідною графену, що містить кисневмісні групи, розташовані на поверхні та по краях його вуглецевих шарів. Ці кисневмісні функціональні групи, такі як гідроксильні, карбоксильні та епоксидні групи, значно змінюють хімічні та фізичні властивості матеріалу. Вони надають оксиду графену водорозчинність і високу реакційну здатність, що дозволяє йому ефективно взаємодіяти з біологічними системами, такими як клітинні мембрани, білки, ДНК, мікроорганізми та імунні клітини, та навколишнім середовищем. Завдяки своїм властивостям ОГ широко застосовується в різних галузях, включаючи нанотехнології, біомедицину та сільське господарство [2].

Метою роботи було дослідити біологічну активність та потенційний вплив наноматеріалів, зокрема — дослідити вплив оксиду графену на ячмінь озимий за умов водного дефіциту.

У дослідженні оцінювали вплив оксиду графену в концентраціях 5, 10, 20 та 50 мкг/мл на рослини ячменю озимого сорту *Достойний* в умовах водного дефіциту. Для оцінки змін у рості та розвитку рослин застосовували морфометричний аналіз, що включав вимірювання таких показників: довжина пагона, довжина кореневої системи та суха маса рослини. Дослід проводили у контрольованих умовах, з урахуванням впливу як оксиду графену, так і обмеженого водопостачання.

Дослідження впливу оксиду графену на рослини ячменю озимого за умов водного дефіциту засвідчили його позитивний ефект на початкові фази розвитку. Зокрема, встановлено, що обробка насіння оксидом графену сприяє пришвидшенню проростання. Насіння, оброблене ОГ, проростало в середньому на три доби раніше порівняно з контролем (необробленим насінням), що свідчить про потенціал оксиду графену як стимулятора ростових процесів у стресових умовах. Такий ефект, імовірно, зумовлений здатністю оксиду графену проникати через насіннєву оболонку. Проникнення наноматеріалу може призводити до порушення структури середнього шару насінини, що сприяє покращеному поглинанню води, прискоренню процесів гідратації та, як наслідок, швидшому проростанню й вищому відсотку схожості насіння. Кисневмісні функціональні групи ОГ здатні абсорбувати воду, а гідрофобні sp^2 домени ефективно транспортують воду до насіння, що сприяє швидшому проростанню рослин [1].

Коренева система рослин, насіння яких було оброблене оксидом графену, демонструвала значно кращі морфометричні показники порівняно з контролем. Зокрема, при застосуванні концентрації 50 мкг/мл спостерігалося подовження кореня на 46,4 % відносно контрольного зразка, а також формування густішої та більш розвиненої кореневої системи.

Це свідчить про те, що оксид графену допомагає зменшити випаровування води з ґрунту, що підвищує здатність коренів поглинати воду. В результаті цього, корені рослин ростуть активніше, що сприяє загальному розвитку рослин [3].

Таким чином, оксид графену (ОГ) значно покращує стійкість ячменю озимого до водного дефіциту. ОГ прискорює проростання насіння, покращуючи поглинання води, та зменшує випаровування з ґрунту, що сприяє кращому розвитку кореневої системи. Це призводить до більш активного росту рослин та підвищення врожайності в умовах водного стресу.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Yang Y., Zhang R., Zhang X., Chen Z., Wang H., Li P.C.H. // Plants. 2022. 11: 2826. https://doi.org/10.3390/plants11212826

2. Zhao L., Wang W., Fu X., Liu A., Cao J., Liu J. // Frontiers in Plant Science. 2022. Vol.13 https://www.frontiersin.org/journals/plant-science/articles/10.3389/fpls.2022.810905.

3. Zhao S., Wang W., Chen X., Gao Y., Wu X., Ding M., Duo L. // Ecotoxicol Environ Saf. 2023. 250: 114483. doi: 10.1016/j.ecoenv.2022.114483. PMID: 36586166.

СУЧАСНІ ВИМОГИ ДО ПІДГОТОВКИ ФАХІВЦІВ-ЕКОЛОГІВ

В.В. Кручина [1], І.М. Берешко [2], В.Л. Клеєвська [3]

[1]Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут», м.Харків, Україна
завідувачка кафедрою екології та техногенної безпеки, v.kruchyna@khai.edu
[2]доцент кафедри екології та техногенної безпеки, i.bereshko@khai.edu
[3]старша викладачка кафедри екології та техногенної безпеки, v.kleyevska@khai.edu

У сучасному світі, що зазнає стрімких технологічних трансформацій та глобальних екологічних викликів, суспільство потребує фахівців, здатних не лише володіти глибокими знаннями, але й гнучко адаптуватися до динамічних змін, мислити системно та працювати в міждисциплінарному середовищі. Це особливо важливо з огляду на сучасні вимоги до професійної підготовки, які стають все більш комплексними та вимогливими. Особливо актуальними ці вимоги є для підготовки екологів – спеціалістів, від яких залежить забезпечення сталого розвитку, збереження довкілля та ресурсів планети.

