



**ПЕРСПЕКТИВИ ВИРОБНИЦТВА
БІОСІРОВИНИ ЕНЕРГЕТИЧНИХ
КУЛЬТУР НА РЕКУЛЬТИВОВАНИХ
ЗЕМЛЯХ**

**МАТЕРІАЛИ
МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ
КОНФЕРЕНЦІЇ**

Міністерство освіти і науки України
Дніпровський державний аграрно-економічний університет
БЕТА технологічний центр (Вік, Іспанія)
Чеський університет природничих наук (Прага, Чехія)

**ПЕРСПЕКТИВИ ВИРОБНИЦТВА БІОСИРОВИНИ
ЕНЕРГЕТИЧНИХ КУЛЬТУР НА РЕКУЛЬТИВОВАНИХ
ЗЕМЛЯХ**

МАТЕРІАЛИ
МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ,
ПРИСВЯЧЕНОЇ 100-РІЧЧЮ ДНІПРОВСЬКОГО ДЕРЖАВНОГО АГРАРНО-
ЕКОНОМІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ (ДДАЕУ) ТА 60-РІЧЧЮ НАУКОВОЇ ШКОЛИ
З РЕКУЛЬТИВАЦІЇ ЗЕМЕЛЬ ДДАЕУ

м. Дніпро, 23–24 червня 2022 року

**Ministry of Education and Science of Ukraine
Dnipro State Agrarian and Economic University
BETA Technological Center (Spain)
Czech University of Life Sciences (Prague, Czech Republic)**

**PROSPECTS OF BIOENERGY CROPS
FEEDSTOCK PRODUCTION ON
RECLAIMED MINE LANDS**

**MATERIALS
OF INTERNATIONAL SCIENTIFIC AND ADVANCED CONFERENCE
DEDICATED TO THE 100TH ANNIVERSARY OF THE DNIPRO STATE AGRARIAN AND
ECONOMIC UNIVERSITY (DSAEU) AND THE 60TH ANNIVERSARY OF THE SCIENTIFIC
SCHOOL OF LAND RECLAMATION OF THE DSAEU**

Dnipro, 23–24 June, 2022

Dnipro – 2022

УДК 57.084: 652.631

П 26

Перспективи виробництва біосировини енергетичних культур на рекультивованих землях: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції. Дніпро : ДДАЕУ, 2022. 235 с.

Висвітлено сучасні проблеми оптимізації ресурсного потенціалу маргінальних земель та фіторемедіації ґрунтів. Наведено новітні технологічні прийоми вирощування біоенергетичних культур, технології переробки біосировини на біопаливо та біоматеріали. Відмічено тенденції розвитку нових форм рекультивації порушених гірничорудними розробками земель та екологічні ризики техногенного забруднення довкілля, спричиненого російською військовою агресією.

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ:

М.М. ХАРИТОНОВ, Ю.І. ГРИЦАН (наукові редактори); П.В. ВОЛОХ, Ю.І. ТКАЛІЧ, М.Я. ГУМЕНТИК, Л.А. ФРОЛОВА, О.В. ГЕЛЬМАН, Т.В. ТИМОЧКО, О.О. МИЦИК; Н.В. ГОНЧАР (відповідальний секретар)

© Дніпровський державний
аграрно-економічний
університет, 2022

ЗМІСТ

СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ ОПТИМІЗАЦІЇ РЕСУРСНОГО ПОТЕНЦІАЛУ МАРГІНАЛЬНИХ ЗЕМЕЛЬ

Кобець А.С., Грицан Ю.І., Ткаліч Ю.І., Харитонов М.М. Перспективи виробництва біосировини енергетичних культур на рекультивованих землях Дніпропетровської області.....	10
Рахметов Д.Б., Рахметова С.О. Науково-прикладні засади мобілізації та використання нових енергетичних культур для оптимізації фіторесурсного потенціалу маргінальних земель України.....	12
Роїк М.В., Ганженко О.М. Цілі України на шляху до побудови низьковуглецевої економіки.....	17
Блінов Д.В., Трус І.М. Принципи правової охорони та раціонального використання ґрунтів.....	20
Бунчак О.М., Бахмат М.І., Сендецький В.М. Виробництво і застосування органічних добрив із збалансованим умістом тривалентного хрому	21
Вольвач О.В. Вирощування світчґрасу в Сумській області як передумова покращення стану ґрунтів в контексті майбутніх змін клімату.....	24
Галицька М.А., Писаренко П.В., Самойлік М.С. Стійкість динамічних процесів емісії та депонування вуглецю в насадженнях енергетичних культур на маргінальних ґрунтах	28
Головко Т.В., Настека Т.М. Адаптація міжнародного досвіду щодо збагачення ґрунтів Полісся України	31
Дацко Т.М., Качмар Н.В., Іванків М.Я., Дидів А.І. Екологічні проблеми експлуатації техногенних утворень вуглезбагачення на ПАТ «Львівська вугільна компанія».....	34
Дегтярьов Ю.В. Генеза деградованих ґрунтів на прикладі агрочорноземів.....	38
Зосимчук М.Д., Зосимчук О.А., Лукашук В.П. Вирощування верби прутovidної на органогенних ґрунтах Західного Полісся.....	41
Ладичук Д.О., Шапоринська Н.М. Шляхи збереження темно-каштанових ґрунтів на Інгулецькому зрошуваному масиві.....	43
Мицик О.О., Гончар Н.В., Гаврюшенко О.О., Пашова В.Т., Лемішко С.М. Еколого-едафічна оцінка придатності рекультивованих земель для вирощування енергокультур.....	46
Шевчук В.О. Визначення біоенергетичного потенціалу відновлюваних земель як фізико-економічна передумова рекультиваційної стратегії.....	47
Юрченко В.В., Бирка О.В., Фесенко А.М. Основні шляхи оптимізації маргінальних земель.....	52
Якуба М.С., Горбань В.А. Досвід та перспективи виробництва біосировини деревних порід на рекультивованих землях Західного Донбасу.....	55

Chushkina Iryna, Maksymova Nataliia, Hunek Roubík Analysis of granulometric composition of agricultural land soils near the overburden heap	59
Tkachenko S.A., Potyshniak O.M., Poliakova Y.S., Tkachenko V.A. Grouping of reserves according to the elements of the method of use and sources of their formation.....	61
НОВІТНІ ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРИЙОМИ ВИРОЩУВАННЯ БІОЕНЕРГЕТИЧНИХ КУЛЬТУР	
Волоха М.П., Болдирєва Л.В., Кісілевська М.О. Удосконалення сучасної гичкозбиральної техніки щодо покращення якості бурякоцукрової сировини.....	64
Гарбар Л.А., Гнедов К.К., Антал Я.М. Вплив умов живлення на ріст та розвиток гібридів кукурудзи.....	66
Гарбар Л.А., Паньовін Р.Р. Вплив умов живлення на перезимівлю ріпаку озимого.....	68
Дьомін Д.Г., Кулик М.І. Рівень врожайності біомаси у різновидових посівах малопоширених енергетичних культур.....	70
Єрмаков С.В., Гуцол Т.Д., Кучер О.В. Розробка живильника автоматичної подачі живців при садінні енергетичної верби.....	73
Зосимчук М.Д. Перспективи вирощування біоенергетичних культур на торфових ґрунтах Західного Полісся.....	76
Квак В.М., Цвігун Г.В. Агрономічні аспекти вирощування міскантусу гігантського (<i>Miscanthus × giganteus</i>) на маргінальних землях для виробництва твердого біопалива.....	79
Корнєєва М.О., Тимчишин С.М. Генетична цінність батьківських форм при створенні енергетичних цукрово-кормових гібридів буряків.....	82
Лопушняк В.І., Полутренко М.С., Грицуляк Г.М., Баран Б.Б. Кореляційна залежність продуктивності біомаси від біометричних показників трав'янистих енергетичних культур.....	85
Любич В. В. Оцінювання гібридів кукурудзи за вмістом і виходом крохмалю.....	89
Мосійчук Я.Б., Діденко Н.О., Лавренко С.О., Мазуренко Б.О., Зосимчук М.Д., Харитонов М.М., Бабенко М.Г. Використання цукрового сорго для виробництва біопалива.....	92
Опанасенко О.Г., Вірьовка В.М. Технологічні аспекти вирощування міскантусу гігантського на осушуваних органогенних ґрунтах Лівобережного Лісостепу України.....	95
Поляков О.І., Нікітенко О.В., Алієва О.Ю. Продуктивність соняшника залежно від систем основного обробітку ґрунту за мінерального та сидерального удобрення.....	98
Симоненко Н.В. Короткостеблові зразки жита озимого для отримання екологічно безпечної зеленої маси.....	101
Харитонов М.М., Бабенко М.Г., Мартинова Н.В., Жисперт М. Ефективність внесення осаду стічних вод при вирощуванні міскантусу та світчґрасу на рекультивованих землях.....	103
Шейдик К.А., Савіна О.І. <i>Nicotiana rustica</i> в системі роду <i>Nicotiana</i>	105

Будішевська О.Г., Юринець І.В. Використання крохмалю для створення полімерного катіонного флокулянта.....	108
Ганженко О.М., Правда Л.А. Перспективи використання сорго цукрового для біоенергетики.....	110
Гармаш С.М., Харченко К.П. Перспективна екологічно безпечна технологія біопереробки відходів картоплі з отриманням біогазу.....	113
Гармаш С.М., Чередник О.М., Синичич Л.І. Ефективність отримання біоетанолу з овочевих відходів.....	115
Гументик М. Я. Використання біомаси та органічних відходів сільського господарства для виробництва теплової і електричної енергії.....	117
Завербний А.С., Петришин Н.Я. Перспективи застосування біопалива як елемент підвищення енергетичної безпеки економіки України за умов євроінтеграції.....	121
Іващук О.С. Альтернативне тверде паливо з відходів харчової промисловості.....	123
Коваль О.О., Олійнічук С.Т., Шейко Т.В. Комплексний підхід до переробки цукрового сорго з подальшим використанням подрібнених стебел як матриці для іммобілізації дріжджів при виробництві біоетанолу	125
Корінчук Д.М. Дослідження режимів хімічної активації торфу для використання як зв'язуючого в технологіях виробництва композиційного палива.....	126
Корнієнко І.М., Гуляєв В.М., Анацький А.С., Непошивайленко Н.О., Філімоненко О.Ю., Ястремська Л.С., Кузнєцова О.О., Барановський М.М. Європейський досвід біоконверсії рослинних відходів, перспективні ЕМ-технології в Україні.....	129
Кофанов О.Є., Василькевич О.І., Кофанова О.В., Степанов Д.М. Заміна каталізатора у процесі виробництва біодизельного палива.....	132
Попова О.П., Кулик М.І. Біоенергетичний напрямок використання та урожайний потенціал сорго цукрового.....	135
Сендецький В.М., Центило Л.В., Матвійчук О.В. Технологічні особливості виробництва органічних добрив методом пришвидшеної біологічної ферментації.....	137
Ткач О.В. Використання цикорію коренеплідного як біосировини для виробництва біоетанолу.....	141
Феденко В.С. Натуральний барвник із інвазійного виду рослин золотушника канадського.....	146
Чубур В.С. Вплив сумісного зброджування ко-субстратів на вихід біогазу.....	149
Rula I.V., Zolotovska O.V., Kharytonov M.M., Salas S.P. An estimation of the process of thermal destruction of the sunflower seed husk biomass.....	150

**ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ НОВИХ ФОРМ РЕКУЛЬТИВАЦІЇ
ПОРУШЕНИХ ГІРНИЧОРУДНИМИ РОЗРОБКАМИ ЗЕМЕЛЬ**

Антонік В.І., Антонік І.П. Стимулювання природного заростання відвалів – простий і надійний спосіб їх біологічної рекультивації.....	152
Грицуляк Г.М., Богославець В.В., Волошин Ю.Д. Технологія отримання та удосконалення виробництва глинопорошка.....	156
Зберовський О.В., Зорін Д.В. Біотестування токсичності субстратів ґрунту рекультивованих земель Вільногірського ГМК по проростках рослин-індикаторів.....	160
Чоботько І.І. Шляхи утилізації відходів вуглевидобувної промисловості.	163

**ЕКОЛОГІЧНІ РИЗИКИ ТЕХНОГЕННОГО ЗАБРУДНЕННЯ ДОВКІЛЛЯ,
СПРИЧИНЕНОГО РОСІЙСЬКОЮ ВІЙСЬКОВОЮ АГРЕСІЄЮ**

Вовк В.Ю. Оцінка сучасного стану відновлюваної енергетики України в умовах російської військової агресії.....	165
Глушук В.Р., Трус І.М. Забруднення ґрунтів внаслідок війни.....	168
Гоцій Н.Д., Кендзьора Н.З., Шуплат Т.І. Воєнний екоцид та вплив російської військової агресії на довкілля.....	171
Демчук Д.І., Кірейцева Г.В. Аналіз впливу збройної агресії росії на техногенно-екологічний стан в Україні.....	175
Дідовець Ю.Ю., Колосков В.Ю., Колоскова Г.М. Аналіз компонентів забруднення ґрунтів під час вибухів.....	179
Жежкун І.М. Еколого-економічні втрати лісового господарства України від російської військової агресії.....	181
Куліш І.М. Війна і сільськогосподарське виробництво: світовий досвід...	185
Купінець Л.Є. Економіко-екологічні збитки від псування земель сільськогосподарського призначення в регіонах активних військових дій..	187
Льовіна Н.В. Екологічне картографування зон техногенного забруднення довкілля, спричиненого російською військовою агресією.....	190
Остапенко Н.С., Бондаренко Л.В., Кириченко В.А., Крючкова С.В. До питання щодо екологічних наслідків, спричинених військовими діями на техногенно навантажених територіях України.....	193
Ступницька М.М., Матвійчук Л.Ю. Ризик радіоактивного забруднення спричиненого російською військовою агресією.....	196
Ткач Є.Д., Бунас А.А., Пилипчук Т.В. Поширення адвентивного виду <i>Iva xanthiifolia</i> Nutt. в Україні.....	199
Чуйко Д.В. Екологічні наслідки бойових дій для сільського господарства та навколишнього середовища України.....	202
Rupak Kumar Morpholine: A Man Made Micro-Pollutant and Its Impact on Environment.....	205

ФІТОРЕМЕДІАЦІЯ ҐРУНТІВ

Бузіна І.М. Фіторемедіаційні технології в агроландшафтних екосистемах	207
Галицька М.А., Кулик М.І. Фіторемедіаційні аспекти вирощування енергетичних культур в умовах Лісостепу України.....	210
Клименко І.І., Давидюк Г.В., Шкарівська Л.І., Довбаш Н.І. Вирощування кукурудзи для фіторемедіації сірого лісового ґрунту забрудненого свинцем.....	214
Климчик О.М. Біоремедіація ґрунтових систем від важких металів, пестицидів та нафтових забруднень.....	217
Мицик О.О., Гаврюшенко О.О. Зміна родючості розкритих гірських порід у процесі сільськогосподарського освоєння складними агрофітоценозами.....	220
Оліферчук В.П., Кендзьора Н.З., Самарська М.І. Фіторизоремедіація девастрованих земель (на прикладі території біля залізничних шляхів на ділянці колії Львів-Самбір).....	223
Писаренко П.В., Самойлік М.С., Диченко О.Ю. Очистка та відновлення техногенно забруднених ґрунтів біологічними методами.....	226
Varrah M., Alexiou-Ivanova T. A study of invasive plant <i>Andropogon Gayanus</i> and <i>Pennisetum Pedicellatum</i> for reclaiming Nigerian mined sites.....	230
Duque-Dussán, E., Rázková, Z., Banout, J. Using vetiver grass wetlands for improved coffee wet processing wastewater treatment.....	234

СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ ОПТИМІЗАЦІЇ РЕСУРСНОГО ПОТЕНЦІАЛУ МАРГІНАЛЬНИХ ЗЕМЕЛЬ

ПЕРСПЕКТИВИ ВИРОБНИЦТВА БІОСИРОВИНИ ЕНЕРГЕТИЧНИХ КУЛЬТУР НА РЕКУЛЬТИВОВАНИХ ЗЕМЛЯХ ДНІПРОПЕТРОВСЬКОЇ ОБЛАСТІ

А.С. Кобець, Ю.І. Грицан, Ю.І. Ткаліч, М.М. Харитонов
*Дніпровський державний аграрно-економічний університет,
м. Дніпро, Україна
agro@dsau.dp.ua*

Швидке виснаження природних ресурсів і деградація навколишнього середовища в усьому світі піднімають питання розробки інноваційних технологій біологічної рекультивації земель.

Дніпропетровська область знаходиться на південному сході України. Регіон займає територію 31923 км² (5,3 % загальної території України). Площа порушених гірничими розробками земель і промислових звалищ становить близько 200 тис. га, розташованих в декількох районах з родовищами марганцю, заліза, кольорових металів, уранових руд і вугілля. Видобуток та переробка корисних копалин на гірничо-видобувних підприємствах у природно-економічному регіоні Придніпров'я призвели до утворення значної площі рекультивованих земель та техногенних пустель. Такі маргінальні землі як кар'єрні та шахтні відвали, низькопродуктивні пасовища і луки, занедбані малоцінні землі тощо мають добрий потенціал для вирощування енергетичних рослин у якості вихідної сировини для біоенергетики та біопродуктів. В умовах сьогодення ці маргінальні землі можна розглядати як суттєвий ресурс постачання багатой вуглеводними компонентами біосировини, придатної для опалювання об'єктів муніципального значення та виробництва біоволокна, біопластику та біовугілля. Швидкорослі культури (міскантус, світчграс, тополя, верба, павловнія) можуть бути першим вибором для вирощування в таких районах. Однак отримання високих врожаїв сировини на маргінальних землях вимагає покращення фізико-хімічних властивостей ґрунту. Якщо воно

забезпечується з використанням традиційних добрив і вапна, це може істотно збільшити загальні витрати. Використання деяких відходів у якості нетрадиційних добрив створює додатковий резерв у підвищенні урожайності енергокультур на маргінальних землях. Серед них осад стічних вод комунально-побутового походження, біокомпости, зола та біовугілля (як продукти спалювання біомаси енергокультур та відходів підприємств АПК у котлах та піролізних печах). Використання таких домішок може не тільки підвищити врожайність, але і позитивно вплинути на біологічні та фізико-хімічні властивості ґрунтового профілю.

Отже, розробка економічних та енергоефективних рішень стосовно сумісного застосування комунальних та сільськогосподарських відходів поживних речовин у якості органо-мінерального добрива може стати альтернативою використанню звичайних добрив задля виробництва енергії і біопродуктів на маргінальних землях у гірничо-видобувних регіонах Дніпропетровської області. Застосування побічних продуктів на основі біосировини являє собою надійний метод менеджменту відходів та забезпечує переробку поживних речовин для росту енергетичних культур, що відповідає європейській політиці циркуляційної економіки. Очікується, що попит на біомасу значно зросте протягом наступних десятиліть і сприятиме розвитку світової економіки на біологічній основі. Численні прогнози свідчать про те, що вирощування енергетичних культур другого покоління на маргінальних землях зможуть задовольнити великий попит на біосировину.

НАУКОВО-ПРИКЛАДНІ ЗАСАДИ МОБІЛІЗАЦІЇ ТА ВИКОРИСТАННЯ НОВИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ КУЛЬТУР ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ ФІТОРЕСУРСНОГО ПОТЕНЦІАЛУ МАРГІНАЛЬНИХ ЗЕМЕЛЬ УКРАЇНИ

Д.Б. Рахметов, С.О. Рахметова

Національний ботанічний сад імені М.М. Гришка НАН України,

м. Київ, Україна

rjb2000.16@gmail.com

Серед важливих проблем сучасності на перший план виходять зміна клімату, раціональне використання ресурсів природи та відтворення біорізноманіття і родючості ґрунтів, та за цих умов, забезпечення населення продуктами харчування, енергетичними засобами, тваринництво – збалансованими кормами.

На сьогодні у структурі альтернативної енергетики світу енергія біомаси становить близько 13 %. За прогнозами вчених, до 2040 року частка відновлюваних джерел енергії досягне 47,7 %, а внесок біомаси збільшиться до 23,8 % [9].

У зв'язку із загостренням проблеми продовольчої безпеки все актуальніше стає питання раціонального використання орних земель у світі та в Україні. У той же час, для вирішення не менш нагальної проблеми щодо забезпечення енергетичної незалежності держави, поряд з іншими, на особливу увагу заслуговують відновлювальні джерела енергії, серед яких біопаливо може зайняти важливе місце. Тому, для вирішення протиріччя між розвитком цих двох важливих напрямів, необхідним є визначення екологічної ніші для біоенергетичних культур [7].

Відомо, що для вирішення цієї проблеми важливе значення має використання потенціалу маргінальних земель. Сьогодні у світі активно розробляються методи управління рослинництвом на маргінальних землях. Особлива увага приділяється економічним та екологічним перспективам використання цих земель. Актуальним є питання підбору перспективних культур та сортів для вирощування на цих землях з метою виробництва достатньої кількості біомаси для використання на енергетичні цілі [8, 10-13].

Україна має велику перспективу розвитку біоенергетичної галузі на маргінальних землях [9]. За даними Урядового порталу у нас є близько 4 мільйонів гектарів малопродуктивних та деградованих земель, які непридатні для сільськогосподарських культур і часто залишаються незадіяними [4]. У той же час ці землі можна ефективно використовувати для вирощування енергетичних рослин.

У зв'язку з цим, актуальною проблемою є раціональне використання потенціалу маргінальних земель за рахунок оптимізації фіторесурсного потенціалу високопродуктивних традиційних, нових, малопоширених, забутих цінних сільськогосподарських культур. У цьому аспекті важливе значення має відпрацювання сучасних методів, спрямованих, з одного боку, на підвищення стійкості рослинних організмів до дії біотичних і абіотичних стрес-факторів, з другого – на поліпшення умов існування рослин для реалізації їх продуктивного потенціалу на рекультивованих землях [2].

Вчені із Національного ботанічного саду імені М.М. Гришка НАН України протягом багаторічного періоду займаються інтродукцією, селекцією, біотехнологією нових та нетрадиційних енергетичних рослин. Створений колекційний фонд (понад 630 таксонів), який визнаний державою як Національне надбання України. На цій основі розроблено унікальні генотипи та сучасні фітотехнології біоконверсії близько 30 нових культур. Загалом колекція енергетичних рослин включає представники з 22 ботанічних родин [3, 5, 6].

З великого різноманіття енергетичних рослин відібрані найбільш перспективні види різного напрямку використання. На їх основі створено 34 високопродуктивних сортів та гібридів енергетичних рослин, які занесені до Державного реєстру сортів рослин України [1]. Серед них щавнат – сорти Наставник і Бієкор-1, сіда – сорт Фітоенергія, сорго багаторічне – сорт Колумбо, тифон – сорт Фітопал, сільфій пронизанолистий – сорт Богатир, сільфій суцільнолистий – сорт Ювілейний-90, елевсіна – сорти Ярослав-8, Євгенія, просо прутоподібне – сорт Зоряне, міскантус гігантський – сорт Гулівер, міскантус китайський – сорт Велетень, міскантус цукрокрітковий – сорт Снігопад, рижій посівний – сорти Перемога та Євро-12.

Генофонд сировинних енергетичних рослин для виробництва твердого біопалива та біогазу включає близько 300 таксонів. Перспективним напрямом є

використання багаторічних енергетичних рослин на маргінальних землях. Результати досліджень і виробничих випробувань засвідчили високу продуктивність сортів нових багаторічних культур – щавнату, козлятнику, сильфію пронизанолистого, сіди багаторічної, сорго багаторічного в різних ґрунтово-кліматичних умовах. Вони продуктивно використовуються від 6–8 (щавнат) до 20 (сильфій і сіда) років. Для них характерна висока екологічна пластичність, зимостійкість, холодо- й посухостійкість, солестійкість і т.п. Вони перспективні для створення багаторічних агрофітоценозів на вивідних полях сівозмін, рекультивованих, еродованих і забруднених землях. Підібрані культури з екологічної точки зору безпечні для навколишнього середовища, енергетично та економічно високоефективні, здатні покращувати агрономічні та біологічні показники ґрунту, сприяти зменшенню рівня CO₂ у повітрі [2, 8].

Створено сировинний конвеєр з нових високопродуктивних енергетичних рослин. Запропоновані технології дозволяють забезпечити високий вихід умовного біопалива (10–21 т/га) та енергії (70–90 Гкал/га) з урожаєм. Загальний вихід біогазу з 1 га енергетичної плантації нових інтродуцентів коливається від 8000 до 12000 м³.

Генофонд олійних рослин на сьогодні нараховує 190 таксонів. Він складається з двох блоків – озимого та ярого. Найбільше представлена родина капустяних. До перспективних олійних культур відносяться суріпиця озима, тифон, рижій, редька олійна, чуфа. На базі цього генофонду виведено 16 сортів високоолійних рослин. Значна частина цих сортів мають цінні продуктивні властивості та придатні для використання як високоолійні культури з метою виробництва біодизелю і біомастил. Нові сорти здатні забезпечити 3–5 т/га насіння (бульби) із вмістом олії 30–40 % та виходом 800–1000 кг/га. Вони також формують урожайність фітомаси на рівні 5–8 т/га сухої речовини.

Генофонд цукроносних рослин нараховує понад 140 таксонів. Із великого різноманіття рослин відібрані найбільш перспективні види з високим вмістом вуглеводів. На їх основі створено високопродуктивні сорти та гібриди. Найбільш перспективні з них – пальчасте просо, сорго цукрове, міскантус та просо прутоподібне, які характеризуються скоростиглістю, посухостійкістю, високою урожайністю насіння або фітомаси, підвищеним вмістом вуглеводів у зерні або в надземній масі і виходом біоетанолу. Різними селекційними і

біотехнологічними методами створено чотири високопродуктивні сорти для виробництва біоетанолу – елевсіна `Ярослав-8`, `Євгенія`, сорго цукрове `Ботанічний` та `Енергодар` і сорго багаторічне `Колумбо`.

Поряд з високопродуктивними традиційними цукроносними рослинами, нові культури можуть забезпечувати 3–8 т/га етанолу. Встановлено, що сорти сорго цукрового у період технічної стиглості фітомаси формують від 62 до 90 т/га надземної маси та від 10 до 20 т/га вихід сухої речовини. Фітомаса рослин містить від 14 до 25 % загальних цукрів. Теплоємність цієї маси сягає від 3731 до 4363 Дж/г. Урожайність фітомаси соняшника бульбистого і топінсоняшнику змінюється в межах 40–80 т/га, бульб – 25–45 т/га. У бульбах міститься 20–23 % сухої речовини, 18–20 % – вуглеводів, 3–5 % – білка. Вихід етанолу становить від 2,5 до 5,5 т/га.

Таким чином, за багаторічний період роботи у відділі культурної флори НБС імені М.М. Гришка НАНУ здійснено низку вагомих проєктів, спрямованих на відкриття потенціалу нових для України енергетичних культур. Розроблено механізми регуляції ростових, продукційних процесів у рослин з використанням мобілізованих та створених генетичних ресурсів і оригінальних технологічних відкриттів для вирішення важливих проблем у галузі біоенергетики та фіторемедіації.

За використання системного підходу вперше створено нові гібридні енергетичні культури (щавнат, сурап, мальва гібридна, елевсіна гібридна тощо) та розроблено фітотехнології, окремі з яких сьогодні успішно використовуються в 7 країнах світу.