Теоретична підготовка здобувачів освіти в галузі екології ґрунтується на фундаментальних знаннях з хімії, біології, фізики, географії, а також методів математичного аналізу. Однак сучасна наука постійно розвивається, тому важливо інтегрувати в навчальні програми новітні дослідження з кліматології, біорізноманіття, циркулярної економіки та сталого природокористування. Важливо не лише забезпечити достатній обсяг знань, а й сформувати цілісне уявлення про структуру, динаміку та взаємозв'язки екосистем. Здобувачі мають оволодіти науковими підходами, методологією дослідження, а також аналітичним мисленням [1].

Сучасні виклики, такі як зміна клімату, забруднення океанів пластиком або втрата біорізноманіття, вимагають від екологів глибокого розуміння не лише природничих наук, а й соціально-економічних аспектів сталого розвитку. Тому в освітні програми варто включати курси з екологічного права, управління природними ресурсами, ESG-стратегій (Environmental, Social, Governance).

Водночас практична складова освітнього процесу повинна передбачати роботу з сучасним лабораторним обладнанням, проведення експериментів, опанування навичок збору, візуалізації та аналізу екологічних даних. Важливим є впровадження комплексних навчальних кейсів, польових практик, участі в дослідницьких проєктах, конкурсах, екологічних акціях. Саме така діяльність дозволяє формувати відповідальне ставлення до довкілля та бачення ролі фахівця у глобальних процесах.

Окрім традиційних методів, слід активно залучати студентів до роботи з Big Data у екології, використання штучного інтелекту для аналізу великих масивів інформації про стан довкілля. Наприклад, машинне навчання вже застосовується для прогнозування змін клімату, моніторингу лісів чи аналізу якості повітря.

Серед викликів сучасної екологічної освіти слід відзначити необхідність оновлення матеріально-технічної бази, створення умов для дослідницької діяльності студентів, включаючи доступ до сучасних програмних засобів. Перспективними є партнерства між закладами освіти, науковими установами та бізнесом, участь у міжнародних грантових програмах і залучення до наукових ініціатив.

Ефективна підготовка екологів вимагає створення інноваційного освітнього середовища [2], в якому гармонійно поєднуються академічна освіта та розвиток професійних компетентностей. Зокрема, йдеться про формування soft skills – комунікації, критичного мислення, лідерства, а також hard skills – роботи з приладами, програмами моделювання, інтерпретації результатів досліджень.

Інтеграція STEM-освіти [3] у підготовку майбутніх екологів дозволяє побудувати міжгалузеву модель навчання, де екологія поєднується з технологіями, інженерією та математикою. Такий підхід сприяє формуванню здатності до вирішення складних практичних завдань і забезпечує відповідність освітніх результатів реальним потребам ринку праці.

До STEM-методик варто додати елементи дизайн-мислення (design thinking), яке допомагає студентам розробляти інноваційні рішення для екологічних проблем, таких як переробка відходів або енергоефективність.

Важливою складовою трансформації екологічної освіти є цифровізація. Сучасні цифрові інструменти дають змогу підвищити якість підготовки фахівців та урізноманітнити форми навчання. Геоінформаційні системи (ГІС) [4] дають змогу ефективно аналізувати просторові екологічні дані, проводити моніторинг, створювати прогностичні моделі змін довкілля. Вони також сприяють підвищенню цифрової грамотності студентів.

Моделювання екологічних процесів [5] є важливим засобом вивчення складних явищ, впливу антропогенної діяльності, прогнозування наслідків управлінських рішень. Завдяки використанню моделей формуються навички системного аналізу, ухвалення обґрунтованих рішень, розуміння складних взаємозв’язків у довкіллі.

Цифрові лабораторії [6] забезпечують безпечне, доступне та ефективне середовище для проведення експериментів у віртуальному форматі. Вони особливо актуальні у дистанційній формі навчання, а також як засіб для закріплення практичних навичок у відсутність обладнаних лабораторій.

Таким чином, сучасна екологічна освіта має ґрунтуватися на поєднанні глибоких теоретичних знань, активної практичної діяльності та використанні цифрових технологій. Впровадження STEM-підходів, ГІС, моделювання та цифрових лабораторій сприяє формуванню компетентного фахівця, готового до викликів XXI століття та спроможного зробити внесок у збереження довкілля і сталий розвиток суспільства.

Для подальшого вдосконалення підготовки екологів необхідно:

- активізувати міжнародну співпрацю у сфері екологічної освіти;
- розвивати програми обміну досвідом між університетами;
- залучати бізнес до фінансування досліджень та створення інноваційних навчальних майданчиків.

Лише комплексний підхід до підготовки екологів дозволить забезпечити якісну освіту, яка відповідатиме потребам сучасного світу.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Закон України Про вищу освіту. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1556-18#Text

2. Нічуговська Л. І., Ніколенко Л. М. та ін. // Інноваційна педагогічна діяльність як чинник формування життєтворчої компетентності здобувача освіти: моногр. 2022. 484 с.