Важливим наслідком фундаментальних досліджень є розробка генетично-селекційних та фізіолого-біохімічних основ акліматизації і створення нової генотипової бази енергетичних рослин з C_4 типом фотосинтезу, які відзначаються суттєво вищим продукційним потенціалом. Найбільші результати отримано з створення генетичного різноманіття таких перспективних сьогодні в Україні культур, як міскантус (52), світчграс (31), просо пальчасте (15), сорго цукрове (50) тощо.

Генофондові колекції біоенергетичних рослин НБС імені М.М. Гришка НАН України протягом багаторічного періоду слугують основою для створення цільових колекцій у окремих ботанічних садах і профільних науково-дослідних

установах і закладах вищої і середньо-спеціальної освіти тощо. Найбільш перспективні представники, що входять до складу колекції постійно залучаються у дослідження фундаментальних і прикладних проблем інтродукції, акліматизації, селекції, біотехнології провідними науково-дослідними центрами України та інших країн.

ЛІТЕРАТУРА

1. Державний реєстр сортів рослин України. 2022. URL: <http://sops.gov.ua/reestratsiya-prav/reiestry/reiestr-sortiv-roslyn-ukrainy>
2. Інтродукція нових корисних рослин в Україні : монографія / Д.Б. Рахметов, О.М. Вергун, С.М. Ковтун-Водяницька [та ін.]. Київ: Ліра-К, 2020. 338 с.
3. Колекційний фонд енергетичних, ароматичних та інших корисних рослин НБС імені М.М. Гришка НАН України / Д.Б. Рахметов, С.М. Ковтун-Водяницька, О.А. Корабльова [та ін.]. Київ: ФОП Паливода В.Д., 2020. 208 с.
4. Маргінальні землі: особливості термінології та визначення. 2021. URL: <http://uabio.org/materials/100/>
5. Наукові об'єкти НБС імені М.М. Гришка НАН України, що становлять національне надбання / Д.Б. Рахметов, Н.В. Заїменко, М. Б. Гапоненко [та ін.]. Київ: ФОП Паливода В.Д., 2019. 224 с.
6. Перспективні науково-технічні розробки НАН України : в 11 тематичних вип. Вип. Паливно-мастильні матеріали та технології : монографія. Київ: Академперіодика, 2017. (546 с.) С. 20.
7. Рахметов Д.Б. Теоретичні та прикладні аспекти інтродукції рослин в Україні. Київ: Аграр Медіа Груп, 2011. 398 с.
8. Міскантус в Україні / М.В. Роїк, С.М. Сінченко, ...Д.Б. Рахметов [та ін.]. Київ : ФОП Ямчинський О В., 2019. 256 с.
9. Система використання біоресурсів у новітніх біотехнологіях отримання альтернативних палив / Я.Б. Блюм, І.П. Григорюк, ...Д.Б. Рахметов [та ін.]. Київ : Аграр Медіа Груп, 2014. 360 с.
10. Carlsson G., Mårtensson L.M., Prade T., Svensson S.E., Jensen E.S. Perennial species mixtures for multifunctional production of biomass on marginal land. *GCB Bioenergy*. 2017. 9. P. 191-201.
11. Mehmood M., Ibrahim M., Rashid U., Nawaz M., Ali S., Hussain A., et al. Biomass production for bioenergy using marginal lands. *Sustain. Prod. Consum.* 2017. 9. P. 3-21.
12. Pancaldi F., Trindade L. Marginal Lands to Grow Novel Bio-Based Crops: A Plant Breeding Perspective. *Front Plant Sci.*, 2020. URL : <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00227>
13. Robertson G.P., Hamilton S.K., Barham B.L., Dale B.E., Izaurralde R.C., Jackson R.D., et al. Cellulosic biofuel contributions to a sustainable energy future: choices and outcomes. *Science*. 2017. 356:eaal2324. 10.1126/science.aal2324

ЦІЛІ УКРАЇНИ НА ШЛЯХУ ДО ПОБУДОВИ НИЗЬКОВУГЛЕЦЕВОЇ ЕКОНОМІКИ

М.В. Роїк, О.М. Ганженко

*Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України,
м. Київ, Україна
Ganzhenko74@gmail.com*

Україна не забезпечена у достатній кількості власними викопними джерелами енергії і змушена імпортувати значні обсяги енергоресурсів, на що витрачає близько 15 млрд \$ щорічно [3]. Тому розвиток відновлювальної енергетики сприятиме укріпленню енергетичної, економічної і політичної безпеки нашої держави. Незважаючи на це в Україні недостатньо уваги приділяється розвитку відновлювальних джерел енергії, частка яких станом на 2020 рік склала лише 6,6 % [2]. Це значно менше порівняно з іншими країнами Європи. Серед відновлювальних джерел енергії в Україні найбільшого розвитку набуло виробництво і використання біологічних видів палива, частка яких у кінцевому енергоспоживанні становить 4,5 %.

Отже, розвиток виробництва біоенергетичних культур дозволить зменшити залежність України від імпортних енергоносіїв та сприятиме створенню сталої сировинної бази для виробництва різних видів біопалива.

Цілі України щодо розвитку ВДЕ встановлені у ключових стратегічних документах. Енергетична стратегія України до 2035 року передбачає розширення використання різних видів відновлюваної енергетики, що стане одним з інструментів гарантування енергетичної безпеки нашої держави [4]. У коротко- та середньостроковому горизонті (до 2025 року) стратегія прогнозує зростання частки альтернативної енергетики до рівня 12 % від загального постачання первинної енергії та не менше 25 % – до 2030 року. Водночас енергетична стратегія передбачає зростання сектору біоенергетики, який використовує тверде біопаливо та біогаз як енергоресурс, що забезпечить з одного боку відносну сталість виробництва біопалив, за наявності достатньої ресурсної бази, з іншого – створить передумови для формування генеруючих потужностей на місцевому рівні. Пріоритет буде надаватися одночасній генерації теплової та електричної енергії у когенераційних установках, а також заміщенню вуглеводневих викопних видів палива. Передбачається, що до

2035 року біоенергетична галузь постачатиме 11 млн т н.е. біопалива, що становитиме 11,5 % в структурі загального постачання первинної енергії [4]. Енергетична стратегія передбачає збільшення використання біомаси у виробництві електро- та теплоенергії за рахунок створення конкурентних ринків біопалива, стимулювання використання біомаси як палива підприємствами, на яких біомаса є залишковим продуктом, а також інформування щодо можливостей використання біомаси як палива в індивідуальному теплопостачанні.

Одним із основних орієнтирів економіки України згідно Національної економічної стратегії до 2030 року є декарбонізація економіки, підвищення енергоефективності, розвиток відновлюваних джерел енергії, розвиток циркулярної економіки за принципами сталого розвитку та синхронізація з цілями «Європейський зелений курс». У стратегії передбачається сформувати частку генерації електроенергії з ВДЕ на рівні 25 % у загальному балансі, водночас планується залучити 10 млрд \$ інвестицій у відновлювальну енергетику [6]. Разом з тим відмічається, що електрогенеруючі потужності з використанням відновлюваних джерел енергії характеризуються низькою маневреністю та високою залежністю від погодних умов. Це знижує можливості прогнозування попиту та пропозиції на ринку електроенергії. Водночас, окрім зниження рівня маневреності системи електрогенерації збільшення частки ВДЕ призвело до появи технологічних викликів, пов'язаних з необхідністю балансування системи в певні періоди часу, а також до обмеження частки ВДЕ у виробництві електроенергії, що призводить до перевиробництва енергії та ускладнює або взагалі унеможливорює подальше підключення потужностей ВДЕ за поточних умов. Паралельно розглядається можливість використання залишку енергії для виробництва біоводню з метою подальшого його експорту до ЄС.

У Звіті з оцінки відповідності (достатності) генеруючих потужностей для покриття прогнозованого попиту на електричну енергію та забезпечення необхідного резерву у 2020 році відмічається, що найбільш вагомим чинником трансформації умов функціонування об'єднаної електроенергетичної системи України на сьогодні є швидке впровадження електричних станцій з негарантованою потужністю з відновлювальних джерел енергії, що не

супроводжуються паралельним вводом регулюючих потужностей з відповідними характеристиками та обсягами. Навіть в умовах зразкової роботи ринку допоміжних послуг забезпечення необхідних обсягів резервів на наявному працюючому обладнанні є неможливим. Тому, наразі майже щодня порушуються вимоги до забезпечення необхідних обсягів резервів. Водночас звіт передбачає зростання частки ВДЕ (включаючи гідроелектростанції) до 2030 року до 20 % за базовим сценарієм та до 16,4 % – за цільовим сценарієм [5].

Згідно оновленого національного визначеного внеску України до Паризької Кліматичної Угоди частка ВДЕ (включаючи великі ГЕС та ГАЕС) у виробництві електроенергії до 2030 року має становити 30 %. Водночас передбачається, що обсяг викидів парникових газів в Україні до 2030 року не перевищуватиме 35 % від рівня 1990 року, а повної кліматичної нейтральності заплановано досягти не пізніше 2060 року [1].

Таким чином, аналіз світових та вітчизняних стратегій засвідчує пріоритетність розвитку галузі відновлювальних джерел енергії, що є найбільш дієвим чинником для пом'якшення негативних змін клімату. Водночас враховуючи низьку маневреність електрогенерації та високу залежність від погодних умов повний перехід на виробництво електроенергії з ВДЕ пов'язаний зі значними проблемами. З огляду на це для України більш прийнятним є стратегія, спрямована на розвиток рідкого та газоподібного біопалива, виготовленого з цукроносною біомаси.

ЛІТЕРАТУРА

1. Аналітичний огляд оновленого національного визначеного внеску України до паризької угоди. 2021. 57 с. <https://cutt.ly/qQiyPA>
2. Державна служба статистики України. Енергетичний баланс України за 2020. Експрес-випуск від 30.11.2021 р. <http://www.ukrstat.gov.ua/express/expr2021/11/147.pdf>
3. Головнєв С. Сировинна економіка. Що купувала і продавала Україна в 2021 році. Бізнес Цензор: <https://biz.censor.net/r3310713>
4. Енергетична стратегія України на період до 2035 року «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність». *Розпорядження Кабінету Міністрів України від 18 серпня 2017 р. № 605-р.* <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/605-2017-%D1%80#Text>
5. Звіт з оцінки відповідності (достатності) генеруючих потужностей для покриття прогнозованого попиту на електричну енергію та забезпечення необхідного резерву у 2020 році. *Постанова КМУ №975 від 16.06.2021 р.* <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0975874-21#Text>
6. Національної економічної стратегії до 2030 року. *Постанова КМУ №179 від 03 березня 2021 р.* <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/179-2021-%D0%BF#Text>

ПРИНЦИПИ ПРАВОВОЇ ОХОРОНИ ТА РАЦІОНАЛЬНОГО ВИКОРИСТАННЯ ҐРУНТІВ

Д.В. Блінов, І.М. Трус

*Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»,
м. Київ, Україна
blinovdaniil13@gmail.com*

Ґрунти є одним з базових ресурсів та основою сільського господарства, проте внаслідок нераціонального управління землекористуванням, надмірної експлуатації земельних ресурсів, техногенного навантаження внаслідок значних викидів від промислових підприємств, сільського господарства, транспорту відбувається руйнування та деградація ґрунтів. Це призводить до недостатнього розвитку сільського господарства, продовольчих та інших соціально-економічних проблем. Тому раціональне землекористування, збереження і відтворення ґрунтів є одним з актуальних та пріоритетних завдань сьогодення не лише в Україні, але і в усьому світі. В умовах інтеграційних та глобалізаційних процесів важливим є врахування норм міжнародного та європейського права щодо охорони та раціонального використання земель.

В Україні питання захисту ґрунтів регулюється в межах існуючого законодавства. Закон України «Про охорону земель» визначає правові, економічні та соціальні основи охорони земель, що дозволить забезпечити їх раціональне використання, відтворення і підвищення родючості ґрунтів. Нормативно-правове забезпечення землекористування та охорони ґрунтів реалізується відповідно до Конституції України, Земельного кодексу України, Законів України «Про охорону навколишнього природного середовища», «Про охорону земель», «Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо збереження родючості ґрунтів», «Про державний контроль за використанням та охороною земель», «Про землеустрій», «Про меліорацію земель», «Про оренду землі», «Про оцінку земель», «Про пестициди та агрохімікати» [1].

У європейських країнах для регулювання захисту ґрунтів застосовується «Тематична стратегія ЄС», що прийнята Європейською Комісією в 2006 році [2]. Даний документ є не лише основою для здійснення ефективних заходів

направлених на подолання деградації ґрунтів ЄС, але й має важливий вплив на інші країни в межах міжнародного співробітництва.

Спільна сільськогосподарська політика, направлена на раціональне використання ґрунтів та їх охорону, поширюється на два важливих напрями: перший – платежі та ринкові заходи, другий – розвиток сільських територій [3].

Європейська Комісія 17 листопада 2021 р. прийняла нову ґрунтову стратегію ЄС до 2030 року, яка направлена на запобігання і відновлення деградації ґрунтів та раціональне використання ґрунтів відповідно до Європейського зеленого курсу.

Отже, відсутність єдиного нормативно-правового акту щодо міжнародної відповідальності держав та охорони земель не позначилась на їх дієвості, що є визначальним.

ЛІТЕРАТУРА

1. Балюк С.А., Гапеев Л.В. Зарубіжний та вітчизняний досвід законодавчого врегулювання правового захисту ґрунтів. *Вісник аграрної науки*. 2014. № 10. С. 12-16.
2. Бондар О.Г., Переверзева А.В., Волков В.П. Європейські практики охорони ґрунтів: досвід для України. *Агросвіт*. 2020. № 17-18. С. 10-16.
3. Panagos P., & Katsoyiannis A. Soil erosion modelling: The new challenges as the result of policy developments in Europe. *Environmental Research*. 2019. № 172. P. 470-474.

ВИРОБНИЦТВО І ЗАСТОСУВАННЯ ОРГАНІЧНИХ ДОБРИВ ІЗ ЗБАЛАНСОВАНИМ УМІСТОМ ТРИВАЛЕНТНОГО ХРОМУ

О.М. Бунчак¹, М.І. Бахмат¹, В.М. Сендецький²

¹*ЗВО «Подільський державний університет»,
м. Кам'янець-Подільський, Україна*

²*Прикарпатська державна сільськогосподарська дослідна станція
ІСГ КР НААН України,
м. Івано-Франківськ, Україна
bunchak@worldleatherllc.com*

Однією з численних екологічних проблем сучасності є поводження з відходами виробництва і споживання, в т. ч. відходами шкіряного виробництва і осадам очисних споруд, які за неправильного зберігання і використання негативно впливають на навколишнє природне середовище, забруднюють повітря, поверхневі і підземні води, виводять із господарського обігу значні земельні ресурси. Традиційні способи їх утилізації (захоронення, складування, спалювання) малоефективні, тому пошук нових технологій вкрай необхідний.

Вагомою альтернативою існуючим, є новітня технологія перероблення органічних відходів в добрива методом пришвидшеної аеробної ферментації. За результатами наших досліджень було:

- розроблено і впроваджено у виробництво технології очищення стоків, перероблення органічних відходів шкіряного виробництва та осаду очисних споруд методом прискореної аеробної ферментації для отримання органічного добрива «Біопроферм» із збалансованим умістом тривалентного хрому [2] та технологію виробництва рідкого органічного добрива «Біохром» методом кавітації [3];

- запатентовано технології переробки органічних відходів шкіряного виробництва і осаду очисних споруд на органічні добрива методом прискореної аеробної ферментації «Біопроферм» з умістом Cr^{3+} (патент № 85187 Спосіб отримання органічних добрив нового покоління із збалансованим вмістом тривалентного хрому) та методом кавітації «Біохром» із збалансованим умістом тривалентного хрому (патент № 89786 Спосіб отримання рідкого органічного добрива «Біохром»);

- експериментально доведено, що технологія виробництва і застосування розроблених органічних добрив є екологічно безпечною, яка не має негативного впливу на навколишнє природне середовище.

За агрохімічними, агрофізичними і санітарно-гігієнічними показниками «Біопроферм» і «Біохром» із збалансованим умістом Cr^{3+} належать до органічних добрив нового покоління, є комплексними добривами, що містять усі макро- (азот, фосфор, калій, кальцій) і мікроелементи (мідь, цинк, бор, магній) живлення.

Результати наших досліджень доказали, що внесення органічних добрив «Біопроферм» з умістом Cr^{3+} та рідкого органічного добрива «Біохром» істотно впливало на агрофізичні, агрохімічні та біологічні властивості чорнозему типового важкосуглинкового: зменшувалася щільність ґрунту в межах оброблюваного шару, підвищувалася загальна шпаруватість шару 0–10 см на 8,8–10,4 %; шару 10–20 см – на 7,2–8,4 %, що забезпечувало кращу водопроникність ґрунту як основу для продуктивного використання атмосферних опадів; покращувався структурно-агрегатний склад орного шару агроценозу сої і пшениці ярої.

В технологіях вирощування сої, пшениці ярої, кукурудзи, гречки та вівса застосування органічних добрив із збалансованим умістом хрому «Біпроферм» та «Біохром» поліпшувало екологічний стан агроценозів, агрофізичні, агрохімічні та біологічні властивостей ґрунту, що сприяло збільшенню урожайності сільськогосподарських культур.

Встановлено, що застосування органічних добрив забезпечує збільшення врожайності відносно контролю: сої – на 1,28 т/га; пшениці ярої – на 1,75 т/га; кукурудзи – на 1,56 т/га; гречки – на 0,77 т/га і вівса – на 1,31 т/га.

Досліджено позитивний вплив органічних добрив на показники якості зерна сільськогосподарських культур. Спостерігалася суттєва міграція мікроелемента хрому тривалентного до зерна.

Найвищу економічну та енергетичну ефективність забезпечувало застосування органічних добрив «Біпроферм» з умістом Cr^{3+} та «Біохром» в технології вирощування сої, пшениці ярої, кукурудзи, гречки, вівса: умовно чистий прибуток і рівень рентабельності збільшуються відносно контролю і внесення $\text{N}_{120}\text{P}_{80}\text{K}_{80}$ на 4092–9245 і 2593–6377 грн/га; на 30,8–44,2 і 26,5–43,3 % відповідно, при цьому собівартість зерна зменшується на 577–1460 грн/га і 8,0–316 грн/га. За енергетичною ефективністю пшениця яра, кукурудза і овес є високо прибутковими за коефіцієнту енергетичної ефективності відповідно 3,46; 2,81 і 3,55. Дещо нижчими коефіцієнтами 2,45 і 1,68 характеризувалися соя і гречка.

Результати досліджень мають важливе значення для впровадження у виробництво розроблених технологій виробництва органічних добрив з умістом тривалентного хрому методом прискореної аеробної ферментації органічних відходів шкіряної промисловості (міздра, осад стічних вод і ін.), яка забезпечує цільове поводження цих відходів і зменшення забруднення довкілля [1].

Виробництво органічних добрив із збалансованим умістом тривалентного хрому – новий науковий напрям агроекологічно-інноваційних технологічних рішень, який ґрунтується на комплексних дослідженнях технологій аеробної ферментації і відкриває нові напрями в розробці екологічно безпечних добрив нового покоління для підвищення продуктивності агрофітоценозів. Розроблені

технології перероблення органічних відходів шкіряного виробництва і очисних споруд дають змогу вирішити одночасно три проблеми:

- охорони довкілля (екологічне поводження з відходами);
- поліпшення родючості ґрунтів (добрива впливають на покращення агрохімічних і агрофізичних показників) і отримання екологічно чистої продукції);
- соціальну (покращення умов праці і побуту населення).

Наукове обґрунтування екологічних засад створення і використання органічних добрив з умістом тривалентного хрому в технологіях вирощування сільськогосподарських культур для збереження родючості ґрунтів, підвищення урожайності, одержання продукції високої якості та охорони довкілля, зумовлюють пріоритетність напряму досліджень та його актуальність.

ЛІТЕРАТУРА

1. Виробництво та використання органічних добрив: монографія / І.А. Шувар, О.М. Бунчак, В.М. Сендецький [та ін.]. Івано-Франківськ: Симфонія форте, 2015. 956 с.
2. Спосіб отримання органічних добрив нового покоління із збалансованим вмістом тривалентного хрому: пат. № 85187 Україна. заявл. 27.05.2013; опубл. 11.11.2013, бюл. № 21.
3. Спосіб отримання рідкого органічного добрива «Біохром»: пат. України № 89786. заявл. 21.01.2014; опубл. 25.04.2014 р. бюл. № 8.

ВИРОЩУВАННЯ СВІТЧГРАСУ В СУМСЬКІЙ ОБЛАСТІ ЯК ПЕРЕДУМОВА ПОКРАЩЕННЯ СТАНУ ҐРУНТІВ В КОНТЕКСТІ МАЙБУТНІХ ЗМІН КЛІМАТУ

О.В. Вольвач

*Одеський державний екологічний університет,
м. Одеса, Україна
volvach.oksana@ukr.net*

Вирощування біоенергетичних культур в нашій країні стає все більш актуальним. На відміну від викопних форм палива: нафти, газу, вугілля, спалювання біоенергетичного палива реально не підвищує вміст вуглекислого газу в атмосфері, а лише відновлює його перебування в атмосфері після отримання акумульованої в результаті фотосинтезу енергії сонячних променів зеленими рослинами.

Великі земельні площі, незадіяні в сільському господарстві, та географічне розташування роблять Україну однією з найбільш привабливих

країн у Європі для сталого вирощування енергетичних культур без шкоди для рекреаційних або природоохоронних територій. На думку фахівців, вирощування енергетичних рослин – це дуже перспективний напрямок для України. Він дозволить пришвидшити декарбонізацію, скоротити викиди парникових газів та сприятиме енергетичній незалежності держави [1, 4].

За даними Державного агентства з енергоефективності та енергозбереження України (Держенергоефективності) натеper у Сумській області площа земель, що потребують консервації становить 33498,25 га, з них площа деградованих земель становить 25914,35 га, а малопродуктивних – 7583,90 га. Вирощування енергетичних рослин на маргінальних землях дозволить не лише отримувати прибуток від малопродуктивних земель, а й замінити імпортований газ місцевими видами палива та відновлювати малопродуктивні землі без додаткових витрат з бюджету.

Просо прутіподібне (*Panicum virgatum* L.) відоме ще як світчграс десять років назад було новою культурою для України, хоча у Північній Америці, воно вже було популярним як трав'яна енергетична культура ще з кінця 80-х років минулого століття.

Протягом останніх років величезний внесок у вивчення культури світчграсу зробили фахівці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України [1]. Також, в 2015 році селекціонерами ІБКіЦБ було створено вітчизняний сорт світчграсу Морозко, а в 2018 році – Лядовське. В Національному ботанічному саді ім. М.М. Гришка НАН України також створено сорт проса прутіподібного – Зоряне.

Незважаючи на те, що світчграс натеper вже достатньо вивчений в біологічному, агротехнічному, енергетичному та економічному аспектах, досліджень з врахуванням впливу майбутніх змін клімату на продуктивність культури у вітчизняній літературі немає.

Оскільки традиційні агрометеорологічні спостереження на мережі гідрометеостанцій України за енергокультурами натеper ще не проводяться, для визначення впливу змін клімату на терміни настання фенологічних фаз рослин світчграсу було використано дані, отримані вченими Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України [1].

Обраний для досліджень кліматичний сценарій RCP4.5, який вважається сценарієм стабілізації, належить до родини сценаріїв концентрацій парникових газів Representative Concentration Pathways на кінець 21 століття [2]. Всі розрахунки було виконано шляхом порівняння середніх багаторічних характеристик за базовий період (за прийнятою в Одеському державному екологічному університеті методикою таким вважається період 1986–2005 рр.) і сценарних характеристик за сценарієм RCP4.5.

На рис. 1 представлена динаміка показників теплового та вологісного режиму вегетаційного періоду світчграсу для Сумської області. Можна бачити, що сценарні і базові температури, починаючи з третьої декади червня, практично співпадають. Лише протягом травня-червня базові температури дещо перевищують сценарні. Стосовно декадних сум опадів спостерігається ситуація, коли їх базові значення у більшості декад вегетації перевищують сценарні.

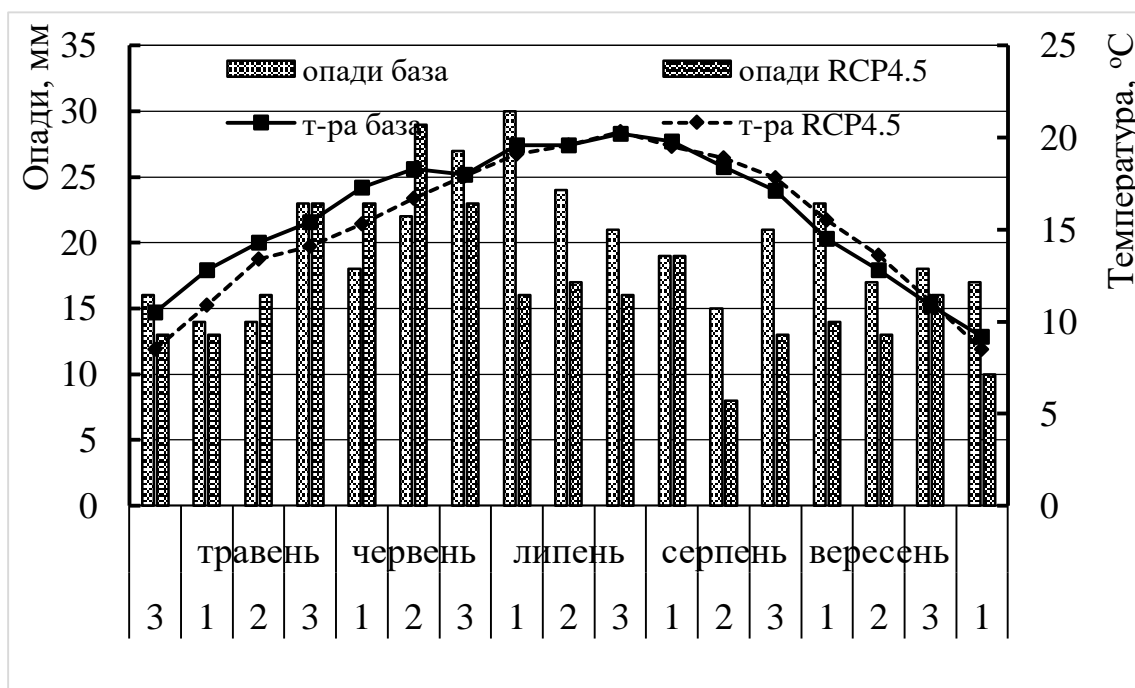


Рис. 1. Динаміка температури та опадів протягом вегетаційного періоду світчграсу

Розрахунки продуктивності посівів і визначення урожаїв різних агроекологічних категорій виконувались за допомогою математичної моделі А.М. Польового. Її алгоритм базується на принципах максимальної продуктивності посівів Х. Тоомінга [3]. Результати представлені в табл. 1.

Показники продуктивності посівів світчграсу порівняно з умовами за сценарієм RCP4.5 зміни клімату

Період, сценарій	Загальна суха маса, ц/га			Фотосинтетичний потенціал, м ² /м ² за період	Урожай при 20 % вологості, ц/га
	потенційного урожаю	метеорологічно можливого урожаю	дійсно можливого урожаю		
Базовий	519	280	170	527	142
RCP4.5	554	251	153	502	138
Різниця	35	-29	-17	-25	-4
Різниця, %	7	10	10	5	3

За умов реалізації сценарію RCP4.5 на території Сумської області величина потенційного урожаю всієї сухої біомаси світчграсу очікується на 7 % більше, ніж за базових умов. Сценарне погіршення умов зволоження вегетаційного періоду спричинить зменшення метеорологічно-можливих урожаїв світчграсу на 10 %. Сценарний дійсно-можливий урожай, обумовлений природною родючістю ґрунту, також буде на 10 % менше за базовий. Величина фотосинтетичного потенціалу посівів за умов зміни клімату зменшиться на 5 %. Величина урожаю у виробництві за базових умов становить 142 ц/га, а за сценарними умовами зменшиться до 138 ц/га (на 3 %).

Таким чином, за умов реалізації сценарію RCP4.5 термічні ресурси вегетаційного періоду світчграсу зміняться не суттєво, але відбудеться деяке погіршення умов вологозабезпеченості посівів. Тому слід очікувати не дуже суттєвого зменшення виробничих урожаїв. Але, оскільки світчграс вирощують на маргінальних землях протягом тривалого часу, тобто близько 15–20 років поспіль, таке несуттєве зменшення урожайності не вплине на значущість його вирощування.

ЛІТЕРАТУРА

1. Вирощування біоенергетичних культур: монографія / за ред. М.Я. Гументика. Київ: ТОВ «ЦП Компрінт», 2018. 179 с.
2. Кліматичні ризики функціонування галузей економіки України в умовах зміни клімату: монографія / за ред. С.М. Степаненка, А.М. Польового. Одеса: ТЕС, 2018. 548 с.
3. Польовий А.М. Моделювання гідрометеорологічного режиму та продуктивності агроєкосистем: [підручник]. Одеса: «Екологія», 2013. 432 с.
4. Роїк М.В., Курило В.Л., Гументик М.Я., Ганженко О.М. Біоенергетика в Україні: стан та перспективи розвитку. *Біоенергетика*. 2013. №2. С. 5-10.

СТІЙКІСТЬ ДИНАМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ЕМІСІЇ ТА ДЕПОНУВАННЯ ВУГЛЕЦЮ В НАСАДЖЕННЯХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ КУЛЬТУР НА МАРГІНАЛЬНИХ ҐРУНТАХ

М.А. Галицька, П.В. Писаренко, М.С. Самойлік

Полтавський державний аграрний університет,

м. Полтава, Україна

maryna.galytska@pdaa.edu.ua

Боротьба зі зміною клімату і запобігання зміні клімату – це система заходів, спрямована на скорочення викидів парникових газів і стримування процесу зростання середньої глобальної температури атмосфери Землі. Перелік таких заходів визначено міжнародними угодами – Рамковою конвенцією ООН про зміну клімату, Кіотським протоколом до неї, Паризькою кліматичною угодою, а на національному рівні – Концепцією реалізації державної політики у сфері зміни клімату на період до 2030 року [4].

Використання біоенергетичних культур таких, як міскантус гігантський (*Miscanthus × giganteus*) та просо прутоподібне (*Panicum virgatum* L.), є привабливою альтернативою відновлюваним джерелам традиційного викопного палива, що здатне компенсувати зростаючий попит на енергоносії, та одночасно пом'якшити наслідки енергетичної кризи, такі як кліматичні зміни та емісія парникових газів. Указані культури також розглядаються як екологічно чисте рішення для вирощування їх на забруднених, маргінальних та малопродуктивних сільськогосподарських ґрунтах [1, 3].

Сьогодні науковці інтенсивно вивчають і вдосконалюють технологію вирощування енергетичних культур. Серед дослідників вітчизняні вчені: М. В. Роїк, В. Л. Курило, Д. Б. Рахметов, В. А. Доронін, М. Я. Гументик, О. М. Ганженко та ін. Поряд з агрономічно обґрунтованим менеджментом вирощування енергетичних культур, актуальним та недостатньо вивченим питанням залишаються екологічні аспекти вирощування цих рослин на маргінальних землях [2, 5].

Відповідні множинні регресійні моделі є статистично вірогідними. Швидкість змін емісії оксиду вуглецю в часі залежить від поточного стану усіх досліджених показників. Результати регресійного аналізу вказують на те, що швидкість емісії тим більша, чим більший цей показник в поточному році. Інші

показники здійснюють стабілізуючий вплив на емісію: за більших значень вмісту гумусу та надземної фітомаси емісія оксиду вуглецю з поверхні ґрунту зменшується. Аналіз попарних взаємозв'язків дає дещо інший результат: швидкість емісії від'ємно корелює з усіма предикторами (рис. 1).

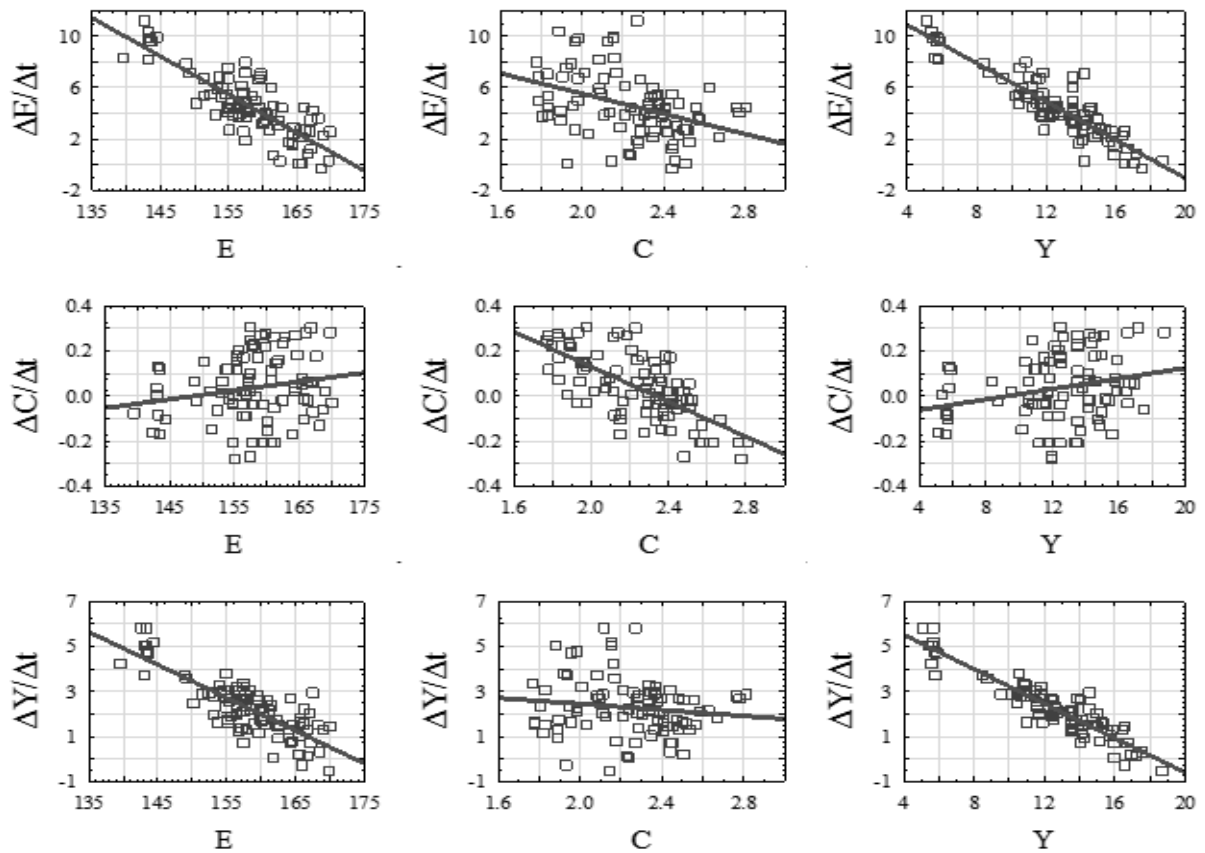


Рис. 1. Попарні залежності швидкості змін у часі параметрів системи від їх поточного стану для сіножати в насадженнях світчґрасу: ось абсцис – поточні значення параметрів системи; E – емісія оксиду вуглецю; C – вміст вуглецю в ґрунті; Y – надземна фітомаса культури; ось ординат – швидкість зміни параметрів у часі.

Очевидно, що кореляції між предикторами накладають свій відтиск на картину, яку ми одержуємо при попарному порівнянні, а регресійний аналіз дозволяє «препарувати» взаємозв'язки та дати найбільш адекватну картину.

Вплив усіх предикторів є статистично вірогідним для пояснення мінливості швидкості змін у часі вмісту вуглецю в ґрунті під насадженнями світчґрасу. Емісія оксиду вуглецю та вміст вуглецю має стабілізуючий вплив на швидкість змін органічного вуглецю в ґрунті, а надземна фітомаса є стимулятором цього процесу. Попарне порівняння вказує на стимулюючий вплив на вміст вуглецю емісії оксиду вуглецю та надземної фітомаси та на стабілізуючий вплив вмісту вуглецю в ґрунті. Очевидно, що швидкість емісії

можна зв'язати з інтенсивністю метаболізму ґрунтової мікробіоти, чим можна пояснити стимулюючий вплив на накопичення органічного вуглецю в ґрунті. Закономірно, що надземна фітомаса корелює з фітомасою підземною, яка є джерелом органічного вуглецю. Слід також враховувати опад та пожнивні залишки, джерелом яких є надземна фітомаса.

На швидкість змін надземної фітомаси позитивно впливають емісія оксиду вуглецю та накопичення органічного вуглецю в ґрунті, а негативно впливає сама фітомаса. Позитивний вплив емісії оксиду вуглецю можна пояснити як наслідок активності ґрунтової біоти, маркером якого є емісія. Органічний вуглець є традиційною ознакою родючості ґрунту. Від'ємний вплив надземної фітомаси на швидкість її зростання слід розглядати в математичному контексті: зростання урожайності на більший рівень для меншого рівня фітомаси є більш вірогідним, ніж для високого рівня, коли фітомаса досягає свого максимального значення. За умов найбільшого можливого значення мінливість фітомаси коливається біля нульового рівня.

Отже, головним механізмом підтримання стійкості багаторічних систем енергетичних посівів є стабілізуючий вплив емісії оксиду вуглецю та надземної фітомаси на депонування вуглецю в ґрунті. Стійкий прогнозований рівень депонованого вуглецю є більшим, ніж спостережуваний, що вказує на стійку тенденцію до зростання депонування вуглецю під насадженнями міскантусу та свічграсу на маргінальних ґрунтах.

ЛІТЕРАТУРА

1. Дековець В.О., Кулик М.І., Галицька, М.А. (2022). Біологізація технології вирощування міскантусу гігантського на біопаливо. *Аграрні інновації*, 10. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2021.10.4>
2. Kulyk M., Galytskaya M., Plaksiienko I., Kocherga A., & Mishchenko O. (2020). Switchgrass and lupine as phytoremediation crops of contaminated soil. 20th International Scientific Multidisciplinary Conference on Earth and Planetary Sciences SGEM.
3. Kurilo, V.L., Kulik, M.I. (2017). Enerhetychni kul'tury dlya vyrobnytstva biopalyva: dovidnyk. [Energy crops for biofuel production: a guide] (p. 74). PSAA. <https://www.pdaa.edu.ua/sites/default/files/node/3165/enerhetychnikultury.pdf>
4. Писаренко П.В., Самойлік М.С., Диченко О.Ю., Цьова Ю.А., Подлесний А.В., Третякова Д.М. (2021). Концептуальні напрями регіонального управління сферою поводження з твердими побутовими відходами. *Вісник ПДАА*, 3. <https://doi.org/10.31210/visnyk2021.03.10>
5. Taranenko, A., Kulyk, M., Galytska, M., & Taranenko, S. (2019). Effect of cultivation technology on switchgrass (*Panicum virgatum* L.) productivity in marginal lands in Ukraine. *Acta Agrobotanica*, 72(3), 1–11. <https://doi.org/10.5586/aa.1786>

АДАПТАЦІЯ МІЖНАРОДНОГО ДОСВІДУ ЩОДО ЗБАГАЧЕННЯ ҐРУНТІВ ПОЛІССЯ УКРАЇНИ

Т.В. Головка, Т.М. Настека

Національний педагогічний університет імені М.П. Драгоманова,

м. Київ, Україна

holovko_tamila@ukr.net

Сьогодні в Україні зберігаються тенденції погіршення стану ґрунту, зростання процесів деградації. Ситуація ускладнюється через зміни клімату та непродуману господарську діяльність. Інтенсивне землеробство знижує різноманітність видів ґрунтових мікроорганізмів, порушує хімічний і біологічний баланс ґрунтів. Тому потрібно збагачувати ґрунт корисними мікроорганізмами, нейтралізувати фітотоксини і покращувати біологічну активність ґрунту.

Антропогенний вплив на стан ґрунту має ряд негативних результатів: зростання кислотності та лужності ґрунтів, поширення ерозії, зниження родючості. Впродовж останніх 20 років у Поліській зоні відбувається перманентний процес підкислення ґрунтів. Площа ґрунтів із активним ступенем кислотності становить майже 4 млн. гектарів, що на 300 тис. гектарів більше, ніж було десять років тому. Внаслідок водної ерозії щорічно вимивається близько 500 млн т гумусу та близько 1 млн т азоту, 0,7 млн т фосфору й понад 10 млн т калію [3].

Головною причиною негативної трансформації ґрунтів є недотримання законів землеробства. Оскільки, на жаль, значна частина землекористувачів не проводить жодних заходів спрямованих на збереження ґрунтів та підвищення їхньої родючості. Надзвичайно мало домогосподарств вносять органічні добрива, не враховуючи навіть мінімальної норми для забезпечення бездефіцитного балансу гумусу, залежно від ґрунтово-кліматичної зони, яка становить від 8 до 14 т на гектар.

Тому, на разі актуальним стає розвиток органічного землеробства, що передбачає застосування різних видів місцевих органічних добрив, забезпечуючи живлення рослин біогенними елементами, органічними сполуками (азот, фосфор, калій, кальцій) та органічними речовинами. У свою

чергу, це покращує водні, повітряні, теплові властивості ґрунту, підсилюючи мікробіологічні процеси.

У зв'язку з тим, що зменшуються обсяги тваринництва, виникають проблеми із внесенням органічних добрив. Альтернативою є використання компостування. Компост є найменш затратним біологічним добривом для поліпшення структури ґрунту, підвищення вмісту органічних і мінеральних речовин. Компостування дозволяє раціонально утилізувати побутові відходи, рослинні рештки. Надзвичайно актуальним на сьогодні є компостування опалого листя, з метою запобігання його спалення і зменшення надходження шкідливих речовин у повітря. Спалювання опалого листя зупиняє процеси в ґрунті, на 2–3 см знищується вся біота.

Перевагами компостування є також і те, що на сухих піщаних ґрунтах, завдяки використанню компосту, збільшується вміст гумусу та утримується волога й поживні речовини, на важких глинистих ґрунтах та чорноземах компост запобігає утворенню кірки та зменшує висихання поверхні.

Європейські країни активно розробляють і реалізують проекти щодо збереження ґрунтів, зокрема завдяки використанню різних видів компосту. У рамках програми, яку реалізовує Євросоюз, РОСТЕР 6F 2014–2020 Португалія, а саме три міста – Брага, Гімараеса та Порту брали участь у проекті з відновлення ґрунтів під назвою Res2ValHUM.

Всього в проекті залучено сім партнерів: дві університетські лабораторії та п'ять компаній, які спеціалізуються на техносолях та виробництві органічного компосту. Загальний бюджет проекту становив 2,1 млн євро.

Дослідники з університету Сантьяго де Компостела в Іспанії вивчали різні види компосту з органічних залишків, включаючи побутові відходи, гній та водорості. Вони аналізували хімічні властивості їх компонентів та їх здатність реагувати в різних типах ґрунту.

Результати дослідження надходили до всіх партнерів проекту, таких як португальська компанія з управління відходами Liror, яка отримує 60 тис. тонн «біовідходів» на рік [1].

Основні цілі проекту:

1. Пропагувати компостування як практику обробки органічних відходів:

- збільшити кількість сміттєпереробних підприємств для компостування;
- зменшити обсяги органічних відходів, які направляються на сміттєзвалища;
- підвищити обізнаність у шкільній громаді за допомогою лекцій;
- організувати інформаційні зустрічі з громадянами з метою популяризації компостування та передового досвіду селективного збору;
- скласти інвентаризацію відходів виробництва.

2. Сприяти використанню компосту в сільському господарстві як добрива/субстрату/коректора ґрунту органічного походження та сприяти сталому екологічному управлінню:

- збільшити кількість ферм, які використовують компост;
- продемонструвати вплив застосування компосту, багатого гуміновими речовинами, на якість ґрунту;
- охарактеризувати хімічний профіль гумінових речовин (ГВ) та їх біологічну активність;
- провести інвентаризацію виробництва відходів;
- створити та підтримувати інструмент управління органічними відходами.

3. Аналіз та оптимізація процесу компостування, щоб покращити якість та кількість отриманого компосту [4].

Адаптацію результатів проекту варто використати в Україні. Доречним є використання різних видів компостування при вирощуванні картоплі. Зокрема в Інституті картоплярства, який є відомим на весь світ і знаходиться у селищі Немішаєве Київської області.

Інститут є утримувачем генетичного банку картоплі України, який нараховує 3016 зразків, в тому числі: 1329 комерційних сортів, 927 зразків культурних та диких видів. Селекціонерами інституту створено понад 100 сортів картоплі різних груп стиглості і господарського призначення. До Державного Реєстру сортів рослин України занесено 47 сортів селекції інституту. В умовах Полісся України на дерново-підзолистих супіщаних ґрунтах обґрунтовано продуктивність короткоротаційних сівозмін і беззмінної

культури картоплі на основі вивчення зміни родючості ґрунту за різного насичення картоплею та удобрення. Науковцями інституту розроблено технологічні процеси вирощування насінневої та продовольчої картоплі на основі органічного землеробства [2].

Отже, збереження родючості ґрунту, є невідкладним завданням, невирішеність якого на перспективу призведе до появи проблем в агробізнесі, економіці та екології. Основним способом поліпшення стану ґрунту, тобто покращення його якісних характеристик є використання біологічних добрив. Потрібно відпрацювати культуру роботи з рослинними рештками, застосовувати компостування, як обов'язковий етап аграрного виробництва.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Євросоюз реалізує програму з відновлення ґрунтів. URL: <https://superagronom.com/news/9435-yevrosoyuz-realizuye-programu/zvidnovlennya-gruntiv?amp=1> (дата звернення: 20.11.2021).
2. Інститут картоплярства НААН. URL: <https://ikar.in.ua/intitute/> (дата звернення: 25.05.2022).
3. Яцук І., Панасенко В. Ґрунти потребують захисту. *Журнал Верховної ради України «Віче»*. 2013. №15. URL: <https://www.ioqu.gov.ua/publikaciji/statti/grunty-potrebuyut-zahystu/> (дата звернення: 18.05.2022).
4. Res2ValNUM. URL: <http://res2valnum.org/> (дата звернення: 20.11.2021).

ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТЕХНОГЕННИХ УТВОРЕНЬ ВУГЛЕЗБАГАЧЕННЯ НА ПАТ «ЛЬВІВСЬКА ВУГІЛЬНА КОМПАНІЯ»

Т.М. Дацко, Н.В. Качмар, М.Я. Іванків, А.І. Дидів

Львівський національний університет природокористування,

Львів, Україна

datsko_tetyana@ukr.net

У районах вуглевидобутку та збагачення типовими є техногенні утворення – породні відвали та хвостосховища, виникнення яких пов'язано з необхідністю відповідно до технології збагачення вугілля складувати велику кількість пустої породи. Основними чинниками негативного впливу цих техногенних утворень на навколишнє середовище є: порушення природного ландшафту земної поверхні; пилогазові забруднення атмосфери; порушення гідрогеологічного режиму прилеглих територій; хімічне та радіологічне забруднення ґрунтів і вод [2].

Збагачувальна фабрика ПАТ «Львівська вугільна компанія» здійснює збагачення вугілля для коксування і виробляє вугільний концентрат для теплових електростанцій, знаходиться поблизу міста Соснівка Львівської області. За проектною потужністю майже 10 млн тонн у рік фабрика найбільша в Європі. Збагачувальна фабрика має потужний вуглеприйм (три бокові вагоноперекидачі), значну ємність дозувально-акумулювальних бункерів, двосекційну (по два потоки) технологічну схему [1]. Фабрика має на балансі породний відвал, де складуються крупні тверді відходи вуглезбагачення, та два хвостосховища – № 1 та № 2, розташовані у районі річкового басейну Західного Бугу.

Загальна площа відведеної землі під породний відвал становить 60 га, місткість відвалу – 27 млн. м³ або 45 млн. тонн. Площа основи відвалу становить 650 тис. м², висота 60 м, сформований з п'яти ярусів, питома вага відходів 2,6 г/см³ [3]. Сьогодні експлуатаційні можливості відвалу вичерпані.

В районі породного відвалу відмічено орел забруднення підземних вод. У відходах вуглезбагачення міститься близько 1 % піриту, окиснення якого призводить до утворення сірчаної кислоти і легкорозчинних сульфатів заліза. Внаслідок цього в підніжжі відвалу накопичуються сульфатні води [4]. Вловлювання поверхневого і дренажного стоків закислених вод від породного відвалу забезпечується спорудженням нагірних дренажних каналів по периметру відвалу. Відвід стоку здійснюється в існуючий водозбірник біля ставка шахтних вод. З водозбірника підкислена стічна вода за допомогою насосної установки перекачується в ставок-накопичувач шахтних вод, звідки вода за допомогою насосної станції системою трубопроводів подається в технологічний процес збагачувальної фабрики для повторного використання. Дренажний канал має ширину по дну 1,0 м.

При недотриманні технології складування може виникати samozапалювання укладених порід. Для безпечної експлуатації і недопущення samozапалювання породи потрібно проводити відсіпку інертного матеріалу. У сухий період року необхідно постійно зволожувати автопід'їзні дороги відвалу. Від часу введення в експлуатацію роботи з рекультивації відвалу

велись частково, тобто не по всьому фронту. Для виключення розмиву неробочих відкосів заскладованої гірничої маси укоси породного відвалу потребують залуження і заліснення, що також зменшить площу контакту води з піритом і відповідно призведе до зниження кислотності поверхневих вод. При правильній експлуатації породного відвалу і виконанні всіх вимог буде зменшено до мінімуму утворення закислених вод і розвіювання пилу з породного відвалу.

Хвостосховища – земляні ємності-накопичувачі рідких відходів, які переміщуються з місць їх утворення гідравлічним способом через трубопроводи та зберігаються в рідкому стані. Хвостосховища є складними із довгостроковою функціональністю спорудами, які знаходяться не лише під впливом природного середовища, але й багатьох соціально-політичних і економічних факторів. При виході з ладу будь-якої системи хвостосховища, рідка складова відходів порушує захисні функції огорожувальних конструкцій, виходить назовні і викликає руйнування.

Хвостосховище № 1 ємністю 5,1 млн. м³ розташоване в заплаві р. Рата на відстані 4 км на північний захід від проммайданчика і займає площу 75 га при висоті огорожуючих дамб 7–8 м. Хвостосховище зашламоване, не експлуатується. Складування хвостів збагачення проводиться в хвостосховище № 2, що розташоване в міжріччі р. Західний Буг і р. Рата. Ємність хвостосховища 4,2 млн. м³. Огороджуюча дамба відсипана із відходів вуглезбагачення, висота дамби – 15–17 м. Для виключення фільтрації із хвостосховища в чаші і по внутрішньому укосі дамби був укладений екран із поліетиленової плівки, а також екранізація за допомогою глиняного екрану та глиняна завіса. Довжина огорожуючої дамби – 2679 м. Висвітлена вода із хвостосховища насосною станцією оборотного водопостачання подається на майданчик фабрики в оборотний цикл. Скиди в гідрографічну систему не допустимі. Одночасно із скидом хвостів із збагачувальної фабрики доцільним є ведення розробки хвостосховища, що полягає у відборі заскладованих шламів гравітації з перекачкою їх на збагачувальну фабрику. Це забезпечить утворення додаткової ємності в чаші хвостосховища № 2, чим буде продовжений термін його експлуатації.

Техногенні утворення ПАТ «Львівська вугільна компанія» знаходяться в густонаселеному шахтарському районі. На південь від відпрацьованого хвостосховища № 1 в санітарну зону частково попадає село Межиріччя. З півночі, заходу та південного заходу до збагачувальної фабрики підходять шахти зі значною кількістю породних відвалів. Вітри Львівщини переважно західні та північно-західні. Викиди із джерел забруднення збагачувальної фабрики переміщуються вітрами, утворюючи ореоли забруднення на земній поверхні. Під час атмосферних опадів відбувається забруднення верхніх шарів ґрунту. Необхідно відмітити, що забруднення ґрунтів проходить також і за рахунок вимивання шкідливих компонентів з породного відвалу. Вплив породного відвалу та технологічного комплексу сумується з додатковим вкладом чисельних териконів шахт, які розташовані в даному районі [3].

Безумовно необхідним є проведення регулярного контролю і спостережень за безпечним станом породного відвалу та хвостосховищ; розгляд можливості застосування супутникового моніторингу стабільності дамби хвостосховищ задля отримання даних спостережень за станом споруд та з метою попередження і своєчасного реагування на аварійні ситуації; облаштування території накопичувачів відповідними попереджувальними знаками.

ЛІТЕРАТУРА

1. Бучацька Г., Дворянська Н., Дворянський А., Дяків В. Мінеральний склад відходів видобутку і збагачення вугілля, їхні екзогенні зміни та вплив на природні води за результатами гідрогеологічного моделювання (Червоноградський гірничопромисловий район). *Мінералогічний збірник*. 2014. № 64. Випуск 2. С. 176-194.
2. Ковтун І.М., Корня Н.В. Екологічна безпека на збагачувальній фабриці. *Проблеми охорони праці, промислової та цивільної безпеки: збірник матеріалів ІХХ всеукраїнської науково-методичної конференції* (12 березня 2018 р., Київ). НТУУ «Київський політехнічний інститут ім. І. Сікорського», 2018. С. 189-192.
3. Малик Ю.О., Голець Н.Ю. Аналіз впливу полігону твердих промислових відходів Червоноградської ЦЗФ на довкілля. *Вісник Національного університету «Львівська політехніка»*. 2008. № 609: Хімія, технологія речовин та їх застосування. С. 254-257.
4. Ярош Ю., Харкевич В. Хімізм шахтних вод Червоноградського гірничопромислового району як один із чинників негативного впливу на геологічне середовище. *Вісник Львівського університету*. Сер. геол. 2003. Вип. 17. С. 137-147.

ГЕНЕЗА ДЕГРАДОВАНИХ ҐРУНТІВ НА ПРИКЛАДІ АГРОЧОРНОЗЕМІВ

Ю.В. Дегтярьов

Державний біотехнологічний університет,

м. Харків, Україна

degt7@ukr.net

Ґрунтотворний процес (грунтогенез) обумовлює розвиток ґрунтового покриву на поверхні Землі, у складі якого домінують зональні, інтразональні і азональні ґрунти. Зрозуміло, що складність природних умов різних континентів і країн обумовлюють велику різноманітність ґрунтів. Досить лише констатувати, що тільки у межах України за результатами суцільного великомасштабного обстеження було виділено 632 види ґрунтів. Але, якщо враховувати різновиди і розряди ґрунтів, то їх кількість зростає до 3 тис. Ця велика різноманітність ґрунтів України утворює найвищий класифікаційний таксон – царство ґрунтів [3].