3. STEM-освіта. URL: https://imzo.gov.ua/stem-osvita/

4. Порівняння веб-картографії: 5 платформ, які варті уваги. URL: https://portalgis.pro/geoinformaczijni-systemy/5-najkrashhyh-veb-kartografichnyh-platform-bytva-veb-gis/

5. Особливості моделювання екологічних процесів. URL: https://kegt.rshu.edu.ua/images/dustan/mpos.pdf

6. Цифрові лабораторії URL: https://dixi.education/laboratory-complexes/

МІЖНАРОДНА СПІВПРАЦЯ У СФЕРІ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ ЯК ПРЕДМЕТ ВИКЛАДАННЯ У ВИЩІЙ ШКОЛІ

М.В. Ільїна

Інститут демографії та проблем якості життя НАН України, Київ, Україна,
головний науковий співробітник, maria_ilina@ukr.net

Глобалізація та технологічний розвиток мають не лише позитивний вплив на якість життя людини, але й спричиняють деградацію та забруднення довкілля, виснаження природних ресурсів, кліматичні зміни. Сучасна економічна наука досліджує ці проблеми і шляхи їх вирішення в межах економіки природокористування – наукового напряму про раціональне використання природних ресурсів, ефективне управління й охорону навколишнього середовища.

Посилення уваги світової спільноти до екологічної проблематики зумовлено насамперед транскордонним характером процесів забруднення довкілля, що є одним із найбільш негативних для міжнародних відносин наслідків природокористування [1, с. 47]. Транскордонне забруднення довкілля призводить до необхідності удосконалення сучасних систем управління природокористуванням саме з урахуванням глобальних наслідків антропогенної діяльності та її здатності впливати на стан довкілля в інших, не лише сусідніх державах. Однак проблематика транскордонного забруднення довкілля, задачі та методи його контролю, оцінка наслідків і шляхи попередження і досі не стали невід'ємною частиною економіки природокористування. Включення до неї транскордонного контексту може відбуватися двома шляхами – поетапної інтродукції у перелічені напрями або формуванням окремого предмету, що мав би на меті дослідження економічних наслідків транскордонного забруднення довкілля; розробку методів оцінювання цих наслідків; впровадження економічних механізмів попередження відповідних загроз; оцінку ефективності капітальних вкладень у систему превентивних заходів; визначення перспектив розвитку промислових виробництв з урахуванням ризиків транскордонних забруднень та ін..

Потреба розширення предметного поля економіки природокористування за рахунок проблематики транскордонного забруднення довкілля важлива ще й тому, що це безсумнівно вплине на формування тематичних навчальних програм у закладах вищої освіти. Це, зокрема, такі навчальні дисципліни, як «Економіка природокористування», «Екологічна безпека», «Збалансоване природокористування» тощо. Підготовка фахівців – економістів, інженерів, екологів у сфері економічної безпеки підприємств, охорони навколишнього середовища і технологій його захисту, раціонального природокористування, які володітимуть знаннями та навиками оцінки й управління наслідками транскордонного забруднення довкілля, є важливим завданням у тому числі з огляду на євроінтеграційні прагнення України та руйнівний вплив воєнних дій на весь європейський континент.

Метою дослідження є оцінка практики включення проблематики транскордонного забруднення довкілля у тематичні робочі програми, що викладаються у різних вищих

навчальних закладах України. Згідно з науковою гіпотезою, зазначена проблематика включена у робочі навчальні програми достатньою мірою – насамперед з огляду за євроінтеграційні наміри України й актуалізацію проблеми попередження транскордонного забруднення у міжнародному, вітчизняному законодавстві та практиці вирішення судових спорів. Дослідження особливостей викладання проблематики транскордонного забруднення довкілля у вищих навчальних закладах здійснено за допомогою методів поглибленого аналізу документації, структурного та семантичного аналізу тексту, порівняльного аналізу (для інтерпретації отриманих даних), узагальнення, а також якісного контент-аналізу. Емпірична частина дослідження включає поглиблене вивчення робочих навчальних програм тематичних освітніх дисциплін – «Економіка природокористування», «Збалансоване природокористування», «Екологічна безпека», які викладаються у вищих навчальних закладах різних регіонів України [2].

Проаналізовані навчальні програми, які містили в середньому від 10 до 20 лекційних занять, не мають окремих тем, присвячених транскордонному забрудненню довкіллю. Це суперечить очікуваним результатам навчання, серед яких здебільшого міститься мета навчання студентів особливостям сучасної світової та національної економіки, а також зовнішньої політики держави. Окремі питання транскордонного забруднення висвітлюються в межах таких тем лекційних, семінарських занять та самостійних завдань: світові екологічні проблеми та задачі природокористування; еколого-економічні проблеми попередження й усунення забруднення компонентів навколишнього середовища; визначення збитків від забруднення елементів природного середовища та галузей народного господарства; раціональне природокористування в умовах інтенсивного розвитку паливно-енергетичного та агро-промислового комплексу; планування охорони атмосферного повітря, водних ресурсів, рослинного та тваринного світу; державного управління у сфері використання природних ресурсів і охорони довкілля; міжнародне співробітництво з екологічних проблем, природоохоронна політика зарубіжних країн, міждержавні угоди; природокористування в контексті сталого розвитку / біосферної парадигми.