За характером походження і використання «царство ґрунтів» підрозділяється на чотири відділи: 1) природні; 2) агрогенні; 3) техногенні; 4) урбаногенні ґрунти [2]. Чорноземні ґрунти першого відділу збереглися лише на територіях, зайятих заповідниками тощо, а також на схилах і днищах балок під природною трав'яною рослинністю. Як відомо, чорноземні ґрунти України розорані на 80–90 % (інколи 90–95 %) від їх загальної площі. Під час розорювання цілинні чорноземи еволюціонують в агрогенні.

Розглянемо в загальному плані розвиток цілинних і агрочорноземів, аналізуючи їх генезу з використанням елементарних ґрунтових процесів (ЕҐП), які дозволяють розшифрувати складну природу ґрунтів та їх профілю. Кожний тип ґрунтотворення (дерновий, підзолистий, буроземний, солонцевий тощо) формує «свої» профілі, властиві тільки конкретним типам ґрунтогенезу.

Профіль чорнозему цілинного має таку будову: Нс+Nd+Нрк+НРк+Рк, сформований під дією таких ЕҐП: 1) повстиноутворення; 2) дерниноутворення; 3) гуміфікація (утворення гумусу); 4) гуміфікація (закріплення гумусу); 5) біотурбація; 6) карбонатизація (CaCO_3); 7) синтез і ресинтез глинистих мінералів.

Профіль орного чорнозему (агрочорнозему) такий: $H_{\text{орн.}} + H_{\text{підорн.}} + H_{\text{рк}} + H_{\text{Рк}} + R_{\text{к}}$. Його сформували такі ЕГП: 1) гумуфікація; 2) гуміфіксація; 3) агротурбація (обробіток і оранка); 4) біотурбація (дія землерийок і хробаків); 5) утворення орного горизонту; 6) утворення підорного горизонту; 7) утворення плужної підшви; 8) штучно-акумулятивні процеси під час внесення органічних і мінеральних добрив; 9) штучно-акумулятивні ЕГП за внесення Са-вмісних сполук; 10) підкислення (підлуження) за умов внесення мінеральних добрив; 11) штучне забруднення важкими металами, пестицидами; 12) синтез і ресинтез глинистих мінералів; 13) агротехнічна дефляція (2–3 т/га пилу за вегетаційний період) [1].

Отже, під час розорювання і сільськогосподарського використання утворюється новий профіль ґрунту як результат дії агрогенно-акумулятивного процесу ґрунтоутворення – агрочорнозем.

У цілих степах на поверхні ґрунтів утворюється горизонт трав'яної (степової) повстини (Hc). Вона виконує важливу екологічну і трофічну роль у житті ґрунту: захищає ґрунт від перегріву, зменшує випаровування вологи, виступає суттєвим джерелом поживних елементів і органічних речовин. Під степовою повстиною корені трав утворюють дерновий горизонт (Hd). Він також інтенсивно переритий хробаками. У перехідних горизонтах відмічається інтенсивна переритість кротовинами. Результат дії біотурбації – розпушення генетичних горизонтів цілих чорноземів.

Агрогенне ґрунтоутворення розпочинається зі знищення таких елементарних процесів (ЕГП), як повстино- і дерниноутворення в цілих чорноземах, що призводить до зміни водного, температурного, газового, енергетичного режимів нових орних ґрунтів (агрочорноземів). Перегрів агрочорноземів у літній період зумовлює інтенсивне випаровування вологи, що призводить до зростання сухості і аридизації ґрунтів.

Розорювання, обробіток ґрунту у ході вирощування сільськогосподарських рослин, зумовлює механічне перемішування ґрунтової маси верхніх генетичних горизонтів, що викликає порушення будови природного профілю ґрунтів. Штучно-акумулятивні ЕГП призводять до поступового перетворення ґрунтової маси, зміни природних процесів, режимів і заміна їх новими агрогенними. Відбувається структурна реорганізація ґрунтової маси: водно-фізичних,

хімічних, біологічних показників ґрунту. Фактично природний гумусово-аккумулятивний процес ґрунтотворення змінюється агрогенно-аккумулятивним, який формує агрочорноземи.

Заміна природної трав'яної рослинності сільськогосподарськими культурами, відчуження рослинної маси з урожаєм призводить до різкого скорочення кількості і якості органічних решток, які слугують основним джерелом для утворення гумусу. Під час відчуження рослинної фітомаси з урожаєм, в ґрунти кожного року все менше і менше повертається N, P, K, S, Ca, Mg, зменшується кількість обмінного кальцію тощо. Добре відомо, що природні трави майже повністю відмирають у кінці кожного вегетаційного періоду і повертають у ґрунт раніше забрані поживні елементи.

Дегуміфікація, декальцієфікація, зниження кількості поживних речовин в агрочорноземах – явища типові для агрогенних ґрунтів. Вони відсутні у природних (цілинних) ґрунтах. Інтенсивне зниження кількості гумусу у верхніх горизонтах агрочорноземів відбувається у перші 5–10 років розорювання і досягає 25–35 % від цілинних аналогів. Через 40–50 років розорювання в умовах зональної агротехніки вирощування сільськогосподарських культур, за даними О.М. Грінченка, кількість гумусу в ґрунтах відносно стабілізується.

Унаслідок зміни рослинного покриву та режимів в агроґрунтах змінюється якісний і кількісний склад мікроорганізмів, мікробіологічна активність. У складі біоти агрочорноземів значно представлені (або домінують) актиноміцети, які викликають дегуміфікацію ґрунтів.

Зниження кількості гумусу, обмінного кальцію зумовлює погіршення структурного стану агрочорноземів, руйнування зернистої структури. Цьому також сприяє дія ґрунтообробної техніки. Ґрунтова маса агрочорноземів поступово ущільнюється, особливо орний шар. Погіршуються фізичні умови для росту і розвитку сільськогосподарських культур, що знижує їх урожайність. Це нові негативні властивості агрочорноземів, що відсутні у цілинних аналогах. Поверхня орних чорноземів за умов зволоження слабко, але запливає, а в разі підсихання утворюється тонка, рихла, тріщинувата, але ґрунтова кірка.

Отже, фактично природні чорноземи під впливом агрогенно-аккумулятивного ґрунтотворного процесу перейшли в тип агрочорноземів. Рушійною силою цього процесу є виробнича діяльність людини як чинника

ґрунтотворення, а ґрунтові процеси і режими контролюються факторами довкілля, особливо кліматом. При цьому потрібно особливо зазначати, що для природних ґрунтів є поступовий і незворотний напрям еволюції і самовідновлення, а в агрогенних ґрунтах процес самовідновлення постійно знижується в дії, або взагалі руйнується без постійного регулювального впливу людини (внесення добрив, меліорантів, осушення, зрошення тощо).

ЛІТЕРАТУРА

1. Тихоненко Д.Г. Еволюція і класифікація агрогенних ґрунтів України. *Вісн. Чернів. ун-ту. Сер. Біологія*. Чернівці, 2012. С. 96-100.
2. Тихоненко Д.Г. Методичні засади класифікації ґрунтів (на прикладі України). *Вісн. Чернів. ун-ту. Сер. Біологія*. Чернівці: (Рута). 2005. С. 40-49.
3. Тихоненко Д.Г. Про класифікацію ґрунтів України. *Вісн. ХНАУ ім. В.В. Докучаєва. Сер. «Ґрунтознавство, агрохімія, землеробство, лісове господарство»*. Харків, 2001. №3. С. 33-39.

ВИРОЩУВАННЯ ВЕРБИ ПРУТОВИДНОЇ НА ОРГАНОГЕННИХ ҐРУНТАХ ЗАХІДНОГО ПОЛІССЯ

М.Д. Зосимчук¹, О.А. Зосимчук¹, В.П. Лукашук²

¹*Сарненська дослідна станція ІВПіМ НААН України,
м. Сарни, Україна*

²*Інститут водних проблем і меліорації НААН України,
м. Київ, Україна*

zoimchyukm@gmail.com, vita_lukashuk@ukr.net

Сучасний паливно-енергетичний комплекс України значною мірою базується на імпорті сировини, ціна на яку постійно зростає. Тому актуальним є пошук альтернативних джерел енергії зі зменшенням частки викопних видів палива. Також дедалі частіше виникає проблема подальшого використання перезвожених земель Західного Полісся з нерегульованим водно-повітряним режимом. Одним з альтернативних способів їх використання може стати вирощування біоенергетичних культур [1, 2]. До того ж в останні 20–30 років відбувається ще й стрімке підкислення осушуваних земель та зниження вмісту рухомих форм азоту, фосфору і калію, що ускладнює вирощування традиційних сільськогосподарських культур [3]. У наукових колах останнім часом розмірковують про доцільність відведення частини осушуваних земель із нерегульованим водним режимом під плантації біоенергетичних культур.

Вагомим аргументом для розвитку зеленої енергетики є те, що багато енергетичних культур здатні рости на малородючих землях із підвищеною кислотністю і, що особливо важливо для зони Полісся, – на перезволожених землях із нерегульованим водно-повітряним режимом та виведених із сільськогосподарського використання або тимчасово невикористовуваних [4-6]. Таких земель по зоні Західного Полісся нараховується понад 120 тис. га. Використання їх під посіви біоенергетичних культур дозволить не лише повернути ці землі до ефективного використання, а й забезпечить щорічне одержання 1,6–1,8 млн. тонн паливних одиниць, або 0,8–1,0 млрд. м³ біогазу.

Серед відомих енергетичних культур найперспективнішими є верба прутовидна (*Salix viminalis* L.) та міскантус гігантський, що зумовлено невибагливістю до умов вирощування, високою продуктивністю та здатністю поліпшувати еколого-меліоративний стан ґрунтів і навколишнього середовища. Дослідженнями встановлено високу ефективність вирощування верби прутовидної шведської селекції в умовах осушуваних органогенних ґрунтів Західного Полісся. Так, її 3-річні посадки формували врожайність 84,1–93,6 т/га сухої деревної біомаси. За умови вирощування верби прутовидної шведської селекції можна щороку одержувати до 30 т/га сухої деревної маси, що в 10–14 разів більше, ніж забезпечують традиційні лісові насадження.

ЛІТЕРАТУРА

1. Трускавецький Р.С. Торфові ґрунти і торфовища України. Харків: Міськдрук, 2010. 278 с.
2. Рижук С.М. Агроекологічні особливості високоефективного використання осушуваних торфових ґрунтів Полісся і Лісостепу. Київ: Аграрна наука, 2002. 135 с.
3. Греков В.О. Методичні вказівки з охорони ґрунтів. Київ, 2011. 114 с.
4. Гелетуха Г.Г. Сучасний стан та перспективи розвитку біоенергетики в Україні. Аналітична записка БАУ. 2014. № 10. 32 с.
5. Nikolaisen L., Nielsen. M. Straw for energy production. Technology – environmental-economy. The Centre Biomass Technology. Denmark, 1998.
6. Wachendorf. Thermal use of agricultural biomass. Bova course Energy crops and biogas production, 3-7 march 2008, Tartu, Estonia.

ШЛЯХИ ЗБЕРЕЖЕННЯ ТЕМНО-КАШТАНОВИХ ҐРУНТІВ НА ІНГУЛЕЦЬКОМУ ЗРОШУВАНОМУ МАСИВІ

Д.О. Ладичук, Н.М. Шапоринська

Херсонський державний аграрно-економічний університет,

м. Херсон, Україна

dladychuk@gmail.com

Сьогодні більшість зрошуваних ландшафтів півдня України знаходяться в нестійкому та критичному стані свого розвитку. Ґрунти, які є індикатором еволюції та розвитку ландшафтів, поступово втрачають природну родючість, бо саме ґрунти виступають в якості основного знаряддя та засобу існування держави.

Антропогенне навантаження на зрошувані темно-каштанові ґрунти Інгулецького зрошуваного масиву вже тривалий час перевищує допустимі межі і веде до деградації ґрунтів.

Інгулецька зрошувальна система – одна з перших великих зрошувальних систем в Україні, введена в експлуатацію у 1956–1963 рр. Система охоплює 55 господарств Снігурівського і Жовтневого районів Миколаївської області, Білозерського, Корабельного та Дніпровського районів Херсонської області.

Ґрунтовий покрив у межах системи представлений чорноземами південними гумусованими і темно-каштановими ґрунтами. На глибині кількох метрів від поверхні залягають горизонти легкорозчинних солей, що негативно впливають на стан зрошуваних земель. Основним способом поливу сільськогосподарських культур є дощування (до 92 % площі).

Проведення тривалих іригаційних поливів водою незадовільної якості викликає розвиток деградаційних процесів в темно-каштанових ґрунтах в зоні Інгулецького зрошуваного масиву і знижує їх родючість. Однією з головних причин цього є постійне погіршення якості поливної води. У складі зрошувальної води, яка використовується для поливу сільськогосподарських культур на Інгулецькому зрошуваному масиві, переважно містяться NaCl, MgCl₂, Na₂SO₄. Періодично з'являється сода в кількості 0,24–0,40 мг-екв/дм³. Мінералізація становить протягом поливного сезону 0,65–1,75 г/дм³. Вміст натрію від суми катіонів 27–76 %, а хлору від суми аніонів – 26–71 %.

За існуючих умов знайти будь-які рентабельні технологічні схеми попереднього очищення зрошувальної води на Інгулецькому зрошуваному масиві, на наше переконання, сьогодні неможливо.

В той же час, з точки зору використання додаткових джерел зрошення, можливе використання попередньо очищених побутових стоків та вод поверхневого збору на невеликих площах (від 300 до 1000 га). Це досягається за рахунок застосування сучасних очисних систем (споруд), які виробляються сучасними підприємствами як за кордоном: OTT (Німеччина), FPZ і Drepo (Італія), ЗАТ «Трайденіс» (Литва), AQUATEC VFL s.r.o. (Словаччина), так і в Україні: ТД «Євротрубпласт» (м. Київ), корпорація «Енергоресурс-інвест» (м. Львів) та інші.

Поливи водою незадовільної якості викликають процеси вторинного засолення та осолонцювання ґрунтів, що негативно впливає на розвиток сільськогосподарських культур. Наявність повторно засолених земель в Білозерському районі Херсонської області за період з 1996 по 2020 роки складає по рокам від 1204 га до 6753 га, або від 4,5 до 20,7 % в обсязі поливних земель, а повторно осолонцювані землі складають 90,4–95,7 %.

Тому темно-каштанові ґрунти Інгулецького зрошуваного масиву потребують проведення ландшафтної меліоративних заходів із-за фізичної та хімічної деградації. Прояви деградації: вторинне засолення і осолонцювання, підтоплення, знеструктурування тощо. Під впливом постійно прогресуючого розвитку цих негативних процесів землероби Херсонської області зі зрошуваного поля недоотримають 550–600 тон кормових одиниць зернових та кормових культур в рік.

При багаторічному зрошенні на Інгулецькому зрошуваному масиві, в межах розповсюдження темно-каштанових ґрунтів, середня урожайність озимої пшениці на зрошуваних землях зменшилась на 38–67 %, озимого ячменю на 33–75 %, ярих зернових – на 33–67 %, кукурудзи на зерно на 48–87 %, цукрового буряку на 50–70 %, багаторічних трав на 45–74 % [1].

Сучасна концепція екологічно-безпечної меліорації повинна включати високу культуру землеробства, адаптивність агро меліоративних заходів для

конкретних агроландшафтів, подальшого впровадження регіонального та національного еколого-меліоративного моніторингу земель [2].

Для попередження сезонного засолення ґрунтів, їх осолонцювання розроблений та рекомендується до застосування комплекс еколого-меліоративних заходів:

- улаштування горизонтального дренажу для підтримання рівнів залягання ґрунтових вод на глибині $>2,0-2,5$ м від поверхні;
- підвищення протисолонцевої буферності ґрунту шляхом внесення не менше 1 т/га мінеральних добрив та гіпсу, дозою 2,0–3,9 т/га в польових сівозмінах через 5–6 років, а в овочевих – через 2–3 роки;
- підтримка ґрунтів у структурному стані, за рахунок внесення 40 т/га гною та вирощування люцерни 3 роки поспіль;
- виключити із системи мінеральних добрив, добрива які вміщують іони хлору та натрію;
- застосування промивного режиму нормою 1200–1800 м³/га при досягненні середнього ступеню засолення ґрунтів.

Для збереження вмісту гумусу в шарі 0–40 см на зрошенні, як показують досліди, що проведені в ряді господарств, необхідне внесенням перегною з парникового господарства, як варіант, а головне – введення восьмипільної сівозміни з двома полями трав і одним полем гороху, яка пройшла п'ять ротацій.

Таким чином, запропонований комплекс еколого-меліоративних заходів дозволить знизити ступінь деградаційних процесів і зберегти родючість темно-каштанових ґрунтів на сьогоднішньому рівні розвитку.

ЛІТЕРАТУРА

1. Гамаюнова В.В., Філіп'єв І.Д., Сидякіна О.В. Сучасний стан та проблеми родючості ґрунтів Південного регіону України. *Таврійський науковий вісник*. Вип. 31. Херсон, 2004. С. 130-136.
2. Сафонова О.П., Волочнюк Є.Г. Екологічні проблеми використання для зрошення вод забруднених промисловими стоками. *Науковий вісник БГМФ-1*. Херсон. Айлант. 2003. С. 71-78.

ЕКОЛОГО-ЕДАФІЧНА ОЦІНКА ПРИДАТНОСТІ РЕКУЛЬТИВОВАНИХ ЗЕМЕЛЬ ДЛЯ ВИРОЩУВАННЯ ЕНЕРГОКУЛЬТУР

О.О. Мицик, Н.В. Гончар, О.О. Гаврюшенко, В.Т. Пашова, С.М. Лемішко
*Дніпровський державний аграрно-економічний університет,
м. Дніпро, Україна
nhontschar@ukr.net*

Залежно від типу корисних копалин та способів їх видобутку, техноземи, що утворюються у даному процесі, мають свої специфічні особливості. Так, склад і властивості едафічних конструкцій техноземів Нікопольського марганцеворудного родовища трансформуються на різних етапах біологічного освоєння та використання. Спочатку ці субстрати мають дещо негативні показники. У перші роки спостерігається переущільнення і зменшення пористості, низьке забезпечення основними поживними елементами, вміст легкокорозійних солей підвищений. В результаті біологічного освоєння динаміка змін властивостей та поживних режимів фітомеліорованих гірничих порід набуває позитивний рух в напрямку до рівня зональних ґрунтів. В результаті функціонування кореневих систем рослин і різних фізіологічних груп мікроорганізмів накопичуються ферменти, які акумулюються органічно-мінеральною частиною едафотопів. Штучні едафотопи за своїми основними показниками біологічної активності майже завжди наближаються до зональних південних чорноземів.

За нормування біопродуктивності зернових культур на маргінальних землях в Західному Донбасі найбільший позитивний вплив робить повне накладення всіх факторів рекультивації. Найбільший винос енергії з біомасою соломи зафіксований при вирощуванні кукурудзи, на другому місці озима пшениця, а на третьому – люцерна.

Більшість гірничих субстратів Нікопольського марганцеворудного родовища придатні для створення промислових плантацій енергетичних культур. Найбільш сприятливими для вирощування міскантусу є лесоподібний суглинок, червоно-бура глина та їх суміш. Темно-сіра сланцева глина не придатна для вирощування міскантусу як енергетичної культури через низьку

продуктивність. Найкращими субстратами для світчграсу є червона-бура глина, лесоподібний та червоно-бурий суглинки, а також сіро-зелена глина. Варіанти з чорноземом та темно-сірою сланцевою глиною є найгіршими за врожайністю. Тем не менш, продуктивність світчграсу на темно-сірій сланцевій глині вища за міскантову, тому використання цього субстрату для отримання сировини світчграсу цілком доцільно.

ЛІТЕРАТУРА

1. Kharytonov, M.M., Babenko, M.H., Mytsyk, O.O., Gavryushenko, O.O., Pashova, V.T., & Martynova, N.V. (2018). Physical-chemical and biological testing of phytomeliorated rocks of the Pokrov land reclamation station. *Agrology*, 1(3), 300-305. doi: 10.32819/2617-6106.2018.13010
2. Kharytonov M.M., Gonchar N.V., Gavryushenko O.O., Mytsyk O.O. (2020) Ecological assessment of the state of rocks in the of reclamation process in the Nikopol manganese ore basin. Resource-saving technologies of raw-material base development in mineral mining and processing. Multi-authored monograph. Universitas Publishing, Petroșani, Romania. p. 392-413.

ВИЗНАЧЕННЯ БІОЕНЕРГЕТИЧНОГО ПОТЕНЦІАЛУ ВІДНОВЛЮВАНИХ ЗЕМЕЛЬ ЯК ФІЗИКО-ЕКОНОМІЧНА ПЕРЕДУМОВА РЕКУЛЬТИВАЦІЙНОЇ СТРАТЕГІЇ

В.О. Шевчук

*Національна академія статистики, обліку та аудиту,
м. Київ, Україна
v.o.shevchuk@gmail.com*

Віроломна війна спричиняє невідкладність парадигмальних змін суспільно-господарського буття. Посилюється необхідність розв'язання економічних, соціальних, екологічних та інших проблем, особливо з огляду на перебування України в колі світових виробників та експортерів продовольства. З метою запобігання продовольчих загроз необхідно гарантувати глобальну продовольчу безпеку [2].

Зміни існуючих підходів до розв'язання продовольчих проблем своєю чергою потребують адекватних природничих і теоретико-економічних підходів. Новітнім напрямом сучасної світової економічної думки є екологічна економіка [3]. Її основоположником є визнаний українець С. Подолинський [5].

Інноваційною передумовою відновлення земель, поруйнованих унаслідок антропогенних і техногенних впливів, є технології їх рекультивації, фіторе mediaції забруднених ґрунтів, оптимізації ресурсного потенціалу маргінальних земель тощо.

Належить брати до уваги, що на території України триває становлення цивілізаційних прототипів, що базуються на біологічній енергії, яка засвоюється через фотосинтетичну здатність акваторій, диких трав та зернових культур. Кожний цивілізаційний прототип містить властиві йому інституційні архетипи [1].

Прийняття до уваги цих наукових передумов потребує до початку відновлення поруйнованих земель принципово по-новому обґрунтувати їхню рекультиваційну стратегію – концептуально окреслити біоенергетичний потенціал відновлюваних земель, розробити адекватні підходи до оцінювання їхніх продуктивних можливостей. Пропоновані нами підходи дозволяють рекомендувати покрокові науково-прикладні методики практичного визначення продовольчого потенціалу.

1. Із природничих позицій урожай зернових, зернобобових та олійних культур належить розглядати в невід’ємній сукупності з отриманням та ефективним використанням соломи, бадилля, полови, а також стебел, листя, лушпайок бобових та/чи соняшникового насіння тощо [6].

З точки зору екологічної економіки інноваційне обґрунтування рекультиваційної стратегії потребує природничо-економічного з’ясування сутності взятих у сукупності зерна, соломи та продукції, подібної до соломи. М. Руденко запровадив у науковий обіг категорію «енергія прогресу», котра являє собою фізичний аналог абсолютної додаткової вартості [4, с. 364, 366].

Тож за М. Руденком обсяги збору соломи визначаються за формулою:

$$\text{Солома} = \text{Енергія прогресу} - \text{Зерно} \quad (1)$$

Український інтелектуал показав співвідношення між складовими енергії прогресу як складових структури біоенергетичного врожаю злакових – зерна і соломи: $40\% = 100\% - 60\%$ (2)

Біоенергетичний потенціал соломи він визначив як 0,4 енергії прогресу.

М. Руденко дав наукове обґрунтування формули енергії прогресу і навів її метафізичний та фізико-економічні варіанти [4, с. 146, 441-445]. Він також запропонував математичний опис формули [4, с. 455]:

$$E = K + F \quad (3)$$

де E – енергія прогресу; K – капітал; F – кількість ентропії.

Формула має особливу значущість з точки зору щорічного суспільного розподілу енергії прогресу. Онтологічно цей розподіл тяжіє до ідей «Економічної таблиці» Ф. Кене [4, с. 305, 432].

З аналітичної точки зору важливими є кількісний та якісний аспекти розподілу, здійснюваного за формулою (3). Елементарний вигляд формули (3) є таким: $5 = 3 + 2$ (4)

З погляду аналізу біоенергетичних співвідношень енергії прогресу, яка щорічно розподіляється в суспільстві, йдеться про розподіл, узагальнено описаний за формулою (2). Поряд із цим важливим є якісний аспект розподілу суспільного розподілу енергії прогресу.

2. Наведений варіант формули (3) окрім математичного опису структури енергії прогресу надає стисло інтерпретацію абсолютного капіталу. Ця інтерпретація, незважаючи на її лапідарність, у той же час дозволяє визначати щорічне примноження обсягів капіталу.

Графо-аналітичні варіанти формули енергії прогресу М. Руденка описують абсолютний капітал детальніше від його формули (3). Своєю чергою відповідні їм фізико-економічні методики потребують розвитку з метою подальшого визначення біоенергетичних співвідношень між складовими абсолютного капіталу.

Трактуючи абсолютний капітал як сукупність складових за С. Подолинським і М. Руденком, доречно вести мову про необхідність новітнього обґрунтування ескіза «вічного двигуна» продовольчого комплексу. Адже українець С. Подолинський незалежно від «батьків термодинаміки»

обґрунтував його ще у 80-х роках ХІХ ст. Нині цей ескіз «вічного двигуна» можна збагатити сучасним термодинамічним прикладанням.

3. У формулі М. Руденка (3) належить бачити не тільки приріст ентропії, але й еколого-економічні застереження мислителя щодо запобігання її збільшенню. Відтак надзвичайної важливості набуває положення про те, що вказаний у формулі (3) приріст F є гранично допустимим. Адже F потребує максимального скорочення, що спричиняє необхідність розроблення й адаптації відповідних фізико-економічних методик.

4. Розв'язання порушених проблем водночас потребує обґрунтування новітньої еколого-економічної моделі господарювання, передовсім – у сфері господарського освоєння живого. Прикладне застосування моделі, зокрема, у продовольчому комплексі, своєю чергою спричиняє актуальність розроблення інновативних підходів до рекультивації земель.

Раніше ми вказували на природні блага (сонячне випромінювання, атмосферне повітря, акваторій, біоценози і комахи-запилувачі), симбіоз яких створює позитивні ефекти природних екстерналій. Нині зростає необхідність імплементації абсолютного капіталу як сукупності безальтернативних благ (землі, зерна, соломи, худоби, органічних добрив) у середовище природних екстерналій за класичною для екологічної економіки аналогією «сад – пасіка».

5. Представлення абсолютного капіталу як ескіза розвитку «вічного двигуна» продовольчого комплексу дозволяє вести мову про необхідність подальшого забезпечення повноти вказаної еколого-економічної моделі. Відтак, втілюючи інноваційну стратегію рекультивації земель, фіторе mediaції забруднених ґрунтів, оптимізації ресурсного потенціалу маргінальних земель тощо, необхідно керуватися основоположним твердженням М. Руденка про те, що земля, котра «рік за роком втрачає родючість», «не є капіталом», – «адже ж капітал є процес нарощування врожайності, а не навпаки» [4, с. 455].

Сучасна парадигма господарського освоєння сфери живого передбачає, що цивілізаційному прототипу, біоенергетичною основою якого є зернові культури, відповідає сукупність історично сформованих інституційних архетипів [1, с. 203-204]. Вибудовуючи ці архетипи, належить на фізико-

економічних засадах забезпечувати диференційований підхід до використання як продуктивних, так і малопродуктивних земель, відновлених після їх техногенного порушення, забруднення, ерозії та ін.