Метою навчання економіці природокористування має бути формування у студентів сучасного еколого-економічного мислення (сутність екологічних впливів, взаємозв'язок економічної діяльності зі станом довкілля забруднення, специфіку перенесення забруднень тощо), а також розуміння шляхів подолання відповідних екологічних проблем. Однак у проаналізованих робочих програмах міститься здебільшого пересурсний підхід до управління природокористуванням (земельні, водні, лісові ресурси, атмосферні повітря, біорізноманіття), наголошується на особливостях використання цих ресурсів у виробничій діяльності, їх розміщення, технологій експлуатації, розрахунок вартості. Також присутня орієнтація на ознайомлення майбутніх фахівців зі специфікою глобальних екологічних криз та катастроф; натомість шляхи подолання таких криз, включаючи їхній транскордонні контекст, походження та причини, не представлено.

В межах дослідження досвіду викладання у вищих навчальних закладах проблематики транскордонного забруднення довкілля проаналізовано низку тематичних робочих навчальних програм. Зроблено висновок, що більшість із них зосереджені на висвітлені проблем забруднення навколишнього природного середовища України та її регіонів, в окремих випадках – на екологічних проблемах підприємств, включаючи оцінку економічних збитків господарській діяльності від забруднення земельних, водних ресурсів, атмосферного повітря, знищення й пошкодження лісів). Практично всі навчальні курси спрямовані на надання здобувачам знань про раціональне й ефективне використання природно-ресурсного потенціалу у промисловому комплексі, а також про відповідний міжнародний досвід і співробітництво у сфері охорони навколишнього середовища. Хоча окремо тут не виділяється транскордонний контекст, автори та розробники навчальних дисциплін мають змогу висвітлювати відповідне питання більш грунтовно, не обмежуючись викладом інформації про глобальні екологічні проблеми, міжнародні інституції та процеси. Найбільш повно проблематика транскордонного забруднення довкілля висвітлюється в межах дисципліни

«Екологічна безпека», що з одного боку є виправданим, а з іншого боку свідчить про суттєве обмеження вітчизняними науковцями та практиками розуміння економіки природокористування як галузі знань, одним із предметом дослідження якої і є власне екологічна безпека.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1 Ніколаєв, Ю., Андреєва, Є. // Сучасні проблеми економіки природокористування. 2021. 47-49.

2 Ільїна М. // Educere et Educare. 2024. 19 (49): 25-44. Режим доступу: https://e-revista.unioeste.br/index.php/educereeteducare/article/view/32873 (дата доступу: 04.05.2025).

МОВА ПРОГРАМУВАННЯ R ЯК ПЛАТФОРМА ДЛЯ МАШИННОГО НАВЧАННЯ І АНАЛІЗУ ДАНИХ БІОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

А.С. Матвєєнко[1], І.О. Грецький[2]

Київський національний університет технологій та дизайну, м. Київ, Україна,
[1]студентка 1 курсу другого (магістерського) рівня вищої освіти,
matvieienkoayastasia@gmail.com
[2]кандидат біологічних наук, доцент кафедри біотехнології, шкіри та хутра,
ihorhretskyi@gmail.com

Вивчення біоінформатики залишається серйозним викликом для студентів біологічних спеціальностей попри всю значущість аналізу біологічних даних. Причини цієї складності пов’язані з міждисциплінарною природою біоінформатики. Для ефективного опанування аналізу даних студент повинен одночасно володіти знаннями в галузі молекулярної біології, базовими принципами програмування, методами статистичного аналізу, а також навичками роботи з базами даних. Для студентів-біотехнологів особливо складними є питання алгоритмічного мислення та логіки програмування, оскільки ці компетенції традиційно не займають центрального місця в навчальних програмах. У цьому контексті інтеграція методів машинного навчання (ML) в освітній процес, пов’язаний з аналізом біологічних даних, відкриває нові можливості для гнучкого, адаптивного та ефективного навчання, надаючи інструменти для автоматизованого аналізу, класифікації та прогнозування.

Однією з популярних платформ для реалізації ML-алгоритмів є мова програмування R, яка спочатку розроблялася для статистичного аналізу, а сьогодні активно використовується як у наукових дослідженнях, так і в освіті. R поєднує багатий набір статистичних методів, бібліотек для ML і забезпечує зручне середовище для аналізу та візуалізації біологічних даних. Серед бібліотек R, що охоплюють широкий спектр методів машинного навчання, користувачі завдяки таким пакетам, як caret, mlr3 та іншим можуть реалізовувати повний цикл моделювання: підготовку даних, побудову моделей, їх валідацію та інтерпретацію результатів. Особливою перевагою є інтеграція ML-інструментів із функціями статистичного аналізу, візуалізації (ggplot2), а також доступом до біологічних баз даних через спеціалізовані пакети Bioconductor.

Для реалізації методів ML у середовищі R особливе місце займає пакет caret (Classification and Regression Training), який створений для спрощення процесу побудови моделей машинного навчання. Основні функціональні можливості пакета включають: попередню обробку даних (нормалізація, імітація відсутніх значень, вибір ключових змінних через методи оцінки важливості), побудову моделей з використанням широкого спектра алгоритмів (понад 200 моделей), автоматизацію процесу пошуку оптимальних гіперпараметрів за допомогою перехресної перевірки [1].

Серед основних функцій пакета caret слід виокремити наступні:

- preProcess() - виконує попередню обробку даних, включаючи нормалізацію, масштабування та імпутацію пропущених значень.
- train() - є основною у побудові моделей, підтримує широкий вибір алгоритмів класифікації та регресії.
- trainControl() - забезпечує налаштування перехресної перевірки, контроль за процесом навчання моделей.
- varImp() - оцінює важливість змінних для побудованої моделі.
- confusionMatrix() - генерує матрицю помилок для оцінки продуктивності класифікаційних моделей.
- resamples() - дозволяє аналізувати результати перехресної перевірки для різних моделей.

Головними перевагами пакету є: простота інтеграції та використання завдяки єдиному інтерфейсу для різних моделей, потужний набір інструментів для попередньої обробки та великий вибір алгоритмів. Однак, caret має декілька суттєвих недоліків, це - обмежена масштабованість для великих наборів даних та нездатність підтримувати сучасні методи глибокого навчання [1].

Пакет mlr3 є сучасною платформою для машинного навчання, розробленим з акцентом на гнучкість, модульність та продуктивність. Основні особливості пакета включають: зручний дизайн, який дозволяє інтеграцію нових моделей і методів, підтримку паралельних обчислень для прискорення обробки та вбудовані засоби для автоматизації експериментів, включаючи обробку відсутніх значень, пошук гіперпараметрів та оцінку моделей. Пакет mlr3 має багато різних функцій, однак, найбільш вживаними є:

- Task() - визначає структуру даних та тип завдання (класифікація, регресія тощо).
- Learner() - інкапсулює алгоритм навчання, містить інформацію про параметри та функціонал моделі.
- Resampling() - реалізує стратегії перехресної перевірки, розбиття даних на навчальні та тестові набори.
- Benchmark() - дозволяє порівнювати продуктивність кількох моделей або алгоритмів.
- Autotuner() - автоматизує пошук оптимальних гіперпараметрів для моделей.
- PipeOp() - використовується для побудови складних конвеєрів обробки даних.
- Measure() - містить метрики для оцінки продуктивності моделей, такі як RMSE, AUC, F1-score.

Перевагами пакету є: 1) висока продуктивність та масштабованість, оскільки є інструменти для розширеного аналізу та візуалізації моделей; 2) сучасний дизайн з підтримкою багатьох новітніх алгоритмів та методів; 3) добре документована структура та активна підтримка спільноти [2].

Стосовно недоліків пакета mlr3 варто зазначити, що існує відносна складність для початківців через багатошаровий дизайн та деякі обмеження у підтримці окремих менш поширених алгоритмів.

Вибір програмного пакета залежить від характеру аналітичного завдання. У випадках, коли необхідно реалізувати базові алгоритми машинного навчання, зокрема дерева рішень, метод опорних векторів або логістичну регресію, доцільним є використання пакета caret, який забезпечує зручний і стандартизований інтерфейс для моделювання. Натомість для більш складних задач, що потребують високої обчислювальної ефективності, роботи з великими наборами даних, застосування складних моделей і можливостей масштабування, доцільно обрати пакет mlr3. Зокрема, mlr3 надає розширені функції для автоматизації експериментів, багатокритеріальної оцінки моделей та інтеграції з паралельними обчисленнями, що робить його ефективним інструментом у контексті великомасштабного аналізу.

Пакети caret та mlr3 забезпечують широкий спектр інструментів для побудови, налаштування та оцінювання моделей машинного навчання у середовищі R. Вибір між ними визначається специфікою поставленого завдання, доступними обчислювальними ресурсами та рівнем підготовки дослідника щодо відповідного інструментарію. У деяких випадках комбіноване використання обох пакетів може бути доцільним, оскільки дозволяє поєднати простоту реалізації базових моделей (caret) із гнучкістю та масштабованістю, яку пропонує mlr3.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Kuhn M. // Journal of Statistical Software. 2008. 28(5): 1–26.
2. Lang M., et al. // Journal of Open Source Software. 2019. 4(44): 1903.

ФОРМУВАННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ СВІДОМОСТІ У МАЙБУТНІХ ФАХІВЦІВ ПРИРОДНИЧИХ НАУК: ДОСВІД ДАНІЇ ТА НІДЕРЛАНДІВ

Ю.О. Шелахова[1], О.М. Масюк[2]

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара, Дніпро, Україна,
[1,2]студенти бакалавру кафедри біорізноманіття та екології, shelaughs10@gmail.com

Екологічні проблеми, з якими стикаються сучасні суспільства, є одними з найважливіших викликів для всього людства. Підвищення рівня забруднення навколишнього середовища, зміни клімату та деградація природних ресурсів вимагають серйозного реагування, зокрема через освіту. Одним із важливих напрямків є екологічне виховання, яке має на меті формування в учнів усвідомленого ставлення до природи, розвитку навичок відповідального використання природних ресурсів та участі у збереженні довкілля. Важливою є адаптація міжнародного досвіду в екологічному вихованні для покращення системи освіти в Україні, зокрема в контексті підготовки фахівців природничих наук.

Метою екологічного виховання є формування екологічної свідомості серед учнів, а також розвиток практичних навичок для вирішення екологічних проблем. Важливою складовою є інтеграція екологічних тем у навчальні програми, що дозволяє глибше зрозуміти взаємозв'язок між людиною та природою, а також сприяє підготовці осіб, здатних брати участь у розв'язанні екологічних викликів.

Данія та Нідерланди мають свої специфічні підходи до екологічного виховання, які враховують національні проблеми та ресурси, а також міжнародні стандарти.

Основними забруднювачами повітря в Данії є дрібнодисперсні частки, діоксид азоту та озон, що мають серйозний вплив на здоров'я людини. За останні 125 років температура в країні підвищилася на 1,2°C, що спричинило інтенсивні опади, підвищення рівня моря та зміни екосистем. Використання добрив і пестицидів у сільському господарстві призводить до забруднення ґрунтів і водоносних горизонтів.

Однією з важливих віх у розвитку екологічної освіти в Данії є включення екологічних проблем до змісту професійних освітніх програм для педагогів. Це забезпечує формування екологічної свідомості серед майбутніх учителів. Крім того, велике значення надається самоосвіті педагогів і міждисциплінарній підготовці, що дозволяє покращити розуміння екологічних процесів та їх впливу на різні сфери життя.

Міжнародна та національна співпраця Данії зі скандинавськими країнами включає екологічні проєкти, такі як: «Освіта в галузі навколишнього середовища в Скандинавії»; «Балтійське море»; «Північне море»; «Північний симпозіум»; «Чисті річки»; «Кислотні дощі»; «Зелений прапор».

Ці ініціативи сприяють розвитку екологічної освіти, розширенню міждисциплінарної підготовки та забезпеченню доступу до навчальних матеріалів для учнів і педагогів. Також важливою частиною екологічного виховання є вивчення екологічного стану морських берегів через освітні проєкти [1].

Нідерланди є однією з країн із найвищою щільністю поголів'я худоби в Європі, що призводить до значних викидів аміаку та оксидів азоту. Основними забруднювачами повітря в Нідерландах є діоксид азоту та озон. Інтенсивне сільське господарство спричиняє забруднення вод нітратами та пестицидами. Підвищення температури веде до теплових хвиль, поширення хвороб, пов'язаних з водою та їжею, а також до збільшення кількості алергій та респіраторних захворювань. Урядові заходи щодо скорочення викидів азоту викликали протести фермерів, які вважають ці заходи загрозою для свого існування.

У Нідерландах активно застосовуються індивідуальний і диференційований підходи до навчання, що дозволяють дітям з різними можливостями та здібностями розвиватися відповідно до своїх потреб. Важливим принципом навчання в початкових школах є дитиноцентризм, що дає дітям більше свободи для самовираження та розвитку своїх інтересів. [2].

Екологічне виховання в Нідерландах реалізується через різноманітні тематичні лінії, що дають дітям змогу глибше зрозуміти взаємозв'язок між людиною та природою. Особливу увагу приділяється дослідницькій діяльності, яка може тривати кілька місяців. Результати цих досліджень зберігаються в портфоліо учнів. Важливим елементом є створення спеціальних інформаційних куточків у школах, що чітко визначають тему, мету та термін дослідження, що забезпечує прозорість процесу навчання [3].

Інтердисциплінарний підхід є основою екологічної освіти в Нідерландах. Екологічні теми вплітаються в усі навчальні предмети. Наприклад, діти можуть вивчати процес вирощування тюльпанів, визначення відсоткового відношення рослин, які не проростають за несприятливих кліматичних умов, будівництво годівниць, кількість і різноманітність добору кормів для тварин, догляд за плодовими та декоративними деревами, визначення знижок у магазинах на овочі, вирощені на власних земельних ділянках. [4].

Система екологічної освіти в Нідерландах також передбачає розвиток гносеологічно-діяльнісної моделі, яка поєднує пізнавальну діяльність з практичною природоохоронною роботою. Ця модель сприяє розвитку ціннісного ставлення школярів до природи, акцентуючи увагу на необхідності оптимального співіснування людини і природи. Інтеграція екологічних знань у різні навчальні дисципліни через міжпредметний підхід дозволяє дітям глибше розуміти принципи сталого розвитку та брати активну участь у збереженні природи [5]. Також під контролем уряду здійснюється проєкт з охорони ландшафтів.