З метою ефективного використання цих земель нині належить брати до уваги еволюційне становлення новітніх соціально-економічних систем, прообразом яких свого часу були відповідні інституційні архетипи: пшенична нива та загін для худоби; кузня, столярня, слюсарня, реміснича майстерня; вітряки, водяні млини, парові машини тощо. Природниче осмислення досвіду господарського освоєння дослідженого цивілізаційного прототипу дозволяє на землях, відновлених після їх техногенного порушення, забруднення, ерозії тощо, проектувати принципово нові соціально-економічні системи. На малопродуктивних землях з урахуванням рівня їх забрудненості можуть створюватися новітні техніко-економічні, енергетичні та інші системи.

Ресурсним забезпеченням енергетичних систем може стати спалювання рослин, здобутих завдяки фотосинтезу. Йдеться, зокрема, про спалювання за екологічно безпечними технологіями енергетичних культур, спеціально вирощених на забруднених територіях з метою очищення земель від наслідків їх техногенного порушення, забруднення, ерозії чи іншого антропогенного втручання.

Застосування пропонованих підходів, що спираються на природничі засади, дозволяє виявляти можливості подальшого нарощування біоенергетичного потенціалу продовольчого комплексу України.

ЛІТЕРАТУРА

1. Shevchuk V. Problems of economic management of innovations: Natural principles of achievement of controllability. *Modern Management: Economy and Administration: Monograph*. Opole: The Academy of Management and Administration in Opole, 2018. S. 201-208.
2. The coming food catastrophe. *The Economist*. May 19th 2022.
3. Екологічна економіка. *Вікіпедія* [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://en.wikipedia.org/wiki/Ecological_economics.
4. Руденко М. Енергія прогресу. Вибрані праці з економії, філософії і космології. К.: «Кліо», 2015. 680 с.
5. Сергій Подолинський. *Вікіпедія* [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://ru.qwe.wiki/wiki/Sergei_Podolinsky.
6. Україна зби́рала рекордний урожай. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://lb.ua/economics/2021/12/21/501465.html>.

ОСНОВНІ ШЛЯХИ ОПТИМІЗАЦІЇ МАРГІНАЛЬНИХ ЗЕМЕЛЬ

В.В. Юрченко, О.В. Бирка, А.М. Фесенко

Державний біотехнологічний університет,

м. Харків, Україна

viktoriyabir@online.ua

За даними ФАО, у зв'язку зі зростанням населення до 2050 року необхідно подвоїти виробництво продовольства. При нинішньому рівні знань ми не в змозі обійтися у вирішенні цієї проблеми без ґрунтів, придатних для вирощування культурних рослин. Нині із 13,5 млрд. га земель на суходолі планети для землеробства придатні не більше 22 %. Формування родючих ґрунтів тривало протягом кількох тисячоліть. Сьогодні ж ці багатства зникають швидкими темпами унаслідок нерозумної діяльності людини та під дією природних чинників, зокрема, пов'язаних зі змінами клімату [3].

До головних форм негативного антропогенного впливу на ґрунти відносять:

- знищення рослинного покриву, внаслідок чого відбувається оголення ґрунту і прискорюється його ерозія;
- обробку важкою технікою, що руйнує структуру ґрунту;
- неправильну експлуатацію ґрунтів у агросфері, що виснажує запаси поживних речовин;
- відчуження земель під будівництво, розробку корисних копалин, військові полігони, зберігання відходів, що призводить до втрат родючості;
- забруднення мінеральними добривами, отрутохімікатами, паливно-мастильними матеріалами, гірськими породами, стічними водами, побутовим та будівельним сміттям, відходами тваринництва, радіонуклідами, промисловими відходами тощо.

Все це веде до деградації ґрунтів, формування так званих маргінальних земель, на яких ведення сільського господарства є економічно неефективним через низьку родючість та екологічні обмеження [2].

Відповідно до Земельного кодексу України (від 25.10.2001 №2768-III), до деградованих, а отже маргінальних земель віднесено:

а) земельні ділянки, поверхня яких порушена внаслідок землетрусів, зсувів, карстоутворення, повеней, добування корисних копалин тощо;

б) земельні ділянки з еродованими, перезволоженими, з підвищеною кислотністю, засоленістю, забрудненими хімічними речовинами ґрунтами та ін.

В Україні землі сільськогосподарського призначення складають 41,4 млн. га (71 % від загальної площі держави). Розораність земель є найвищою у світі – 54 % території країни і майже 80 % сільськогосподарських угідь [1]. Порушення екологічно допустимого співвідношення площ ріллі, природних кормових угідь, лісових насаджень негативно впливає на стійкість агроландшафту.

На даний час площа маргінальних земель у складі сільськогосподарських угідь України становить 15,5 млн. га (48,4 % ріллі). Серед них ґрунти кам'янисті (1,9 %), піщаної текстури (2,7 %), глинистої текстури (2,4 %), засолені (3,8 %), солонцюваті (1,6 %), кислі (13,8 %), перезволожені (8,1 %), еродовані (14,1 %) та забруднені (радіонуклідами, важкими металами) (19,4 %) [2].

За даними «Звіту щодо впровадження в Україні Конвенції ООН про боротьбу з опустелюванням» (2019), деградовані землі складають 25,57 % від загальної площі нашої країни за виключенням територій, зайнятих внутрішніми водами. І цей показник постійно зростає. Якщо така тенденція продовжиться, то до 2050 року частка деградованих ґрунтів сягне 90 %.

Сучасне використання земельних ресурсів України не відповідає вимогам охорони ґрунтів та раціонального природокористування, призводить до зниження їх родючості через виснаження, забруднення, переущільнення, втрати водопроникності та аераційної здатності з усіма екологічними наслідками. Найважливішою умовою забезпечення гарантій продовольчої безпеки і збереження біосфери у майбутньому є постійна турбота про захист ґрунтів.

Запобігти утворенню маргінальних земель чи сприяти їх оптимізації можливо шляхом застосування комплексу заходів, направлених на боротьбу з ерозією, виснаженням, забрудненням ґрунту, а також заходів щодо підвищення його родючості, попередження руйнування структури, втрати корисних властивостей та відновлення порушених земель.

Найбільш масштабними деградаційними процесами в Україні є водна та вітрова ерозія ґрунтів [4]. З метою обмеження масштабів ерозії рекомендується перехід від екстенсивного до інтенсивного землекористування, формування мозаїчного агроландшафту, застосування прогресивних технологій мінімального обробітку ґрунту. Організація проведення сівозмін на полях, нарізаних за контурами ґрунтових відмінностей, сприяє як боротьбі з ерозійними процесами, так і запобіганню виснаження ґрунту. Завдяки застосуванню легких машин і механізмів або багатофункціональних агрегатів при проведенні польових робіт зменшується руйнування структури ґрунту.

Важливою складовою комплексу ґрунтозахисних заходів є підбір оптимальної системи обробітку ґрунту, оскільки вдалий варіант може вирішити одночасно декілька завдань. Наприклад, система нульового обробітку ґрунту «ноу-тілл» порівняно з традиційними технологіями значно зменшує розвиток ерозії, зберігає запаси вологи та поживних речовин, покращує структуру ґрунту, особливо при її застосуванні у посушливих регіонах та в умовах із надмірними опадами на полях, розміщених на схилах [5]. Безпліцева система обробітку ґрунту сприяє його збагаченню органічними речовинами, регуляції температурного режиму ґрунту, поліпшенню його структури, дає змогу ґрунту утримувати більше вологи та протистоїть ерозійним процесам.

Система органічного землеробства, що базується на відмові від мінеральних добрив і отрутохімікатів, забезпечує збереження та примноження родючості ґрунтів, отримання екологічно безпечних продуктів харчування та збереження біосфери.

Меліорацію проводять з метою покращення певних властивостей ґрунту для забезпечення високих і стійких врожаїв. Розрізняють агротехнічні (оранка впоперек схилу, щілювання, терасування, борознування, лункування), лісотехнічні (лісосмуги, багаторічні трав'янисті насадження), хімічні (внесення добрив, вапна, гіпсу), гідротехнічні (полив, осушення) та нетрадиційні види меліорації (мульчування, сидерація, внесення дощових червів, кольматаж, ін.).

Для відновлення порушених земель застосовується рекультивація, що включає два основних етапи. Гірничотехнічний етап передбачає планування території, зняття і нанесення родючого шару ґрунту, а також проведення інших

робіт, що створюють необхідні умови для подальшого використання або проведення заходів щодо відновлення родючості ґрунтів (біологічний етап).

Перспективним методом боротьби із забрудненням ґрунтів є фітореMediaція. ФітореMediaційна технологія заснована на здатності рослин видаляти токсичні речовини з навколишнього середовища або перетворювати їх у безпечні сполуки. Сучасні фітореMediaційні технології можуть ґрунтуватися на різних методологічних підходах: фітоекстракція, ризофільтрування, фітодеградація, фітоволоталізація та ін.

Впровадження комплексу заходів щодо захисту та раціонального використання ґрунтів є запорукою вирішення проблеми дефіциту продовольства і виживання біосфери в цілому.

ЛІТЕРАТУРА

1. Земельний довідник України 2020: база даних. URL: <https://agropolit.com/spetsproekty/705-zemelniy-dovidnik-ukrayini--baza-danih-pro-zemelniy-fond-krayini> (дата звернення: 17.05.2022).
2. Маргінальні землі: презентація. URL: https://bio.gov.ua/sites/default/files/documentation/ivanina_v.v.pdf (дата звернення: 16.05.2022).
3. Михайлов Ю. Україна For sale. *Пропозиція*. 2013. №8. С. 28-31.
4. Сторчоус І. «Ноу-тілл»: особливості застосування технології. *Пропозиція*. 2014. №11. С. 74-77.
5. Тараріко Ю., Дацько Л. Екосистема проти спустелювання. *The Ukrainian Farmer*. 2016. Серпень. С. 50-51.

ДОСВІД ТА ПЕРСПЕКТИВИ ВИРОБНИЦТВА БІОСИРОВИНИ ДЕРЕВНИХ ПОРІД НА РЕКУЛЬТИВОВАНИХ ЗЕМЛЯХ ЗАХІДНОГО ДОНБАСУ

М.С. Якуба, В.А. Горбань

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара,

м. Дніпро, Україна

YS_MARINA@meta.ua

Енергетична незалежність України є однією з найбільш актуальних проблем сьогодення. Важливою передумовою успішного функціонування держави у майбутньому є розвиток перспективних та пріоритетних напрямків у галузі біоенергетики, серед яких вирощування та використання енергетичних рослин [2, 5, 6]. Прогноз Європейської ради з використання відновлювальних джерел енергії по споживанню теплової енергії в ЄС до 2050 року передбачає, що у 2030 році з відновлювальних джерел буде вироблятися близько 50 %

загального обсягу теплової енергії (247 млн. т.у.о.), в тому числі з біомаси – 175 млн. т.у.о. Україна, враховуючі її сприятливі ґрунтово-кліматичні умови, має великий потенціал виробництва біомаси, доступної для енергетичного використання [5, 6]. За даними інформаційних джерел у 2019 році плантації з вирощування енергетичних рослин в Україні становили близько 6400 га, тоді як площа малопродуктивних, деградованих та незадіяних у господарстві земель становила понад 4 млн. га [4]. Вирощування енергетичних рослин на маргінальних землях, серед яких і покращені шляхом рекультивації антропо-техногенно змінені землі на місцях видобутку корисних копалин, дозволить не лише оптимізувати властивості ґрунтового шару території, скоротити викиди парникових газів та отримувати прибуток від малопродуктивних земель, а й замінювати імпортований газ дешевими місцевими видами палива [1, 3, 5].

Особливу увагу сучасних науковців привертають маргінальні землі, утворені внаслідок функціонування вугільновидобувної промисловості. Оскільки Дніпропетровщина володіє 51 % усіх запасів вугілля України, а об'єм його видобутку тут становить 17 % від загальнодержавного, проблема практичного застосування маргінальних земель у цьому регіоні постає гостро і є невідкладною [1, 3, 4]. Формування техногенних ландшафтів на землях, порушених виробництвом вугілля зумовлене інтенсивним відвалоутворенням. Шахтні породи характеризуються вкрай негативними фізико-хімічними властивостями. Для відновлення господарського потенціалу земель техногенного ландшафту часто використовують лісову меліорацію. При цьому, крім виконання меліоративних функцій, лісові насадження можуть бути потужним джерелом постачання деревної енергетичної сировини.

Дослідження проводилися на території Західного Донбасу, розташованого у південно-східній частині України (площа близько 6 тис. км²). Господарське освоєння цього регіону видобутку кам'яного вугілля часто супроводжуються осіданням та затопленням заплавної території р. Самари Дніпровської та її притоків. Для здійснення лісової меліорації змінених вугільновидобувною промисловістю територій проводять штучну регенерацію

ґрунтового покриву, що найчастіше полягає у землюванні. Під час науково-дослідних робіт з лісорекультивациі відвалів Західного Донбасу в 1975 році Комплексною експедицією Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара були створені конструкції насипних едафотопів. Ділянки рекультивациі розташовані на правому березі р. Самари в зоні шахтних виробок на відстані 5 км від м. Павлограда на північному сході Дніпропетровської обл.

Ділянка лісової рекультивациі № 1 на відвалі шахти «Павлоградська» (площа 3,2 га) має прямокутну форму, розміри 157 × 200 м². Нахил 1,5° до північного сходу. На ділянці створено п'ять варіантів штучного едафотопу з розмірами 157 × 40 м² та різною потужністю насипки зверху фундаменту з шахтних порід. Варіанти насипок (зверху вниз, м): I – шахтна порода (20); II – лесоподібний суглинок (0,4–0,6), пісок (0,4–0,6), шахтна порода (1,0); III – чорнозем (0,4–0,6); пісок (0,4–0,6); шахтна порода (1,0); IV – чорнозем (0,4–0,6), пісок (0,9–1,1), лесоподібний суглинок (0,4–0,6); V – чорнозем (0,4–0,6), пісок (0,4–0,6); лесоподібний суглинок (0,9–1,1).

У квітні 1976 року на варіантах ділянок було висаджено 15 деревних порід та чагарників (відстані між рядами – 2,5 м, між саджанцями – 1,5 м), серед яких досить швидкорослою і високопродуктивною виявилася акація біла (*Robinia pseudoacacia* L.), що може виступати перспективним енергетично сировинним ресурсом. За даними фахівців, ця деревна порода, починаючи з п'ятирічного віку, при зрізуванні дає щорічно 10 м³ деревини. Таким чином, при рубках догляду можна отримати ще 100 м³ деревини. При досягненні 26–30-річного віку з 1 га акація може дати 230 м³ деревини, а враховуючи той факт, що акація здатна до самовідновлення, за 100 років експлуатації акацієвого насадження з одного гектара можна заготовити 800–900 м³ деревини. Не зважаючи на належність акації білої до групи інвазійних видів України, ця порода володіє низкою важливих позитивних рис – крім покращення ґрунтових характеристик, робінії притаманний швидкий ріст, високі прирости і повторне розмноження шляхом пускання паростків з пеньків [2, 5], тому використання

акації білої у якості енергетичної деревної культури є доцільним та виправданим за умов контролю її поширення на прилеглі природні території.

Формування досліджуваних насаджень відбувалося за типом штучних білоакацієвих екосистем на звичайному чорноземі у степовій зоні України. На варіантах з насипкою лесоподібного суглинку та чорнозему у насаджень акації зафіксовано високий рівень життєвості, водночас, на I варіанті насипки з 20 м шаром шахтної породи, рослини загинули у перші роки після висаджування.

Основними методами дослідження роботи є біогеоценотичний підхід та вчення про типологічні принципи лісів степової зони України. Запаси підстилки та опаду, як показники сучасного стану біогеоценозів та прогнозу їх подальшого розвитку, досліджували уніфікованими загальноприйнятими методами [3].

Максимальні запаси підстилки у білоакацієвих насадженнях на порушених землях Західного Донбасу зафіксовано на V варіанті насипного ґрунту, що характеризується оптимальним співвідношенням потужності та чергування насипних шарів – $181,5 \pm 12,9$ ц/га, мінімальні ($148,3 \pm 19,1$ ц/га) – на II варіанті, де ґрунтовий покрив не має чорноземного шару. Величини потужності підстилки у білоакацієвих насадженнях зони рекультивації Західного Донбасу варіювали від $0,6 \pm 0,2$ (насадження на II варіанті насипних ґрунтів) до $2,5 \pm 0,3$ см (на V варіанті). Щорічно у вигляді відмерлої фітомаси до підстилки білоакацієвих насаджень на різних варіантах ґрунтів надходило $25,5 \pm 2,7$ – $29,9 \pm 2,0$ ц/га опаду. Більші запаси опаду зафіксовані у насадженнях акації на V та IV варіантах ґрунтів, що пояснюється оптимальним підбором шарів штучного ґрунту з підстилаючою породою з лесоподібного суглинку та показниками світлового і температурного режимів, які є найбільш наближеними до вихідних у подібних природних біотопах. Більші запаси опаду відмічені у насажденні на V варіанті, де є шар чорнозему, а шар суглинку найпотужніший. Відмічено пряму залежність величини опаду та багаторічного накопичення лісової підстилки від категорії придатності штучних ґрунтів для вирощування деревних порід, стан насаджень робінії на рекультивованих землях Західного Донбасу зростає від II до V варіанту насипних ґрунтів.

Отже, за умови оптимального підбору ґрунтових шарів при землюванні, маргінальні землі, що підлягають лісовій меліорації, можуть бути вдало використані для вирощування перспективної деревної породи – акації білої, як потужного джерела виробництва деревної енергетичної сировини.

ЛІТЕРАТУРА

1. Зверковський В.М., Зубкова О.С. Життєвість початково створених лісових культур на різних варіантах рекультивації відвалу шахти «Павлоградська». *Питання степового лісознавства та лісової рекультивації земель*. 2015. Вип. 44. С. 126-131.
2. Ситник С.А. Енергетичний потенціал робінієвих насаджень Північного степу України. *Науковий вісник НЛТУ України*. 27(1), 2017. С. 79-82.
3. Цветкова Н.М., Якуба М.С. Характеристики підстилки білоакацієвих насаджень зони рекультивації порушених земель Західного Донбасу. *Проблеми фундаментальної і прикладної екології та раціонального природокористування*. Мат. Другої міжнар. науково-практ. конф. Кривий Ріг, 2005. С. 252-254.
4. <https://uabio.org/materials/100/>
5. <http://bio.gov.ua/bioenergy/news/pilotny-uchastok-proektu-seemla-programy-goryzont-2020>
6. <http://bic.com.ua/index.php/rozrobka-saitu/inteaktyvni-karty/enerhozberezhennia/13-statti/77>

ANALYSIS OF GRANULOMETRIC COMPOSITION OF AGRICULTURAL LAND SOILS NEAR THE OVERBURDEN HEAP

Chushkina Iryna¹, Maksymova Nataliia², Hynek Roubík³

¹ *National Technical University «Dnipro Polytechnic»,
Dnipro, Ukraine*

² *Metinvest Polytechnic Technical University,
Mariupol, Ukraine*

³ *Czech University of Life Sciences,
Prague, Czech Republic
chushkina.ir.v@nmu.one*

The extraction of minerals is usually accompanied by the accumulation of a significant mass of class IV hazard waste that is piled up. The activity of Fishermen's Quarry LLC was no exception, as a result of which an active external heap of overburden was formed. In the southeast of the latter there are agricultural lands in the immediate vicinity, and in the distance – the village of Chapli.

One of the main factors that affecting the environment is the cutting of the surface of the artificial embankment.

The southern part of the heap was already covered with vegetation due to self-growth, but the backfilling was resumed in this area.

As a result of the field inspection of the heap, numerous manifestations of suffusion, failures of the day surface, and, as a violation of the continuity of

vegetation – falling of trees and shrubs, etc. were revealed. The course of a dangerous exogenous geological process causes the surface of the exposure of the day [1].

To assess the intensity of wind transfer of particles from the embankment to adjacent agricultural land, soil samples were taken from the body of the heap and at its foot, as well as from the field.

According to the results of laboratory studies by pipette, it was found that the content of physical clay increases with the distance from the man-made embankment. Furthermore, the highest indicators of the content of lean fractions are characteristic of the areas near the restoration of the existing heap depending on the prevailing wind directions, where it is reasonably classified as coarse-grained sandy coarse-grained coarse-sandy. For example, at a distance of 20 m from the previous points of the granulometric composition, consisting of soil, changes to coarse-grained light loam.

Based on laboratory studies using the pipette method, it was found that the vast majority of soils in agricultural lands are classified as loamy and, when approaching the zone of influence of the existing pile of overburden, as sandy. As a result of field research, it was found that an additional factor in the restoration of air erosion of the surface in the course of suffusion, is the formation of dips on the earth's surface. Field and laboratory work performed testify to the need for more research, in particular, to check the presence of inhibition of the cellulolytic activity of fertile soils in the area of influence of man-made embankments [2].

The regularity of the use of the possibility of further studies of the impact of overburden piles on surrounding areas, especially for agricultural purposes. The location of mineral soils near the fields during embankment can lead to further development of the structural state of the formations in the surrounding areas and therefore do not address the feasibility of providing forest reclamation and other dust suppression measures for the period of embankment heaping. Embankment sawing is resumed by restoring backfill or exogenous geological processes (suffusion, etc.).

LITERATURE

1. Restoration of the hydrological regime and sanitary condition of the Chaplynka River sections from the village of Olenivka to the village of Shevchenkivka, Magdalinivka district, Dnipropetrovsk region - overhaul. *Working project*. Volume 1. Explanatory note. 462-08 / 17-PZ. 2017. Asgard-kr.com.ua

2. Report from the environmental impact assessment. Planned activities «Restoration of hydrological regime and sanitary the state of the Chaplynka River on the territory of the Ivanivka village council of Petrykivskyi district of Dnipropetrovsk region - overhaul. Adjustment». 2020. 151 p.

GROUPING OF RESERVES ACCORDING TO THE ELEMENTS OF THE
METHOD OF USE AND SOURCES OF THEIR FORMATION

S.A. Tkachenko¹, O.M. Potyshniak², Y.S. Poliakova¹, V.A. Tkachenko¹

*¹ International Technological University «Mykolayiv Polytechnics»,
Mykolayiv, Mykolaiv region, Ukraine,*

*² State Biotechnology University,
Kharkov, Kharkov region, Ukraine,*

rector.npi@gmail.com, tkachenko26091980@gmail.com

Intra-production reserves represent potential opportunities for increasing the economic efficiency of the economy, improving the quality characteristics and technical parameters and increasing the volume of finished products produced on the basis of scientific and technical (innovative) progress, the use of intensive growth factors, improving economic management, economic mechanism, improving the organizational support of the process production, rational use of material, labor and financial resources.

The planned system of mass organization of the modern economy has objective advantages and unlimited possibilities for the most cost-effective, careful and complete use of all types of resources, for the comprehensive mobilization of intra-production reserves. The continuous increase in the level of development of science, technology, technology, economics and organizational support for the industrial production process, specialization and cooperation, the improvement of the qualitative characteristics and technical parameters of finished products and the quality of work in all sectors of the economy ensure a constant increase in the degree of use of production resources while simultaneously identifying new and valuable internal reserves.

The all-round mobilization of potentials (reserves) is becoming increasingly important in the national economic system of the country at the present stage of globalization procedures, when the scale of the industrial production process increases significantly, the mass of consumed production resources increases, when the possibilities for introducing scientific and technical (innovative) achievements and other.

Powerful government party structures and a galaxy of business executives who have achieved significant success, not without reason, note that the most important importance should be given to a fuller use of the intensive factors of economic development, available reserves, saving all types of resources, improving quality indicators and technical characteristics, criteria for assessing economic efficiency, achievement of the highest results at the lowest costs (costs), etc.

The successful implementation of a set of functionally developed tasks set by the government party structures and their subsequent prospective implementation by individual business executives in their places presuppose the skillful use of the inexhaustible forces of the political and economic system (formation) oriented to the market, the huge production and scientific and technical (innovative) industrial potential, the most valuable natural resources of our country, etc.

To sharply raise the economic efficiency of the industrial production process, to place all reserves without exception at the service of the national economic system of the country - as we have repeatedly noted in the progressive studies carried out over a fairly long period of time - the duty of the powerful government party structures, state and economic bodies, all public organizations, collectives, every conscious person, etc.

The internal reserves of the industrial production process are very diverse. If we consider the main elements of the production process method, we can distinguish such as reserves for the better use of labor, fixed assets (funds) and production capacities; reserves for better use of the objects of labor (raw materials, materials, fuel, energy, etc.). From the point of view of the most important technical and economic indicators and criteria for evaluating the performance of industrial enterprises, research and production associations, farming agricultural enterprises, construction organizations, special attention is paid to identifying and mobilizing the following types of reserves: reserves for increasing the economic efficiency of the industrial production process, reserves for productivity growth labor, reserves for improving the quality characteristics and technical parameters of finished products, reserves for reducing the cost of finished products and increasing profitability,

reserves for the rational use of capital investments (investments), reserves for increasing capital productivity, reserves for reducing the labor intensity and material intensity of finished products and the energy intensity of the production process.

In the practice of the subsystem of complex economic (economic) analysis and evaluation, planning functions, the grouping of reserves according to the elements of the method of use and sources of their formation is of great interest. In this regard, reserves associated with the improvement of technology, technology, organizational support for labor, the industrial production process, reserves due to the introduction of progressive raw materials and materials, tools, the development of specialization and cooperation, the rational distribution of productive forces, the improvement seed production and selection work in agriculture and many other components. Depending on the factors influencing development that predetermine the possibility of increasing the level of use of production resources, it is customary to single out intensive and extensive reserves into separate groups, etc.

НОВІТНІ ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРИЙОМИ ВИРОЩУВАННЯ БІОЕНЕРГЕТИЧНИХ КУЛЬТУР

УДОСКОНАЛЕННЯ СУЧАСНОЇ ГИЧКОЗБИРАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ ЩОДО ПОКРАЩЕННЯ ЯКОСТІ БУРЯКОЦУКРОВОЇ СИРОВИНИ

М.П. Волоха, Л.В. Болдирєва, М.О. Кісілевська

Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН

м. Київ, Україна

volmp@i.ua

Значною проблемою технологічного процесу збирання буряків цукрових, особливо при роботі машин на забур'яненних полях, є забрудненість вороху коренеплодів залишками гички і кореневищ бур'янів. Під час переробки цукросировини кожний відсоток зеленої маси в купі вороху коренеплодів призводить до зниження доброякісності дифузійного соку на 0,4–0,5 % і збільшення вмісту цукру в мелясі на 0,1 % [2]. Загалом, при тривалому заводському зберіганні (більше 60 діб) сильно пошкоджених і забруднених землею та рослинними залишками коренеплодів значно погіршуються кондиції сировини внаслідок ураження кагатною гниллю, а втрати цукру зростають у 5–7 разів [1].

Поряд з іншими чинниками, технологічна якість викопаних коренеплодів буряків цукрових значною мірою визначається досконалістю робочих органів бурякозбиральних машин, насамперед гичкорізів і копачів.

Частка головок в загальній масі коренеплодів становить 8–15 % залежно від сорту, і тому занадто низька обрізка головки коренеплода призводить до значних втрат врожаю. В даний час в Україні, а ще більше в інших країнах Східної Європи, сільськогосподарські підприємства збирають урожай на великих площах за допомогою шестирядних бурякозбиральних комбайнів, які мають насамперед німецьке і американське походження.

У технології збирання більшості західноєвропейських фермерів зрізана гичка подрібнюється ножами-билами, встановленими на горизонтально-поперечному валу гичкозбиральної машини, і укладається в міжряддя, що вперше було розроблено компанією *Stoll*. Проте, для експорту всі виробники бункерних бурякозбиральних комбайнів продовжують пропонувати обладнання з боковим викидом бадилля, що особливо актуально для засмічених бур'янами полів Східної Європи, адже за укладання бадилля в міжряддях викопувальні

робочі органи штовхали б рослинний матеріал перед собою, підвищуючи ризик забивання.

Відносно висока щільність буряків вздовж рядка (15–18 см) та різниця висоти виступання головок коренеплодів над рівнем поверхні ґрунту, посилюють вимоги до «часу реагування» гичкоріза. В цілому ж регулювання ножів по висоті зрізу можна досить ефективно провести за допомогою досконалого вітчизняного паралелограмного механізму (БМ-6Б) і, як показують результати багатьох досліджень, за робочої швидкості до 6 км/год можливо досягти кількості нормально обрізаних коренеплодів понад 90 %. Проте, при перевищенні цієї швидкості якість обрізки гички помітно погіршується.

Водночас у США викопування і обрізка головок здійснюється в два окремих етапи за допомогою навісних знарядь. Виробники фірм *WIC-Amity* (www.Amitytech.com) і *Artsway* (www.Artsway-mfg.com) виробляють гичкоріз з вальця зі сталевими бичами і двох наступних очищувальних вальців, що видаляють листя і частину головки. Індивідуальне регулювання висоти зрізу гичкоріза відсутнє, пристрій налаштовується на висоту безкопінного зрізу від 2 до 5 см по всій ширині захвату. За бажанням замовника машини можуть комплектуватися також пристроями досить простої конструкції для дообрізки головок. Недоліком при цьому є вибивання з ґрунту окремих великих коренеплодів, які отримують серйозні ушкодження і, як наслідок, погано зберігаються в кагатах. Тому в США буряк консервується у величезних ангарах чи складається під відкритим небом, як у північних регіонах.

Незважаючи на приведені недоліки, такі машини використовуються і в Східній Європі завдяки високій продуктивності і відносній простоті конструкції, адже вони, як правило, не оснащені дорогою електронікою і мають достатнє гідравлічне обладнання. Саме з цієї причини німецька компанія *Grimme* (www.grimme.de) також представляє на східноєвропейському ринку подрібнювач бадилля *BM 330*, що працює за тим же принципом, що і американські машини *WIC-Amity* або *Artsway*.

ЛІТЕРАТУРА

1. Іоніцой Ю.С. Технологічні показники якості коренеплодів різного походження за зберігання в кагатах. *Цукрові буряки*. 2013. № 6 (96). С. 14-16.
2. Коренеплоди цукрового буряка для промислового перероблення. Технічні умови: ДСТУ 4327:2013. [Чинний від 2014-01-01]. Київ. Держспоживстандарт України. 2013. 9 с. (Національний стандарт України).

ВПЛИВ УМОВ ЖИВЛЕННЯ НА РІСТ ТА РОЗВИТОК ГІБРИДІВ КУКУРУДЗИ

Л.А. Гарбар, К.К. Гнедов, Я.М. Антал

*Національний університет біоресурсів і природокористування України,
м. Київ, Україна
garbarl@ukr.net*

Кукурудза знайшла широкий спектр застосування як сировина у харчовій, хімічній, фармацевтичній та інших галузях. Різноманітність її застосування робить цю культуру унікальною. Вона є незамінним високоенергетичним кормом для тварин та птиці. Культура широко використовується у виробництві біопалива. Близько двох третіх усього виробництва використовується для годівлі сільськогосподарських тварин та птиці. Її споживання сприяє утворенню більшої кількості жирів, порівняно з пшеницею та ячменем. Проте порівняно з хлібами першої групи, зерно кукурудзи містить менше білку [3].

Високий вміст крохмалю дозволив використовувати зерно, як один із основних продуктів-постачальників енергії для великої рогатої худоби. Завдяки повільному перетравленню зерна культури, процес травлення у тварин займає тривалий час, що надає їй пріоритет у використанні в раціоні, лідируючи серед інших злаків. Завдяки високому вмісту крохмалю в зерні кукурудзи вона легко засвоюється птицею. Кукурудза у великих обсягах використовується для годівлі свиней у вигляді зерна, силосу. Це пояснюється високим вмістом перетравної енергії (ПЕ) та низьким білку.

Культура знайшла всебічне застосування і у переробній промисловості. Вона є джерелом для виробництва крохмалю, олії та клейковини. Кукурудза є джерелом крохмалю для фармацевтичної, паперової, гірничодобувної та будівельної галузей промисловості. З неї отримують кукурудзяні зародки, клітковину та білок. 40 % всього урожаю кукурудзи у США (130 млн. т / рік) піддається переробці з метою отримання етанолу. Одна тонна кукурудзи забезпечує отримання 400–500 літрів біоетанолу [2, 3].

Кукурудза є сировиною для отримання біогазу. Вона підлягає подрібненню, завантаженню силосу та подачу в анаеробний біореактор. Дія бактерій забезпечує отримання метану шляхом розщеплення кукурудзи та інших органічних матеріалів.

Кукурудза забезпечує високий вихід газу на 1 т урожаю. За вирощування гібридів з високим вмістом сухої речовини можна отримати урожайність культури до 60 т/га сирої ваги, що забезпечить отримання понад 6000 м³ метану з одного гектару [3].

Дослідження щодо впливу деяких чинників на особливості росту та розвитку гібридів кукурудзи проводили впродовж 2020–2021 рр. в умовах Київської області на чорноземах опідзолених. Польові досліді було закладено за методом розщеплених ділянок. На ділянках першого порядку вивчали гібриди, другого – позакореневе підживлення на фоні основного удобрення. Посівна площа елементарної ділянки – 64 м², облікової – 48 м², за триразового повторення. Попередник – пшениця озима.

Відповідно до поставленої мети була розроблена програма досліджень та схема польового досліді (табл. 1). Схема досліді передбачала вивчення гібридів (чинник А), удобрення (чинник В).

Таблиця 1

Формування елементів продуктивності соняшнику (схема досліді)

Гібриди (чинник А)	Удобрення (чинник В)
Феномен	N ₉₀ P ₄₈ K ₄₈ – фон (контроль)
Фотон	Фон + Нано-Мінераліс (обробка насіння)
P8812	Фон + Нано-Мінераліс (обробка насіння + фаза 3–5 листків)
	Фон + Нано-Мінераліс (обробка насіння + фаза 7–9 листків)
	Фон + Нано-Мінераліс (обробка насіння + фаза 3–5 листків + фаза 7–9 листків)

Фенологічні фази характеризуються як явище росту і розвитку рослини окремих елементів морфології, що постійно і закономірно повторюються. Ростові процеси рослин, як і їх розвиток, здатні відображати взаємодію всіх процесів та їх вплив на рослину. У результаті їх проходження відбувається дихання рослинного організму, засвоєння вуглекислого газу, поглинання азоту та зольних елементів, засвоєння води [1, 3].

Результати наших досліджень показали, що тривалість міжфазних періодів, як і вегетаційного періоду в цілому різнилися залежно від гібриду та варіантів удобрення.

Міжфазний період сходи – 11 листків визначався, перш за все, генетичними особливостями гібридів, які ми вивчали, і склав у гібриду Феномен 38–39 діб, Фотон – 40–41 добу, P8812 – 42–43 доби. Для періоду сходи – викидання волоті

була характерна більша різниця між тривалістю цього міжфазного періоду за варіантами удобрення. Так, у гібриду Феномен вона становила 52–55 діб, Фотон 54–57 діб, P8812 – 57–60 діб.

У період сходи – молочно-воскова стиглість показники змінювалися відповідно від 82 до 90 діб, від 87 до 95 діб, від 93 до 102 діб.

У цілому, тривалість періоду вегетації також суттєво відрізнялася залежно від генетичних особливостей гібриду та варіантів удобрення. При цьому у гібриду Феномен вона склала, залежно від варіантів застосування добрив, 109–120 діб, Фотон – 115–127 діб, P8812 – 122–134 доби. Таким чином, найтриваліший період вегетації мав гібрид P8812.

Варто зазначити, що за варіантами удобрення більшу тривалість вегетації за вирощування всіх гібридів, які вивчали, отримали на варіанті Фон + Нано-Мінераліс (обробка насіння + фаза 3–5 листків + фаза 7–9 листків).

ЛІТЕРАТУРА

1. Мазур В.А., Шевченко Н.В. Формування площі листкової поверхні рослин гібридів кукурудзи залежно від технологічних прийомів вирощування. *Біоресурси і природокористування*. Київ, 2018. Том 10, № 1, 2. С. 108-114.

2. Мокрієнко В.А. Мінеральне живлення кукурудзи. *Хімія. Агрономія. Сервіс*. 2008. № 13-14 (257-258) С. 6-7.

3. Шпаар Д., Гінапп К., Каленська С. Кукурудза. Київ: Альфа-ставія ЛТД. 2009. 396 с.

ВПЛИВ УМОВ ЖИВЛЕННЯ НА ПЕРЕЗИМІВЛЮ РІПАКУ ОЗИМОГО

Л.А. Гарбар, Р.Р. Паньовін

*Національний університет біоресурсів і природокористування України,
м. Київ, Україна
garbarl@ukr.net*

Людство увійшло в епоху жорстких суперечностей: чисельність населення зростає і для нього не вистачає продуктів харчування, чистої питної води та повітря, також вичерпуються запаси енергоносіїв. Розв'язання цієї проблеми за рахунок відновлювальних джерел таких, як біодизель, олії та етанол, загострюють нестачу обсягів виробництва продуктів харчування. Проте, на початковому етапі зниження гостроти проблеми, вона може бути вирішена при збільшенні виробництва олійних культур [1].

Ріпак належить до провідних олійних культур і поступається лише сої. З кожним роком в Україні вирощування ріпаку озимого набуває все більшої популярності. Завдяки цій культурі можна легко потрапити на найбільші світові ринки, адже вона має велике господарське значення. Проте, все має свої недоліки, і ріпак не виключення, тому потрібно звертати особливу увагу на деякі чинники, аби отримати бажаний результат.

В Україні ґрунтові та кліматичні умови сприяють повноцінному розвитку та високому врожаю ріпаку озимого та відповідають усім його біологічним вимогам. Зокрема, висока родючість ґрунтів, їхня задовільна водо- та повітропроникність, оптимальна кількість опадів і температурний режим дають змогу за правильної технології вирощування отримувати врожайність до 4 т/га [2].

На сьогоднішній день ріпак озимий займає одне з провідних місць із вирощуваних технічних культур в Україні. Найголовнішим критерієм при вирощуванні цієї культури є продуктивність та покращення якості насіння. Не менш важливу роль при вирощуванні відіграє норма висіву та строки сівби, які впливають на якість та кількість отриманого врожаю [3].

Мета досліджень: удосконалення агротехнології вирощування ріпаку озимого за рахунок збалансованого внесення добрив, що спрямоване на оптимізацію продукційного процесу з урахуванням специфіки ґрунтово-кліматичних умов Рівненської області. Попередник – пшениця озима. Площа облікової ділянки – 32 м², повторення чотириразове.

Дослід двофакторний: фактор А – гібриди Ксенон, Гладіус; фактор В – удобрення: N₁₆P₃₈K₅₈; N₂₄P₅₇K₈₇; N₃₂P₇₆K₁₁₆; N₁₆P₃₈K₅₈+N₂₁S₂₄; N₂₄P₅₇K₈₇+N₂₁S₂₄; N₃₂P₇₆K₁₁₆+N₂₁S₂₄.

На стійкість рослин ріпаку озимого впливають фактори перезимівлі, які включають в себе низькі температури, відсутність снігового покриву та інші умови весняного періоду. Тому доцільно вивчати збереженість рослин у критичні періоди, які виникають під час вегетації.

Одним із важливих показників, який вказує на стійкість гібриду до комплексу несприятливих умов впродовж вегетаційного періоду є збереженість

рослин. Цей показник різнився в залежності від варіантів удобрення та гібридів. За результатами досліджень, більш стійким до несприятливих умов перезимівлі та літньо-весняного періоду, виявився гібрид Гладіус, щоправда з невеликою різницею.

За результатами дослідження видно, що застосування удобрення позитивно вплинуло на збереженість рослин ріпаку озимого. У гібриду Ксенон збереженість рослин залежно від варіанту удобрення варіювала від 59,9 % до 66,3 %. Тоді, як у гібриду Гладіус ці показники змінювалися у діапазоні – 62,9–66,8 %. Відповідно, збереженість рослин на рівні 59,0 % було відмічено за внесення добрив у варіанті $N_{16}P_{38}K_{58}$ у гібриду Ксенон та 66,8 % у варіанті гібриду Гладіус із застосуванням $N_{32}P_{76}K_{116} + N_{21}S_{24}$.

ЛІТЕРАТУРА

1. Гарбар Л.А. Ефективність застосування добрив у оптимізації споживання елементів живлення рослинами ріпаку ярого. *Науковий огляд*. К. 2014. № 2(3), частина I. С. 145-151.
2. Гарбар Л.А., Антал Т.В., Кулик В.С. Вплив азотного живлення на формування продуктивності ріпаку озимого. *Науковий вісник НУБіП України*. 2015. № 210. Ч. 1. С.129-134.
3. Гусєв М.Г., Коковіхін С.В., Пелєх І.Я. Ріпак – перспективна кормова й олійна культура на півдні України. Вінниця, 2011. 160 с.

РІВЕНЬ ВРОЖАЙНОСТІ БІОМАСИ У РІЗНОВИДОВИХ ПОСІВАХ МАЛОПОШИРЕНИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ КУЛЬТУР

Д.Г. Дьомін, М.І. Кулик

*Полтавський державний аграрний університет,
м. Полтава, Україна
dag@ukr.net*

На сьогодні пошук шляхів отримання дешевої енергії та додаткового продукту із енергетичних культур є актуальним питанням. Це можливо реалізувати за вирощування відомих та вивчення малопоширених енергокультур.

Тому з метою визначення впливу різновидового складу посівів енергетичних культур за врожайністю біомаси були проведені оригінальні дослідження в умовах Лісостепу України.

У процесі дослідження були застосовані загальнонаукові та спеціальні методи дослідження.

Варіанти досліду поєднували одновидові посіви світчґрасу та різнопланове сумісне вирощування енергетичних культур: світчґрасу (Switchgrass, *Panicum virgatum* L.), індійської трави (Indiangrass, *Sorghastrum nutans* (L.) Nash), андропогону або бородача Жерара (Big Bluestem, *Andropogon Gerardii*) та сорго багаторічного (Columbus Grass).

Дослідженнями зарубіжних авторів визначено ефективність вирощування енергетичних культур у сумісних одновидових посівах. При цьому, відзначається екологічний ефект вирощування енергетичних культур [1], збільшення врожайності [2, 3] за різного розміщення рослинних компонентів у фітоценозах.

Нашими попередніми дослідженнями встановлено суттєвий вплив біометричних показників рослин за висотою і густотою стеблостою на врожайність біомаси малопоширених енергетичних культур. Найбільшу врожайність за сухою біомасою формували сорго багаторічне й індійська трава. Суттєво меншим цей показник виявився у андропогона Жерарді [4]. Також наші дослідження показують, що в одновидових посівах урожайність сухої біомаси індійської трави була на рівні 8,9 т/га в перший рік, 10,1 т/га в другий рік і 14,9 т/га на третій рік. Урожайність біомаси андропогона Жерарді варіювала в межах 4,4–9,3 т/га. Урожайність сухої біомаси сорго багаторічного зросла з 11,4 т/га (1-й рік) до 14,9 т/га (2-й рік) та до 18,0 т/га (3-й рік). Розроблена нами модель створення штучних фітоценозів дозволяє проводити фіторемедіацію з використанням енергетичних культур на основі агроекологічного моніторингу та агрономічного обґрунтування вирощування малопоширених енергетичних культур [5].

За результатами нових оригінальних досліджень встановлено, що сумісне вирощування енергетичних культур дозволяє оптимізувати структуру фітоценозу і найбільш доцільно використати площу маргінальних земель. Це сприяє рівномірному розподілу рослин у площині поля, більш інтенсивному росту й розвитку енергетичних культур, затіненню й витісненню ними бур'янів, а в кінцевому результаті впливає на рівень врожайності біомаси рослинних компонентів.

Після збору й висушування зібраної фітомаси енергетичних культур було визначено її врожайність за сухою масою. Цей показник варіював за варіантами досліду – від 11,8 до 13,1 т/га.

З-поміж варіантів досліду, порівняно із контролем, найбільшу прибавку врожаю забезпечили варіанти: світчграс + індійська трава (0,7 т/га), світчграс + андропогон Жерарді (0,4 т/га), індійська трава + андропогон Жерарді (0,1 т/га). На рівні стандарту врожайність за сухою масою була на варіантах: світчграс + індійська трава (0,7 т/га), індійська трава + сорго багаторічне (-0,1 т/га), суттєво меншою на варіанті андропогон Жерарді + індійська трава (-0,6 т/га).

Таким чином, морфометричні показники рослин малопоширених енергетичних культур дають можливість формувати ними потужний стеблостій, який, в свою чергу, є основою для забезпечення високої врожайності біомаси.

Окрім вищезазначеного, адаптивні властивості енергетичних культур відповідають умовам України. Рослини невибагливі до умов вирощування, солестійкі, посухостійкі, мають фіторемедіаційні властивості.

За результатами досліджень встановлено, що за врожайністю сухої біомаси виокремлено найбільш врожайні травосуміші малопоширених енергетичних культур: світчграс та індійська трава (13,1 т/га), світчграс та андропогон Жерарді (12,8 т/га), індійська трава й андропогон Жерарді (12,5 т/га). На рівні стандарту врожайність за сухою масою була на варіантах сумісного вирощування світчграсу та сорго багаторічного й індійської трави та сорго багаторічного – отримали рівнозначні показники (12,3 т/га). Суттєво меншою, порівняно з контролем та іншими варіантами досліду врожайність сухої біомаси була за сумісного вирощування андропогону Жерарді та сорго багаторічного (11,8 т/га).

Результати досліджень показали, що окремі сумісні посіви, а саме: світчграс + індійська трава, світчграс + андропогон Жерарді та індійська трава + андропогон Жерарді, здатні збільшувати врожайність сухої біомаси (до 12,5–13,1 т/га).

ЛІТЕРАТУРА

1. Delucia, E.H., Heckathorn S.A and T.A. Day (1992). Effects of soil temperature on growth, biomass allocation and resource acquisition of *Andropogon gerardii* Vitman. *New Phytol.* 120: 543-549.
2. McKone, M.J., Lund C.P. and J.M. O'Brien (1998). Reproductive biology of two dominant prairie grasses (*Andropogon gerardii* and *Sorghastrum nutans*, Poaceae): male-biased sex allocation in wind-pollinated plants. *Am. J. Bot.* 85: p. 776-783.
3. Weik L., Kaul H.P., Kübler E., Aufhammer W. (2002). Grain Yields of Perennial Grain Crops in Pure and Mixed Stands. *Journal of Agronomy and Crop Science.* <https://doi.org/10.1046/j.1439-037X.2002.00580.x>
4. Рожко І.І., Дьомін Д.Г., Кулик М.І. Вплив біометричних показників рослин на врожайність біомаси інтродукованих малопоширених енергетичних культур. *Вісник Полтавської державної аграрної академії.* 2021. Вип. (2), С. 114-123. DOI: <https://doi.org/10.31210/visnyk2021.02.14>
5. Kulyk Maksym, D'omin Dmytro, Rozhko Ilona. Reclamation of marginal lands using rare energy crops. European vector of development of the modern scientific researches: collective monograph / edited by authors. 2nd ed. Riga, Latvia: Baltija Publishing, 2021: 136-157. ISBN: 978-9934-26-077-3 DOI: <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-077-3-27>

РОЗРОБКА ЖИВИЛЬНИКА АВТОМАТИЧНОЇ ПОДАЧІ ЖИВЦІВ ПРИ САДІННІ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ВЕРБИ

С.В. Єрмаков¹, Т.Д. Гуцол², О.В. Кучер¹

¹ *Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»,
м. Кам'янець-Подільський, Україна*

² *Поліський національний університет,
м. Житомир, Україна
ermkov@gmail.com*

Існуючі машини для садіння енергетичної верби широко використовують людську працю, адже садивний матеріал у них подається вручну. Це суттєво обмежує можливості підвищення ефективності агрегатів. При створенні автомата садіння для такого матеріалу виникло завдання швидкісної та точної подачі живців, що призвело до пошуку шляхів обґрунтування руху живців при вивантаженні з накопичувальної ємності [2, 3].

Вивчивши існуючі теорії, що відображають суть склепоутворення, ми дійшли висновку, що переважна частина описує поведінку самого матеріалу, а не пропонує рішення виявлених проблем. Оскільки властивості матеріалів значно варіюються, то єдиних підходів до вирішення проблем склепоутворення немає. Вчені виділяють два основних напрямки для забезпечення безперебійного вивантаження сипких вантажів із ємностей:

1) запобігання виникненню склепінь, що може бути досягнуто правильним вибором параметрів ємності;

2) руйнування утворених склепінь із застосуванням різних склепозрушуючих пристроїв.

Обидва напрями актуальні, проте прогресивнішим виглядає перший, оскільки краще запобігти склепоутворенню, ніж боротися з ним [4]. Моделювання руху частинок вивантажуваного сипучого матеріалу, як і вибір засобів для руйнування склепінь, що утворилися в ємності, залежить від фізико-механічних властивостей матеріалу і параметрів самої ємності.

Враховуючи стрижнеподібну форму живців енергетичної верби, приймемо характер заповнення ними бункера шарами один над одним, тому, досліджуючи рух у цьому просторі, можна обмежитися лише вертикальною та горизонтальною складовою у площині перпендикулярної живцям та введеним напівплощинам, нехтуючи можливістю їх руху у поперечному напрямку. Тому при виготовленні діючої дослідної моделі обмежимо простір бункера двома паралельними стінками на відстані, що трохи перевищує довжину використовуваного для вивантажування матеріалу (рис. 1).

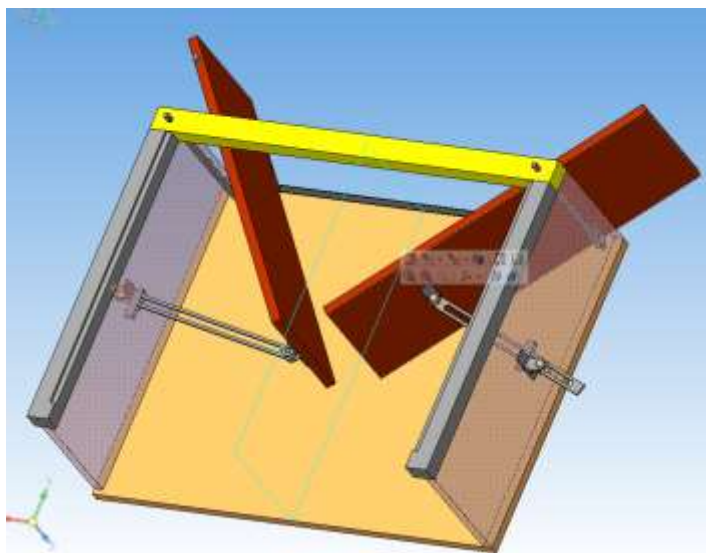


Рис. 1. Модель лабораторної установки

Лабораторна установка дозволяє в широких діапазонах регулювати кути двох напівплощин α і β , а також змінювати ширину вивантажувального вікна, що потрібно для дослідження. Використання даної моделі бункера дозволить досліджувати характер витікання матеріалу з бункера, а також визначити

крайові параметри для можливості такого висипання без склепоутворень і, відповідно, без затримок.

Статичні склепіння зупиняють процес висипання, але можливість його утворення безпосередньо залежить від ширини вивантажувального отвору. У випадку з вивантаженням живців завжди можна знайти таке значення ширини щілини, при якому таких зупинок можна уникнути [7, 8]. Приймавши дослідним шляхом таку ширину вікна, можна зафіксувати характер вивантаження матеріалу з бункера в різні проміжки часу після початку вивантаження.

При створенні умов, у яких відсутнє виникнення статичних склепінь, можна проаналізувати закономірності вивантаження живців з бункера. При цьому вивантаження відбувається за принципом нормального витікання.

Використання отриманих даних у подальших дослідженнях уможливить повніше враховувати всі чинники, щоб у процесі вивантажування уникати зупинок через склепоутворення, що важливо при створенні механізму з рівномірною і безперервною подачею матеріалу.

ЛІТЕРАТУРА

1. Frączek J., Mudryk K., Ślipek Z. Wierzba salix viminalis alternatywą energetyczną dla gospodarstw rolnych w Małopolsce. *Inżynieria Rolnicza*. 3/58. 2004.
2. Єрмаков С., Тудей М., Тудей В., Шевчук І. Аналіз конструкцій автоматів садіння. *Тенденції та перспективи розвитку науки і освіти в умовах глобалізації*. Вип. 34. Переяслав-Хмельницький. 2018.
3. Yermakov S., Borys M. Efficiency analysis of the energy willow planting devices. *Materialy XI Mezinarodni vedecko-prakticka konference «Veda a vznik – 2015»*, vol. 14, Publishing House «Edukation and Science», Praha. 2015. pp. 47-49.
4. Wróbel, M., Jewiarz, M., & Szlęk, A. Renewable Energy Sources: Engineering, Technology, Innovation: ICORES 2018. Springer. 2019.
5. Hutsol T., Glowacki S., Mudryk K. Agrobiomass of Ukraine – Energy Potential of Central and Eastern Europe (Engineering, Technology, Innovation, Economics). Monograph. Warsaw: 2021. 136 p.
6. Yermakov S. Application of the laplace transform to calculate the velocity of a two-phase fluid modulated by the movement of cuttings of an energy willow (*Salix Viminalis*). *Teka. Quarterly journal of agri-food industry*. 2 (19), 2019. pp. 71-78.
7. Yermakov S.V., Hutsol T.D., Potapskyj P.V., Garasymchuk I.D. Структурування процесу автоматизації садіння живців енергетичної верби. *Bulletin of Sumy National Agrarian University*. Vol. 3. 2021 pp. 10-17.
8. Єрмаков С.В., Гуцол Т.Д., Михайлова Л.М. Розрахункові формули визначення швидкості вивантаження живців енергетичної верби з точки зору гідродинамічних багатофазних систем. *Podilian Bulletin: Agriculture, Engineering, Economics*. Вип.34, 2021, pp. 77-91.

ПЕРСПЕКТИВИ ВИРОЩУВАННЯ БІОЕНЕРГЕТИЧНИХ КУЛЬТУР НА ТОРФОВИХ ҐРУНТАХ ЗАХІДНОГО ПОЛІССЯ

М.Д. Зосимчук

Сарненська дослідна станція ІВПіМ НААН України,

м. Сарни, Україна

zoimchukm@gmail.com

В останні роки все частіше постає проблема подальшого використання перезволожених земель Західного Полісся з нерегульованим водно-повітряним режимом. Одним із альтернативних способів їхнього використання може стати вирощування біоенергетичних культур [1, 4, 6]. До того ж в останні десятиліття відбувається ще й стрімке підкислення осушуваних земель та зниження вмісту рухомих форм азоту, фосфору і калію, що ускладнює вирощування тут традиційних сільськогосподарських культур [4]. Через значну потребу коштів на проведення агрохімічної меліорації, таких ґрунтів у регіоні стає дедалі більше. Вони часто виводяться із повноцінного сільськогосподарського використання і в кращому випадку, використовуються під малопродуктивні пасовища чи сінокоси, або просто облогуєть і заростають чагарниковою рослинністю. Тому постає питання шляхів їхнього подальшого використання [4, 6].