Отже є спільні риси – інтеграція екологічної тематики в усі освітні рівні, міждисциплінарність та акцент на практичну діяльність. У той же час Данія більше орієнтується на професійну підготовку педагогів та регіональне співробітництво, тоді як Нідерланди приділяють значну увагу дослідницьким проєктам школярів та персоналізації освітнього процесу.

В Україні доцільно впроваджувати аналогічні методи та підходи до екологічного виховання, зокрема, слід звернути увагу на: інтердисциплінарний підхід, який дозволяє інтегрувати екологічні теми в різні навчальні предмети; практичну орієнтацію навчання, що дозволяє учням застосовувати отримані знання в реальних життєвих ситуаціях; проєкти досліджень з екологічної тематики, які б тривали впродовж року і включали в себе портфоліо учнів; підготовку педагогів з акцентом на екологічне виховання та розвиток міждисциплінарних навичок. Ці методи дозволять підвищити ефективність екологічної освіти в Україні та сприятимуть формуванню свідомого ставлення до природних ресурсів серед майбутніх поколінь.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Т.А. Сафранов, А.В. Чугай, В.Г. Ільїна // Проблеми екологічної освіти України: навч. посіб. 2023. С. 62.
2. M.Galton, B.Moon (ed.) // Hendbook of teacher training in Europe: issues end trends. 1994. 228 p.
3. Власова О.І. // Педагогічна психологія: навч. посіб. 2005. 400 с.
4. Деркач О.І. // Педагогічний дискурс. 2013. 14: 160 – 163.
5. Швед М.С. // Вісник Львів. ун-ту. Сер. Педагогічна. 2003. 17: 169-170.

ІНТЕГРАЦІЯ МІЖДИСЦИПЛІНАРНИХ ЗНАНЬ У ПІДГОТОВЦІ ФАХІВЦІВ З БІОТЕХНОЛОГІЇ: ПЕДАГОГІЧНІ СТРАТЕГІЇ ТА МЕТОДИЧНІ РІШЕННЯ

О.Г. Швець

Сумський НАУ, м. Суми, Україна,
доцент кафедри біотехнології та хімії, olgvlasenko@gmai.com

Підготовка висококваліфікованих фахівців з біотехнології є складним педагогічним завданням, що вимагає не лише глибокого засвоєння окремих дисциплін, але й формування здатності до інтеграції міждисциплінарних знань. Сучасна біотехнологічна галузь характеризується стрімким розвитком та охоплює широкий спектр застосування у медицині, сільському господарстві, харчовій промисловості та охороні довкілля, що зумовлює необхідність формування у студентів цілісного наукового світогляду та навичок комплексного застосування знань для вирішення складних практичних проблем.

Наш власний досвід викладання хімічних дисциплін на факультеті агротехнологій та природокористування переконує у необхідності інтеграції змісту хімічних і фахових навчальних дисциплін. Ми вважаємо, що реалізація компетентнісно-інтегративного підходу дозволить вдосконалити хімічну освіту в аграрному ВНЗ і допоможе сформувати професійні компетентності студентів на більш високому якісному рівні.

Сучасна дидактика вищої школи розглядає міждисциплінарну інтеграцію як ключовий принцип, що сприяє не лише глибшому засвоєнню навчального матеріалу, але й формуванню системного, критичного та творчого мислення студентів. У контексті біотехнологічної освіти, де на стику різних наукових галузей народжуються нові технології, інтеграція знань набуває особливого значення. Йдеться про усвідомлення студентами єдності природничо-наукової картини світу, розуміння фундаментальних хімічних та біологічних процесів як основи функціонування живих систем на різних рівнях організації, а також про здатність застосовувати інженерні підходи для розробки та масштабування біотехнологічних виробництв, враховуючи при цьому етичні та соціально-економічні наслідки їхнього впровадження.

Розглядаються різні теоретичні моделі міждисциплінарної інтеграції, включаючи концептуальну інтеграцію (поєднання основних понять та принципів різних дисциплін), тематичну інтеграцію (вивчення міждисциплінарних тем, що розглядаються з різних наукових перспектив), проблемно-орієнтовану інтеграцію (вирішення складних міждисциплінарних проблем) та інтеграцію на рівні методології дослідження. Адаптація цих моделей до специфіки підготовки біотехнологів є ключовим завданням для забезпечення якісної освіти.

Практична реалізація міждисциплінарної інтеграції в навчальному процесі передбачає застосування комплексу педагогічних стратегій та методичних рішень. Ефективними підходами є проблемно-орієнтоване навчання та навчання на основі проєктів (PBL), що дозволяє студентам комплексно застосовувати знання з хімії, біології, інженерії та інших дисциплін для аналізу та розв'язання реальних біотехнологічних проблем, таких як розробка

нових діагностичних систем, створення біопалив, оптимізація процесів біоремедіації або конструювання генетично модифікованих організмів. Розгляд конкретних ситуацій (навчальних кейсів) сприяє розумінню практичного контексту міждисциплінарних зв'язків через аналіз конкретних виробничих ситуацій та наукових досліджень. Інтегровані лабораторні роботи та практикуми, а також науково-дослідні проєкти забезпечують можливість практичного застосування теоретичних знань через проведення експериментів, що поєднують методи різних наукових галузей (наприклад, хімічний аналіз біологічних зразків, біоінженерне конструювання, молекулярно-генетичні дослідження). Використання сучасних інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ) дозволяють створювати інтерактивні навчальні середовища, що візуалізують складні біотехнологічні процеси на молекулярному та клітинному рівнях, сприяючи глибшому розумінню міждисциплінарних зв'язків. Крім того, залучення до навчального процесу фахівців з різних галузей біотехнології через гостьові лекції та семінари сприяє формуванню цілісного уявлення про професійну діяльність. Водночас, розвивати інваріантну частину підготовки майбутніх фахівців можна за рахунок створення курсів за вибором, які дозволять розробити навчальні програм, що інтегрують знання з різних дисциплін навколо ключових біотехнологічних тем (наприклад, біофармацевтика, промислова біотехнологія, екологічна біотехнологія).

Особливої уваги в підготовці біотехнологів, на нашу думку, потребує формування високого рівня професійної відповідальності, що забезпечується інтеграцією з етичними дисциплінами, зокрема «Основи біобезпеки та біоетики» у навчальному процесі. Обговорення актуальних етичних дилем, аналіз нормативно-правової бази та формування критичного мислення щодо соціальних наслідків біотехнологічних розробок є важливими елементами підготовки відповідальних фахівців.

Забезпечення формування передбачених нормативними документами компетентностей і програмованих результатів навчання у практиці викладання хімічних дисциплін для студентів-біотехнологів реалізується за рахунок розвитку універсальних предметних компетенцій, серед яких: використання одержаних знань про основні хімічні поняття і закони для розв’язання навчальних завдань якісного і кількісного характеру, що мають біотехнологічне спрямування; з’ясування взаємозалежності між складом, будовою, властивостями біомолекул та інших сполук, що використовуються в біотехнології, їхнім впливом на біологічні системи та довкілля; володіння загальнонауковими та спеціальними хімічними методами дослідження із застосуванням сучасного хімічного та біотехнологічного обладнання для аналізу біологічних об'єктів та біотехнологічних процесів; здійснення інтерпретації, оцінки та подання інформації щодо результатів дослідження у вигляді їх розрахункової, статистичної та графічної обробки, що є важливим для біотехнологічних систем; дотримання правил безпеки та здатність оцінювати ризик використання хімічних і біологічних речовин у біотехнологічних лабораторіях та виробництвах; самостійне теоретичне і практичне здобуття хімічної та біотехнологічної інформації та її узагальнення у вигляді звіту, доповіді, презентації, наукової публікації.

Вивчення дисциплін хімічного циклу також сприяє розвитку таких важливих софт-скілів, як тайм-менеджмент, комунікаційні та міжособистісні компетенції, здатність адаптуватися до нових ситуацій та приймати рішення, що є критично важливим для успішної кар'єри в галузі біотехнологій.

Таким чином, ми виділяємо дві педагогічні умови ефективного застосування компетентнісно-інтегративного підходу до навчання хімії здобувачів галузі знань "Біотехнологія та біоінженерія": інтегративний підхід та інтеграція змісту навчальних дисциплін; інтеграція методів, перш за все активних, і форм навчання, необхідних для реалізації мети дослідження. Саме тому при розробці ОПП, навчальних планів і силабусів окремих дисциплін, у першу чергу хімічного циклу, нами було здійснено модернізацію їх змісту за рахунок залучення міждисциплінарного підходу, що відображає специфіку біотехнологічної галузі. Застосування комплексу педагогічних стратегій та методичних рішень, що поєднують фундаментальні знання з практичним досвідом, дослідницькою

діяльністю та етичною свідомістю, є запорукою формування у студентів цілісного наукового світогляду та необхідних професійних компетенцій.

Наукове електронне видання
Можна використовувати в локальному та мережному режимах

АКТУАЛЬНІ ПИТАННЯ БІОТЕХНОЛОГІЇ, ЕКОЛОГІЇ ТА ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ

МАТЕРІАЛИ МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ

14–15 травня 2025 р.

Відповідальні за випуск: *В.М. Михайлов,*
О.В. Щербак,
М.Д. Безуглий,
Л.В. Головань,
І.В. Гноєвий

Комп'ютерна верстка: *І.М. Бузіна, Л.С. Мироненко*

Техн. редактор *Л.Ю. Кротченко*

Підп. до друку 07.05.2025 р. Об'єм даних 2,02 Мб.

Державний біотехнологічний університет
Вул. Алчевських, 44, Харків, 61002