В наукових колах останнім часом розмірковують про доцільність відведення частини осушуваних земель з нерегульованим водним режимом під плантації біоенергетичних культур. Вагомим аргументом для розвитку зеленої енергетики є те, що багато енергетичних культур здатні рости на малородючих землях з підвищеною кислотністю і, що особливо важливо для зони Полісся – на перезволожених землях з нерегульованим водно-повітряним режимом та інших землях, які виведені з сільськогосподарського використання, або тимчасово не використовуються [2]. Тож вирощування на осушуваних землях біоенергетичних культур, в першу чергу невибагливих до водно-повітряного режиму, дозволить повернути ці землі для ефективного використання [2, 4, 5].

Дослідженнями наукових установ встановлено, що серед відомих енергетичних культур найбільш перспективними є верба прутівидна та

міскантус гігантський, що обумовлено невибагливістю до умов вирощування, високою продуктивністю та здатністю покращувати еколого-меліоративний стан як ґрунтів, так і оточуючого середовища. Серед однорічних біоенергетичних культур перспективними вважаються сорго цукрове та кукурудза [2, 4, 5].

На сьогоднішній день питання можливості вирощування біоенергетичних культур на осушуваних торфових ґрунтах Західного Полісся є мало вивченим. Недостатньо вивченим лишається також питання впливу параметрів водно-повітряного та поживного режиму ґрунту на продуктивність біоенергетичних культур. Торфові ґрунти природно добре забезпечені азотом та мають достатні вологозапаси, тому рослини на цих ґрунтах формують потужну біомасу, що робить їх ідеальними для вирощування біоенергетичних культур.

Сарненською дослідною станцією ІВПіМ НААН в останні роки проводяться дослідження з вивчення перспектив вирощування біоенергетичних культур на меліорованих землях Західного Полісся. Дослідження з вивчення біологічної і енергетичної продуктивності трав'янистих одно- і багаторічних біоенергетичних культур, які світовою практикою віднесені до найбільш перспективних, проводяться на осушуваному торфовому масиві «Чемерне» Сарненської дослідної станції (Рівненська область). За морфологічними ознаками, ботанічним складом, водно-фізичними та агрохімічними властивостями цей масив є типовим для Західного Полісся – глибоким середньо зольним не заплавленим гіпново-осоковим болотом низинного типу. Ґрунт дослідних ділянок добре забезпечений легкогідролізованим азотом, має низький вміст фосфору та дуже низький калію. Дослідні ділянки відзначаються слабо кислою реакцією ґрунтового середовища ($pH_{\text{сол}} 4,2-4,8$).

Отримані результати експериментальних досліджень показують, що на осушуваних торфових ґрунтах Західного Полісся можна успішно вирощувати переважну більшість видів біоенергетичних культур (деревних, одно- та багаторічних трав'янистих). Урожайність біоенергетичних культур на осушуваних торфових ґрунтах наведено в табл. 1.

Урожайність біоенергетичних культур на осушуваних торфових ґрунтах за внесення N₆₀P₆₀K₁₂₀, середня за 2016-2020 рр.

Культура	Урожайність, т/га		Енергетична продуктивність, ГДж/га
	вегетативної маси	сухої маси	
однорічні трав'янисті культури			
Сорго цукрове	93,4	20,3	345,4
Сорго віничне	83,9	18,2	310,1
Кукурудза	78,1	17,0	288,5
Сорго суданське	68,8	14,9	254,0
Пайза	62,7	13,6	231,5
багаторічні трав'янисті культури			
Міскантус	62,1	29,1	495,0
Сіда	64,9	21,1	324,7
Топінамбур	67,8	15,6	265,5
Світчграс	21,2	16,3	277,1
Очеретянка звичайна	46,3	11,8	200,3
Трава Колумба	37,3	9,5	161,5

Як показали проведені дослідження, серед однорічних біоенергетичних культур на осушуваних торфових ґрунтах найбільш урожайним виявилось сорго цукрове, яке забезпечувало одержання 20,3 т/га сухої маси, що еквівалентно 345,4 ГДж/га. З багаторічних біоенергетичних культур найбільш урожайним виявився міскантус, який забезпечив одержання 29,1 т/га сухої біомаси, що еквівалентно 451,6 ГДж/га.

Проведені дослідження показали перспективність вирощування верби прутувидної на осушуваних торфових ґрунтах. Так посадки верби прутувидної та тритичинкової української селекції протягом першого циклу 3-х річного вирощування на осушуваних торфовищах забезпечили одержання 52,2 та 54,6 т/га сухої деревної маси, а верба прутувидна шведської селекції – 84,1 т/га.

Протягом другого циклу 3-х річного вирощування посадки верби прутувидної та тритичинкової української селекції на осушуваних торфовищах забезпечували одержання 56,4 та 54,4 т/га сухої деревної маси, а верба прутувидна шведської селекції – 93,6 т/га.

Отже, за умови вирощування верби прутувидної шведської селекції можна щорічно одержувати до 30 т/га сухої деревної маси, що в 10–14 разів більше ніж забезпечують традиційні лісові насадження.

ЛІТЕРАТУРА

1. Блюм Я.Б. Новітні технології біоконверсії. К.: Аграр. Медіа груп, 2010. 232 с.
2. Вільова В.М., Опанасенко О.Г., Перець С.В. Енергетичні – однорічні та багаторічні трав'янисті культури на вилучених із інтенсивного обробітку осушуваних торфових ґрунтах. *Землеробство*. 2017. №2. С. 28-34.
3. Гелетуґа Г.Г. Перспективи вирощування та використання біоенергетичних культур в Україні. *Аналітична записка БАУ*. 2014. № 10. 33 с.
4. Стецюк М.Г., Зосимчук М.Д. Раціональне сільськогосподарське використання осушуваних торфових ґрунтів Західного Полісся: монографія. *Меліорація та облаштування Полісся*. Київ-Рівне: Олді плюс. С. 155-194.
5. Ткачов О.І., Камінський В.Ф., Штакал М.І., Вергунов В.А. Панфільська дослідна станція ННЦ «Інститут землеробства НААН». Історія та здобутки. Яготин, 2012. 171 с.
6. Трускавецький Р.С. Торфові ґрунти і торфовища України. Харків: Міськдрук, 2010. 278 с.

АГРОНОМІЧНІ АСПЕКТИ ВИРОЩУВАННЯ МІСКАНТУСУ ГІГАНТСЬКОГО (*MISCANTHUS* × *GIGANTEUS*) НА МАРГІНАЛЬНИХ ЗЕМЛЯХ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ТВЕРДОГО БІОПАЛИВА

В.М. Квак, Г.В. Цвігун

*Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України,
м. Київ, Україна
kvak-vm@ukr.net*

У зв'язку із глобальним потеплінням та зменшенням запасів викопного палива у світі почали стрімко розвиватись нові галузі відновлювальної енергії. Серед яких значне місце посідає біоенергетика на основі енергетичних культур. На сьогодні виробництво та використання біопалива в Україні знаходиться у початковій стадії, і становить 2 % від загального споживання енергоресурсів. У світі вирощується понад сотні високопродуктивних енергетичних культур, сировина яких використовується для виробництва біопалива. Проте не всі культури є придатними та рентабельними в усіх ґрунтово-кліматичних зонах вирощування. Однією із високопродуктивних рослин перспективною для виробництва твердого біопалива є багаторічна злакова культура міскантус гігантський *Miscanthus* × *giganteus*.

Головною перевагою міскантусу з поміж інших біоенергетичних культур є: висока адаптивність до умов вирощування; ефективне використання потенціалу території; можливість росту на ґрунтах, забруднених важкими металами; висока продуктивність і низька собівартість біомаси на малопроодуктивних землях.

Важливою біологічною властивістю даної культури впродовж життєвого циклу (понад 20 років) є накопичення великої кількості органічної речовини в орному шарі ґрунту, що сприяє збільшенню гумусу. А також властива культурі стабілізація важких металів у ґрунті у прикореневій зоні; при цьому рівень забруднення біомаси не перевищує допустимих значень. Це дає можливість використовувати її для фітореMediaції.

Враховуючи вище перераховані властивості рослини міскантусу гігантського рекомендується вирощувати на маргінальних землях, на яких вирощування продуктів харчування є не рентабельним або небезпечним через забруднення ґрунтів важкими металами. Проте для такої категорії земель в Україні відсутня система удобрення, яка б забезпечувала гарантовано високі та стабільні врожаї біомаси.

Тому вдосконалення елементів технології вирощування міскантусу гігантського на маргінальних землях на основі результатів досліджень агрофізичних властивостей рослин є важливим завданням у науковому та практичному плані.

Метою досліджень є вдосконалення елементів технології вирощування міскантусу гігантського в умовах Центрального Лісостепу України для виробництва твердого біопалива шляхом визначення особливостей росту та розвитку рослин від дози внесення мінеральних добрив.

Для досягнення поставленої мети передбачалося вирішити такі завдання:

- проаналізувати особливості росту і розвитку рослин міскантусу гігантського у першій та наступні роки вегетації, формування врожаю надземної маси (біомаси) залежно від дози мінеральних добрив;
- розрахувати економічну ефективність використання різних доз мінеральних добрив.

Полеві дослідження проводяться у стаціонарному досліді, який закладений у 2016 р. на полях Білоцерківської дослідно-селекційної станції Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН (зона нестійкого зволоження) за загальноприйнятими науковими та спеціальними агрономічними методами досліджень, з широким використанням електронної обчислювальної техніки для опрацювання результатів дослідження. У досліді використовується міскантус гігантський сорту Осінній зорецвіт, оригінатор ІБКіЦБ. Схема

дослід: фактор А – фосфорно-калійні добрива (фон): без добрив; $P_{100}K_{120}$; $P_{200}K_{240}$; $P_{300}K_{360}$; фактор Б – азотні добрива (щорічно): без добрив; N_{30} ; N_{60} .

Площа посівної ділянки 75 м², облікової – 33,7 м². Загальна площа дослід – 0,42 га.

Дослід закладається за методом систематичних повторювань: в кожному повторенні варіанти дослідів розміщуються по ділянках послідовно. Повторюваність дослідів – 3-разова. Фосфорно-калійні добрива вносяться раз як фон під осінню оранку, а азотні під садіння та щорічно розкидаються по мерзлоталому снігу для підживлення. Садіння проводимо на глибину 8–10 см з шириною міжрядь 70 см. Густота садіння 15 тис. шт./га. Дослід закладено на БЦ ДСС один раз навесні 2016 р., спостереження проводяться протягом 2017–2025 рр.

Аналіз отриманих результатів досліджень дозволить рекомендувати елементи технології вирощування міскантусу гігантського для отримання біомаси, як сировини для виробництва твердого біопалива, на маргінальних землях з одночасним очищенням від важких металів та поліпшенням якості ґрунту. Ці результати описуватимуть процеси росту і розвитку міскантусу гігантського за різної системи удобрення.

За результатами досліджень встановлено, що врожайність міскантусу першого року вегетації зростала зі збільшенням доз добрив від $N_0P_0K_0$ до $N_{60}P_{300}K_{360}$ і відповідно становила 1,9 та 6,5 т/га. Слід відмітити, що рослини міскантусу добре реагують на азотні добрива порівняно з фосфорно-калійними. Так, у варіанті $N_{30}P_0K_0$ за внесення N_{30} під час садіння сприяло підвищенню урожайності на 1,4 т/га, тоді як за дози $N_0P_{100}K_{120}$ – прибавка до урожаю становила 1 т/га. Така ж тенденція спостерігалась і в другому році вегетації.

Таким чином, для забезпечення переробних підприємства стабільною і якісною сировиною впродовж двох десятиліть шляхом вирощування міскантусу гігантського на маргінальних землях необхідно використовувати науково обґрунтовану систему удобрення.

ГЕНЕТИЧНА ЦІННІСТЬ БАТЬКІВСЬКИХ ФОРМ ПРИ СТВОРЕННІ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ЦУКРОВО-КОРМОВИХ ГІБРИДІВ БУРЯКІВ

М.О. Корнєєва¹, С.М. Тимчишин²

¹ *Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України, м. Київ, Україна*

² *Інститут сільського господарства Карпатського регіону НААН України, с. Оброшино Львівської області, Україна
mira31@ukr.net*

Відомо, що стрімкий розвиток біоенергетики здатен замінити вагому частку традиційних енергоресурсів та, знизивши імпорт палива, посилити безпеку країни [1]. Такий підхід є актуальним особливо в нинішніх умовах, спричинених війною з Російською Федерацією. Однією з біоенергетичних культур, що придатна для виробництва альтернативних видів палива, є культура буряку – як цукрового, так і кормового. Селекційну перспективу можуть мати і цукрово-кормові гібриди буряків, створені з використанням цінних стерильних за пилом форм цукрового і цінних фертильних форм кормових буряків [2]. Ефективність створення таких гібридів залежить від залучення до схрещування донорів і джерел цінних ознак – носіїв генних комплексів, що контролюють селекційно-значущі ознаки біоенергетичного потенціалу цукрових буряків [3].

Вітчизняні наукові організації, такі як Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків та його мережа (ІБКіЦБ), Інститут сільського господарства Карпатського регіону (ІСГКР) та інші мають ознакові колекції пилкостерильних форм цукрових буряків, а також фертильні форми кормових буряків (лінії, сортозразки, сорти, селекційні номери), які можуть бути використані для формування цукрово-кормових гібридів на основі цитоплазматичної чоловічої стерильності, придатних для виробництва альтернативних видів біопалива.

Більш повно розкрити генетичний потенціал продуктивності батьківських форм таких гібридів можна за умови вивчення їх генетичної цінності за комбінаційною здатністю. В основу цих досліджень покладено добір серед існуючих зразків пилкостерильних цукрових і фертильних за пилом кормових

буряків, що володіють підвищеним біоенергетичним потенціалом (вихід біоетанолу, вихід енергії) [4].

Відомо, що вихідні форми для селекції таких гібридів генотипово значно різняться між собою, саме тому їх індивідуальна мінливість щодо кількісних ознак дозволяє диференціювати селекційний матеріал за енергетичними параметрами – виходом біоетанолу, біогазу та виходом енергії. При створенні цукрово-кормових гібридів на фенотиповий прояв цих ознак значно впливають не тільки умови зовнішнього середовища, але, передусім, комбінаційна цінність компонентів. Тому метою наших досліджень було здійснити на основі топкросних схрещувань добір кращих зразків серед материнських і батьківських форм за їх генетичною цінністю.

Найвищий вихід енергії у топкросних гібридів було відмічено у комбінаціях, створених за участю пилкостерильних ліній ЧС Ів.24869 (61,5 ГДж/га) та ЧС Ів.2484 (58,4 ГДж/га). Їх ефекти загальної комбінаційної здатності (ЗКЗ) становили відповідно 6,7 та 4,0 ГДж/га (рис. 1).

На основі вивчення базисної продуктивності зразків кормових буряків, які слугували компонентами – запилювачами до пилкостерильних форм цукрових буряків виділено 4 зразка з виходом енергії, що перевищує 80,0 ГДж/га. Це гібридні зразки к 13 x 14 (85,0 ГДж/га), к 41 x 42 (87,8 ГДж/га), а також сорти Галицький (82,3 ГДж/га) та Львівський жовтий (80,8 ГДж/га).

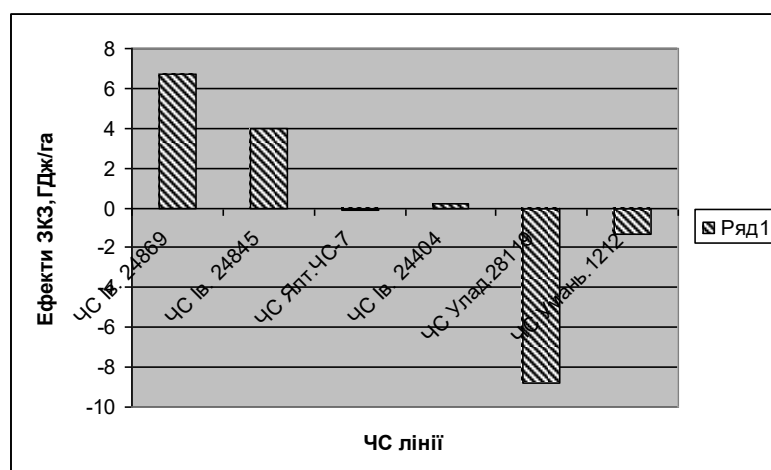


Рис. 1. Ефекти загальної комбінаційної здатності (ЗКЗ) за виходом енергії пилкостерильних ліній цукрових буряків – компонентів цукрово-кормових гібридів

За оцінкою комбінаційної здатності запилювачів кормових буряків було виділено 10 із 23 зразків, у яких ефекти ЗКЗ мали додатній знак. На рис. 2 наведено неповну матрицю, тобто кращі номери, тому сума ефектів ЗКЗ не дорівнює нулю.

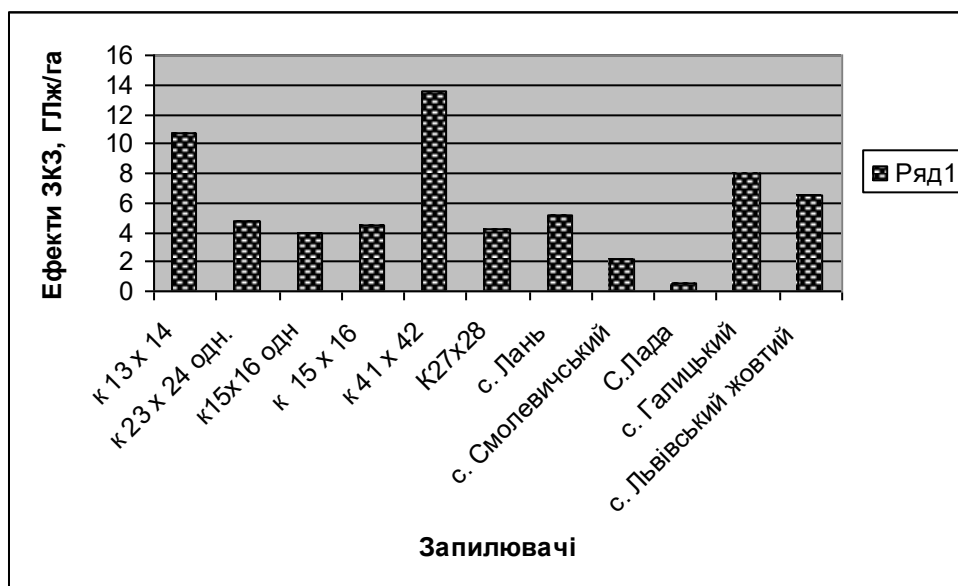


Рис. 2. Ефекти ЗКЗ за виходом енергії кращик запилювачів кормових буряків – компонентів цукрово-кормових гібридів

Сорти Галицький і Львівський жовтий мали високі його значення – відповідно 8,0 та 6,5 ГДж/га. Найвищим ефектом ЗКЗ характеризувалися гібридні зразки кормових буряків к13/14 та к41/к42 з високим виходом енергії – відповідно 10,7 та 13,5 ГДж/га. Серед інших кращик форм кормових буряків з високим позитивним ефектом ЗКЗ були запилювачі к23/к24 та сорти Галицький, Львівський жовтий та Лань. Їх доцільно залучати у гібридизацію для створення гібридів для цілей відновлювальної енергетики.

Визначено на основі дисперсійного аналізу топкросних гібридів генотипову структуру мінливості ознаки «вихід енергії». Частка генотипової дисперсії для кормових буряків була 30 % – для тестерів (ЧС форм) – 21 %. Частка неаддитивної взаємодії компонентів була переважаючою і становила 49 %. Це свідчить про важливість підбору пар при формуванні цукрово-кормових гібридів буряків.

Отже, встановлено, що селекційну перспективу мають комбінаційно-цінні лінії цукрових буряків ЧС Ів.24869 та ЧС Ів.2484 іванівського походження

(ІБКіЦБ) та гібридні зразки кормових буряків к 13 х 14 та к 41 х к 42, а також сорти Галицький, Львівський жовтий та Лань селекції ІСГКР. Переважаючою часткою у структурі генотипової мінливості результуючої ознаки «вихід енергії» були ефекти взаємодії материнської та батьківської форм – 49 %. Відмічено значний вплив адитивних ефектів кормових буряків як компонентів у формування кількісних ознак у гібридів – 30 %.

ЛІТЕРАТУРА

1. Роїк М.В., Ягольник О.Г. Агропромислові енергетичні плантації – майбутнє України. *Біоенергетика*. 32(6). 2015. С. 4-5.
2. Корнєєва М.О., Тимчишин С.М., Тимчишин Л.С. Характеристика компонентів цукрово-кормових гібридів буряків, придатних для виробництва біопалива. *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*: зб. наук. пр. Київ: ФОП Корзун Д.Ю. 2017. Вип. 25. С. 54-60.
3. Роїк М.В., Корнєєва М.О. Напрями, методи та стратегія розвитку селекції. *Цукрові буряки*. 2015. №6. С. 7-9.
4. Дубчак О.В., Андрєєва Л.С., Вакуленко П.І., Корнєєва М.О. Створення моделі гібридів цукрових буряків нового покоління. *Зб. наук. пр. ІБКіЦБ*. Вип. 23. 2015. С. 90-96.

КОРЕЛЯЦІЙНА ЗАЛЕЖНІСТЬ ПРОДУКТИВНОСТІ БІОМАСИ ВІД БІОМЕТРИЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ТРАВ'ЯНИСТИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ КУЛЬТУР

В.І. Лопушняк¹, М.С. Полутренко², Г.М. Грицуляк², Б.Б. Баран³

¹ Національний університет біоресурсів і природокористування України,
м. Київ, Україна

² Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу,
м. Івано-Франківськ, Україна

³ Івано-Франківський фаховий коледж

Львівського національного університету природокористування,
м. Івано-Франківськ, Україна

lorushniak@i.ua

Україна відзначається значним ресурсним потенціалом виробництва біомаси на енергетичні цілі, що зумовлює розвиток фітоенергетики, вивчення і розробку комплексних технологій вирощування біоенергетичних культур.

Порівняно нові для України біоенергетичні культури – трав'янисті міскантус і світчграс, відзначаються висотою понад 1,5–2,5 м, потужною кореневою системою, яка проникає на глибину ґрунту до 2,0 м і більше, та залишає в ґрунті велику кількість корневих і післязбиральних решток.

У початкові періоди вегетації потреба рослин міскантуса та свічграсу в застосуванні мінеральних добрив є порівняно невисокою, завдяки кореневій системі, яка інтенсивно розгалужується і проникає досить глибоко в ґрунт. Це дозволяє засвоювати поживні речовини, в тому числі й з глибших шарів ґрунту. Крім цього, поживні речовини, які нагромаджуються в ризомах міскантуса, можуть реутилізуватися у наступних циклах вегетації [3, 6]. Проте, зважаючи на високу продуктивність та вихід біомаси, ці культури потребують елементів живлення в доступній формі впродовж періоду вегетації. Зважаючи на багаторічні цикли використання плантацій цих культур, система їх удобрення повинна передбачати внесення добрив в запас, зокрема в органічній формі, що мінімізує ризики агрохімічного забруднення ґрунтового покриву [1, 4]. З огляду на значний дефіцит органічних добрив для традиційного рослинництва, джерелами збільшення ресурсів органічної речовини у ґрунті під біоенергетичними культурами можуть слугувати нетрадиційні види органічної сировини. Відходи комунальних підприємств, а саме мули очисних споруд, які в надлишкових обсягах нагромаджені в Україні можуть бути використані як добрива за умови їхньої екологічної безпечності та допустимого вмісту важких металів, поллютантів та інших забруднюючих довкілля речовин [1, 3, 4, 6].

Утилізація осаду стічних вод під біоенергетичні культури має значні перспективи і дозволяє вирішувати проблему утилізації нагромаджених значних його запасів у комунальних господарствах міст. Важливо вивчити закономірності формування продуктивності біоенергетичних культур за внесення в різний спосіб осаду стічних вод для подальшого нарощування обсягів виробництва біомаси та стабілізації енергетичного балансу країни. Дослідження здійснювалися на території с. Ценжів Ямницької територіальної громади Івано-Франківської області на дерново-підзолистих деградованих ґрунтах за загальноприйнятими методиками досліджень. Експериментальні дослідження проводили з міскантусом і свічграсом. Схеми польових дослідів були однаковими і включали наступні варіанти: 1) без добрив – контроль; 2) $N_{60}P_{60}K_{60}$; 3) $N_{90}P_{90}K_{90}$; 4) ОСВ – 20 т/га + $N_{50}P_{52}K_{74}$; 5) ОСВ – 30 т/га + $N_{30}P_{33}K_{66}$; 6) ОСВ – 40 т/га + $N_{10}P_{14}K_{58}$; 7) компост (ОСВ + солома (3:1) – 20 т/га + $N_{50}P_{16}K_{67}$; 8) компост (ОСВ + солома (3:1) – 30 т/га + $N_{30}K_{55}$. Варіанти 3–8 врегульовані за внесення основних елементів живлення. Площа облікової

ділянки в кожному досліді складає по 35 м². Дослідні ділянки розміщені у триразовій повторності. Протягом трьох років проводили спостереження за розвитком рослин.

За роки досліджень продуктивність світчграсу становила 16,8–18,3 т/га у варіантах з додаванням осаду стічних вод (варіанти 4–6), що на 0,7–2,2 т/га більше, порівняно з показниками варіантів, де додавали тільки мінеральні добрива у дозі N₆₀₋₉₀P₆₀₋₉₀K₆₀₋₉₀ (варіанти 2 і 3). Використання комплексної суміші осаду стічних вод та соломи (варіанти 7–8) продуктивність вегетативної маси світчграсу становила 19,0–19,7 т/га, що на 3,7–4,4 т/га більше від результатів досліджень варіанта 1, який вважається контролем [3, 5].

Продуктивність світчграсу залежить не тільки від маси кожної рослини і кількості рослин на одиниці площі, але й від вмісту вологи у рослині на час збирання урожайності. Вихід сухої речовини світчграсу на час збирання становив 7,1–9,6 т/га залежно від варіантів застосування добрив. З додаванням осаду стічних вод (варіанти 4–6) вихід сухої продуктивності становив 8,2–8,9 т/га, що на 1,1–1,8 т/га переважало показники варіанта 1. Застосування суміші добрив на основі осаду стічних вод та соломи (варіанти 7–8) вихід сухої речовини був вищий на 1,0–1,4 т/га порівняно з варіантами, де додавали тільки осад стічних вод і становив 9,2–9,6 т/га [1, 2].

Аналіз основних показників продуктивності вказує, що кореляційні залежності кількісних показників рослин (висота і густина стеблостою) мають визначний вплив на врожайність агрофітоценозів біоенергетичних культур (рис. 1) [1, 4].

Згідно результатів кореляційно-регресійного аналізу встановлено [1, 2], що продуктивність міскантуса залежне найбільше від висоти рослин з коефіцієнтами детермінації та кореляції $R^2 = 0,80$, $r = 0,81$, а також від кількості стебел ($R^2 = 0,77$, $r = 0,88$). Доведено зв'язок між виходом сухої маси рослини, висотою рослини і кількістю стебел міскантуса, визначено що ці показники взаємозалежні, тобто зі збільшенням висоти рослин зростає вихід сухої маси рослини і відповідно зі збільшенням кількості стебел на м² зростає вихід сухої маси рослини (рис. 2) [2, 3].

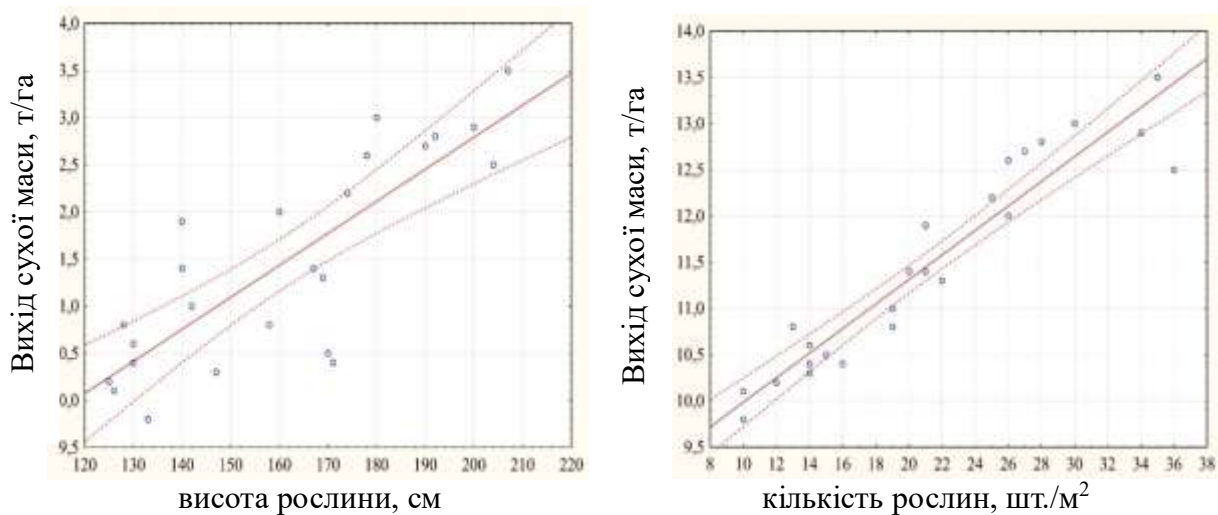


Рис. 1. Кореляційна залежність між висотою рослин, кількістю стебел та продуктивністю міскантуса, 2016–2019 роки

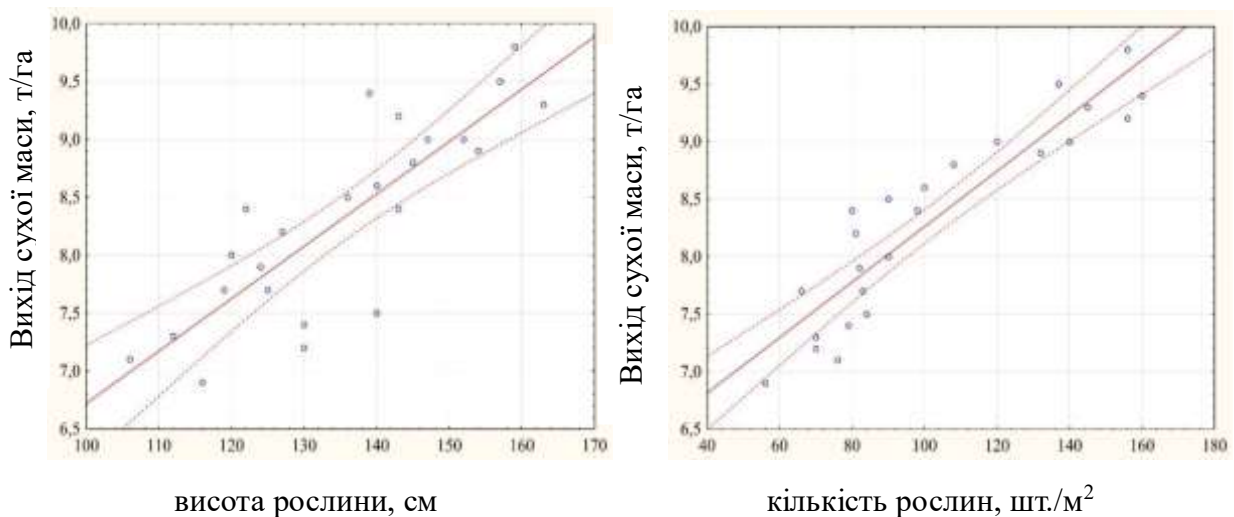


Рис. 2. Кореляційна залежність між висотою рослин, кількістю рослин та продуктивністю свічграсу, 2016–2019 роки

Отримані результати протягом дослідження, дозволяють стверджувати, що висота рослини свічграсу становить 1,45–1,56 м у варіантах із додаванням осаду стічних вод у дозі ОСВ – 40 т/га + N₁₀P₁₄K₅₈ (варіант 6) та із додаванням суміші (ОСВ + солома (3:1) – 30 т/га + N₃₀K₅₅ (варіант 8).

Встановлено залежність продуктивності міскантуса та свічграсу від висоти рослин та кількості стебел. Розраховані коректні моделі продуктивності міскантуса та свічграсу залежно від дози додавання осаду стічних вод. Для міскантуса коефіцієнт кореляції $r=0,952$ та для свічграсу $r=0,951$, що вказує на високу лінійну залежність, між висотою рослини, кількістю стебел та продуктивністю.

Згідно отриманих результатів досліджень у середньому за роки проведення досліджень вихід сухої речовини в енергетичних культурах змінюється відповідно до внесення добрив. Продуктивність агрофітоценозу міскантуса значно вища ніж світчграсу. З додаванням осаду стічних вод у дозі 40 т/га вихід сухої речовини за однакових умов вирощування в агрофітоценозі міскантуса становить 12,2 т/га, або на 3,3 т/га перевищує показники продуктивності агрофітоценозу світчграсу.

ЛІТЕРАТУРА

1. Гетманенко В. Ефективність дії компостів на основі осадів стічних вод на органічну речовину чорнозему опідзоленого. *Вісник аграрної науки*. 2016. С. 71-73
2. Гументик М.Я. Особливості технології змішаного вирощування біоенергетичних злакових культур для виробництва біопалива. *Біоенергетика*. 2019. № 1 (13). С. 16-18.
3. Грицуляк Г., Лопушняк В. Осад стічних вод у системі удобрення верби енергетичної : монографія. Львів : Простір-М, 2017. 180 с.
4. Лопушняк В., Грицуляк Г., Джус Г. Біоенергетична оцінка внесення осаду стічних вод під сильфію пронизанолисту (*Silphium perfoliatum* L.) на дерново-підзолистих ґрунтах Передкарпаття. *Агроекологічний журнал*, 126-134 DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.1.2021.227249>
5. Lopushniak, V., Tonkha, O., Hrytsuliak, H., Polutrenko M., Poberezhna L., Gamayunova V., Pikovska V., Jakubowski, T., Kotsyubynska, Y. Productivity Model of Herbal Bioenergy Cultures Depending on Biometric Indicators of Overhead Mass.

ОЦІНЮВАННЯ ГІБРИДІВ КУКУРУДЗИ ЗА ВМІСТОМ І ВИХОДОМ КРОХМАЛЮ

В.В. Любич

*Уманський національний університет садівництва,
м. Умань, Україна
LyubichV@gmail.com*

У світі кукурудза – рослина універсального використання. Нині найбільшими виробниками цієї культури є США, Китай, Мексика, Індія, Бразилія, Аргентина, Індонезія, ПАР, Франція та Італія. З неї виготовляють близько 3500 харчових і технологічних продуктів. Кукурудза використовується в харчовій, крохмальній, пивоварній та алкогольній промисловості. З появою нових напрямків розвитку біотехнологій у світі значення цієї культури зростає ще більше. Нині в країнах Європейського Союзу активно розвивається виробництво різних видів палива з рослинних матеріалів – біодизеля, біоетанолу, біометанолу [1].

Продуктивність є складним параметром і прямо або опосередковано залежить від зв'язку між різними абіотичними, біотичними чинниками і різними складовими структури рослини. Отже, створення нових гібридів, мінливість погодних умов зумовлюють необхідність постійного проведення досліджень щодо вивчення продуктивності кукурудзи [2]. Урожайність зерна кукурудзи може змінюватися від 7,8 до 12,1 т/га [3]. Слід відзначити, що потенційна продуктивність 12–14 т/га [4].

У дослідженнях використано гібриди кукурудзи Р9234, Р8812, Р9127, Р9415, Р8816, Р9903, Р9911, Р0216, Р0074, Р9175, Р9241, які створено в Україні, оригінатор – ТОВ «Піонер Насіння України». Гібриди Беанія, Лазулія, Тірnavія закордонного виробництва (Франція), оригінатор – компанія Laboulet. Повторення досліду триразове.

Найбільше в зерні було крохмалю – від 70,3 до 72,0 % залежно від гібриду кукурудзи. Крім цього, цей показник був найбільш стабільним, оскільки індекс становив 1,00–1,01. Для кукурудзи дуже високим вважається вміст крохмалю > 71,0 %, високим – в межах 66,0–70,0, середнім – 61,0–65,0, низьким – 56,0–60,0 і дуже низьким < 55,0 %. Отже, за цим показником як у середньому, так і за роками досліджень 11 гібридів кукурудзи мали дуже високий вміст крохмалю. У зерні гібридів Р9175, Тірnavія і Р9903 він був високим. Отже, всі гібриди кукурудзи мали високий вміст крохмалю, тому їх можна рекомендувати для вирощування в Правобережному Лісостепу.

Урожайність зерна кукурудзи змінювалася залежно від гібриду та року дослідження. Так, у 2019 р. врожайність зерна становила від 12,49 до 16,73 т/га, а в 2020 р – від 6,05 до 7,62 т/га. Причиною такого перепаду є погодні умови років дослідження. У 2019 р. випало за рік 373,6 мм, проте запаси вологи у глибших шарах ґрунту були, які рослини кукурудзи використовували. У 2020 р. за період січень – серпень випало лише 345,4 мм, проте запаси вологи в осінньо-зимовий період не відновились. Перша половина вегетаційного періоду обох років була оптимальною за кількістю опадів. У 2019 р. випало 105,4 мм за період травень – червень, а в 2020 р. – 171,4 мм опадів. У період досягання зерна (липень – серпень) кількість опадів була малою впродовж обох років досліджень (відповідно 53 і 38,5 мм). Крім цього, вегетаційний період кукурудзи також характеризувався високою температурою повітря. Тому погодні умови 2019 р.

були сприятливішими, а несприятливим був 2020 р. Це було причиною низького індексу стабільності цього показник – 1,96–2,20. У перерахунку на суху речовину врожайність зерна кукурудзи у 2019 р. змінювалась від 10,55 до 14,12 т/га, а в 2020 р. – від 5,19 до 6,52 т/га залежно від гібриду.

Отже, найвищу врожайність зерна формують гібриди P9234, P8812, Тірнавія, P0216, P9241, Беанія, P9415, P9911, P9903, P9175, P0074 – 10,17–12,18 т/га.

Вихід крохмалю також значно змінювався залежно від сорту та року дослідження. Так, цей показник змінювався від 5,63 до 7,43 т/га залежно від гібриду кукурудзи. У сприятливішому 2019 р. вихід крохмалю був найбільшим – 7,54–10,17 т/га залежно від гібриду завдяки формуванню високої врожайності зерна. У 2020 р. цей показник був найменшим – від 3,72 до 4,68 т/га, оскільки урожайність була низькою. Як за роки проведення досліджень, так і в середньому за два роки найбільший вихід крохмалю забезпечувало вирощування гібридів P9234, P8812, P0216, P9241, Беанія, P9415, P9911, P9175, P9903, P0074, які необхідно вирощувати для стабільного виробництва крохмалю.

Продуктивність кукурудзи значно змінюється залежно від гібриду та погодних умов. В умовах Правобережного Лісостепу для стабільного отримання врожаю зерна та виходу крохмалю необхідно вирощувати гібриди Беанія, P9241, P9415, P9911, P9903, P9175, P0074. Для стабільного отримання врожаю зерна та виходу крохмалю необхідно вирощувати гібриди Беанія, P9241, P9415, P9911, P9903, P9175, P0074.

ЛІТЕРАТУРА

1. Coradi P.C., Milane L.V., Andrade M.G.O., Camilo L.J., Souza A.H.S. Secagem de grãos de milho do cerrado em um secador comercial de fluxos mistos. *Braz. J. Biosyst. Eng.* 2016. Vol. 10(1). P. 14-26.
2. Carvalho C.G.P., Oliveira V.R., Cruz C.D., Casali V.W.D. Análise de trilha sob multicolinearidade em pimentão. *Pesquisa Agropecuária Brasileira.* 1999. Vol. 34(4). P. 603-613.
3. Сендецький В. М. Урожайність та якісні показники зерна кукурудзи за сумісного застосування соломи та сидератів. *Таверійський науковий вісник.* 2019. №105. С. 147-154.
4. Єрмакова Л. М., Крестьянінов Є. В. Урожайність кукурудзи залежно від удобрення та гібриду на темно-сірих опідзолених ґрунтах. *Вісник Полтавської ДДА.* 2016. №4. С. 63-66.

ВИКОРИСТАННЯ ЦУКРОВОГО СОРГО ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА БІОПАЛИВА

**Я.Б. Мосійчук¹, Н.О. Діденко¹, С.О. Лавренко², Б.О. Мазуренко³,
М.Д. Зосимчук⁴, М.М. Харитонов⁵, М.Г. Бабенко⁵**

¹ *Інститут водних проблем і меліорації НААН України,
м. Київ, Україна*

² *Херсонський державний аграрно-економічний університет,
м. Херсон, Україна*

³ *Національний університет біоресурсів і природокористування України,
м. Київ, Україна*

⁴ *Сарненська дослідна станція Інституту водних проблем і меліорації НААН України,
м. Сарни, Україна*

⁵ *Дніпровський державний аграрно-економічний університет,
м. Дніпро, Україна
у.mosiichuk@gmail.com*

Перехід на екологізацію виробництва, раціональне природокористування, яке обумовлено глобальними змінами клімату сприяло пошуку нових або удосконалення існуючих технологій використання малопродуктивних сільськогосподарських угідь для отримання корисної для людини сировини. Об'єднуючим компонентом зазначених проблем та потреб людини є вирощування на цих землях енергетичної сировини сільськогосподарського походження. Це дозволяє, крім формування завжди потрібного продукту (енергетичне паливо), використовувати малопродуктивні землі, які не вимагають великих коштів за їх використання, а також за додаткових умов можна додатково заробити на поліпшенні їх якості. Саме така ніша у виробництві сільськогосподарської продукції зараз набуває широкого поширення серед малих товаровиробників.

У час нестачі природних ресурсів для виробництва добрив нове осмислення отримала технологія використання осаду стічних вод. Сучасні технології збору, фільтрації та доведення до норм ДСТУ дозволяють їх широко використовувати у сільському господарстві при вирощуванні зернових та технічних культур, а технологічне поєднання енергетичних культур, малопродуктивних земель та осаду стічних вод дає новий розвиток сільськогосподарської науки та виробництва.

Проведені дослідження осаду стічних вод з різних областей України показали не однакову їх якість. Так, за результатами експериментальних досліджень встановлено, що вміст вологи у зразках коливався від 25,0 до

52,5 %; загального азоту – 0,35–5,46 %, загального фосфору – 0,62–2,44 %, загального калію – 0,34–72,80 %, золи – 49,4–87,2 %, вміст важких металів є в межах гранично допустимих концентрацій. За двома зразками було відмічено перевищення вмісту важких металів, яке уповільнює процеси аеробної стабілізації та призводить до зменшення поживної цінності осаду як добрива.

Дуже важливим аспектом є вибір культури, яку можна використовувати в цих умовах. До неї пред'являються особливі вимоги: формування високої врожайності біомаси, висока енергетична ефективність, стійкість до несприятливих ґрунтових та кліматичних умов тощо. На даний час найбільшої популярністю в Україні користуються наступні культури: кукурудза, соя, соняшник, просо прутувидне, бородач Жерарда, суданська трава, цукрове сорго, буряки, цукрова тростина, міскантус, евкаліпт, гібридна верба та тополя [1-3]. Серед них сорго цукрове є однією з культур багатоцільового біоенергетичного використання (біоетанолу, біогазу, твердого біопалива), яку можна вирощувати за різних умов природного середовища. Для виробництва біоетанолу використовують стебла сорго цукрового завдовжки 15–25 см і очищені від листків. Свіжий, не пастеризований сік цукрового сорго може зберігатись не більше 2–3 годин, тому розрив у часі між видавлюванням соку і його подальшою переробкою на біоетанол повинен бути мінімальним. Застосування хімічних консерваторів погіршує процес отримання етанолу, а термічна обробка соку негативно впливає на собівартість та енергоемність готової продукції [4].

Сучасні вітчизняні гібриди сорго цукрового дозволяють отримувати до 5 т/га біоетанолу, що еквівалентно 112,5 ГДж/га (26,9 Гкал/га) енергії. Після видалення соку вологість стебел цукрового сорго не перевищує 40 %, тому вони можуть бути сировиною для виробництва твердого біопалива (паливних гранул або брикетів). Кількість сухої біомаси зібраної з одного гектару достатньо для виробництва 25 т твердого біопалива, яке під час згоряння виділяє 400 ГДж (95,3 Гкал) теплової енергії. Таким чином, загальний вихід енергії, яку можна отримати з 1 га посівів сорго цукрового перевищує 500 ГДж, що свідчить високу ефективність використання цієї культури для біоенергетики [5].

Формування високого врожаю зеленої маси сорго цукрового забезпечує найбільший серед інших сільськогосподарських рослин вихід біогазу – до 17,6 тис.м³/га з вмістом метану 60 %. Залишки біогазової ферментації містять значну кількість легкодоступного для рослин азоту, фосфору, калію та мікроелементів і можуть використовуватись в якості добрив, які за своєю дією схожі на мінеральні добрива [6]. Для більш ефективного використання біогазових установок зібрану біомасу цукрового сорго слід силосувати. Збирання сорго цукрового на біогаз відбувається у фазу формування і наливу зернівки, для якої характерно низький вміст сухої речовини. Внаслідок цього під час силосування, відбувається витікання частини соку та активне бродіння з утворенням великої кількості кислот і спиртів, що негативно впливає на якість силосу та зменшення кількості отриманого з нього біогазу. Щоб цього уникнути, під час силосування до сорго цукрового слід додавати інші, більш сухі компоненти, наприклад соломку. Перед подачею зеленої маси чи силосу сорго цукрового до біогазового реактора (метантенка) її слід подрібнити, щоб інтенсифікувати процес метанового зброджування та уникнути забивання рухомих елементів біогазового заводу рослинними залишками.

ЛІТЕРАТУРА

1. Gissen Ch., Prade Th., Kreuger E., Achu N.I., Rosenqvist H., Svensson S-E., Lantz M., Mattsson Ja.E., Börjesson P., Björnsson L. Comparing energy crops for biogas production – Yields, energy input and costs in cultivation using digestate and mineral fertilization. *Biomass and bioenergy*. 2014. Vol. 64. P. 199-210.
2. Черенков А.В., Шевченко М.С., Дзюбецький Б.В. Соргові культури: технологія, використання, гібриди та сорти: рекомендації. Дніпропетровськ: Роял Принт. 2011. 63 с.
3. Роїк М.В., Курило В.Л., Гументик М.Я., Квак В.М. Енергетичні культури для виробництва біопалива. *Наукові праці Полтавської державної аграрної академії*. Вип. 7 (26). С. 12-17.
4. Ганженко О.М., Зиков П.Ю. Вплив способів отримання соку зі стебел цукрового сорго на його вихід та якість. *Цукрові буряки*. Київ: Інститут цукрових буряків НААН України, 2014. №5. С. 14-16.
5. Загальний вихід енергії, яку можна отримати з 1 га посівів цукрового сорго, перевищує 500 ГДж – науковці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН. URL: http://naas.gov.ua/news/?ELEMENT_ID=6307 (дата звернення: 27.05.2022).
6. Basisdaten bioenergie Deutschland 2021. URL: https://www.fnr.de/fileadmin/Projekte/2020/Mediathek/broschuere_basisdaten_bioenergie_2020_web.pdf (дата звернення: 27.05.2022).

ТЕХНОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ВИРОЩУВАННЯ МІСКАНТУСУ
ГІГАНТСЬКОГО НА ОСУШУВАНИХ ОРГАНОГЕННИХ ҐРУНТАХ
ЛІВОБЕРЕЖНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

О.Г. Опанасенко, В.М. Віршовка

*Панфільська дослідна станція ННЦ «Інститут землеробства НААН»,
с. Панфили Яготинського району Київської області
Sonko.suriy@ukr.net*

В Україні осушені органогенні ґрунти займають площу біля 0,8 млн. га, використання, яких повинно бути спрямоване на розробку ефективних та екологічно безпечних технологій вирощування кормових, а останнім часом і енергетичних культур. Для розвитку біоенергетичної галузі в даних умовах є те, що традиційно у гумідній зоні на 80 % від загальної площі осушуваних земель вирощувались кормові культури, а у зв'язку зі значним скороченням тваринництва останніми роками потреба в кормах різко зменшилась. Тому з метою ефективного використання осушуваних земель, доцільно вирощувати на них енергетичні культури для отримання твердого, рідкого чи газоподібного біопалива.

Актуальність досліджень полягає в тому, що енергетичні культури вирощують вперше на осушуваних торфових ґрунтах, які мають унікальні можливості для одержання максимальних урожаїв вегетативної маси – гарантоване вологозабезпечення, а також достатнє забезпечення основним економічно-лімітуючим елементом живлення – азотом [1].

Попередніми пошуковими дослідженнями встановлено, що міскантус гігантський в даних умовах дає найвищий серед багаторічних трав'янистих культур урожай 25–28 т/га сухої біомаси [2]. Тому на дослідній станції в 2015–2020 рр. були проведені дослідження з розробки технології вирощування міскантусу гігантського (*Miscanthus giganteus*) як сировини для виробництва твердого біопалива.

Дослід з вирощування міскантусу гігантського для перероблення на тверде паливо закладено у стаціонарному досліді в зоні Лісостепу на середньо-глибокому (1,8–2,0 м) осушуваному староорному карбонатному торфовищі

рогозо-осокового походження з високим ступенем розкладу, виведеному з інтенсивного обробітку в заплаві р. Супій (Панфільська дослідна станція Яготинського району Київської області). Підстилаюча материнська порода – оглеєні алювіальні легкі суглинки. Валовий вміст азоту у торфовому ґрунті становить 1,9 %, фосфору – 0,45, калію – 0,17, кальцію – 26–30 %, зольність складає 40–45 %, рН сольового розчину складає 7,2–7,4. Ґрунт добре забезпечений рухомими формами азоту, має середню забезпеченість фосфором (за рахунок вівіанітових прошарків) і має дуже обмежений вміст калію.

Осушувана мережа дослідної станції влаштована відкритими каналами завглибшки 1,6–1,7 м через 400–600 м, які доповнюються періодичним проведенням кротового дренажу в поєднанні зі шлюзуванням, за допомогою яких і здійснюється регулювання рівнів ґрунтових вод.

В результаті виконання завдання обґрунтовано і рекомендовано для умов осушуваних торфовищ технологію, яка включає: фрезкування дернини (середина серпня) багаторічних сінокісно-пасовищних угідь довготривалого користування на глибину 10–12 см, з послідуною оранкою на 22–25 см. Для покращення ефективності використання пласта багаторічних трав як попередника міскантусу проводиться посів гірчиці білої на сидерат. Весняний обробіток передбачає дворазове дискування площі на 10–12 см, з внесенням перед останнім дискуванням K_{60} .

Серед агротехнічних і організаційно-господарських заходів під час вирощування міскантусу найважливішу роль відіграє передсадильна підготовка садивного матеріалу і сам процес садіння. Підготовка до садіння садивного матеріалу міскантусу починається з викопування маточних кореневищ, як правило дворічні рослини, навесні перед садінням. Викопування маточних кореневищ здійснюється картоплезбиральним комбайном типу КПК-2-0,1. Розділення кореневищ на ризоми проводять вручну. Головною вимогою досадивного матеріалу є наявність і кількість потенціальних бруньок, які можуть проростати. Їх кількість має бути не менше 3–5 шт. на одній ризомі [3].

Садіння ризомів проводиться коли ґрунт прогріється на глибині 10–12 см до 6–8 градусів, за схемою посадки 0,7×1,4 (10 тис./га), оптимальна вага ризомів (50–70 г), глибина посадки (10–12 см). Для механізованого садіння ризомів міскантусу може використовуватись картоплесаджалка. До і після садіння ризомів міскантусу проводиться коткування площі.

При розміщенні міскантусу гігантського після багаторічних злакових трав застосовували розроблений для даних умов агротехнічний в поєднанні з біологічним способом боротьби з дротяником, який включає: посів проміжної культури гірчиці білої з наступним подрібненням і заорюванням її посівів у фазу формування й наливання насіння та проводиться глибока оранка ґрунту на глибину 30–35 см, з утворенням гребенів висотою 14–18 см, при переході середньодобової температури через 0 °С [4].

Спосіб боротьби з бур'янами – агротехнічний, досходове боронування і в подальшому дворазовий міжрядний обробіток сходів міскантусу, останній з підгортанням рослин ґрунтом у рядку.

Дана технологія забезпечує вихід зеленої маси на рівні – 75,7 т/га; сухої біомаси – 27,67 т/га; теплової енергії 470,4 ГДж/га; з рівнем рентабельності – 157,2 %; собівартістю продукції 320,2 грн/га і K_{ee} – 14,7.

Збір біомаси слід проводити кормозбиральним комбайном у період максимального накопичення сухої речовини, що на осушуваних ґрунтах припадає на другу декаду вересня, але скошувати міскантус на тверде біопаливо можна до нового року і пізніше, оскільки він стійкий до вилягання і мало втрачає сухих речовин.

ЛІТЕРАТУРА

1. Слюсар І.Т., Ткачов О.І., Опанасенко О.Г. Природоохоронне та ефективне використання осушуваних органомінеральних ґрунтів гумідної зони. ННЦ «Інститут землеробства НААН» Київ. 2014.
2. Кургак В.Г, Віршовка В.М, Опанасенко О.Г. Технології вирощування багаторічних і однорічних енергетичних трав'янистих культур для виготовлення твердих видів палива (паспорт технологій). ННЦ «Інститут землеробства НААН». Чабани. 2018. 21 с.
3. Гументик М.Я. Урожайність біомаси міскантусу залежно від кліматичних умов, строків і глибини садіння ризомів у західному Лісостепу України. *Вісник Львівського національного аграрного університету. Агронія*. Львів. 2013. №17(1). С. 76-82.
4. Патент на корисну модель 127596 Україна МПК А01В 79/02 (2006.01). Агротехнічний в поєднанні з біологічним способом боротьби з дротяником. Заявник і власник патенту Панфільська дослідна станція ННЦ «Інститут землеробства НААН»; заявлено 19.03.2018; опубл. 10.08.2018, Бюл. №15.

ПРОДУКТИВНІСТЬ СОНЯШНИКА ЗАЛЕЖНО ВІД СИСТЕМ ОСНОВНОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ ЗА МІНЕРАЛЬНОГО ТА СИДЕРАЛЬНОГО УДОБРЕННЯ

О.І. Поляков, О.В. Нікітенко, О.Ю. Алієва

Інститут олійних культур НААН України,

м. Запоріжжя, Україна

a.i.polyakov030363@gmail.com

Технологія вирощування соняшнику передбачає достатню кількість запасів поживних речовин в ґрунті, які можливо поповнити, як за рахунок внесення мінеральних добрив, так і за рахунок сидератів.

Значення сидератів у сучасному землеробстві обумовлюється відтворенням органічної речовини, що пояснюється їх глобальною дією на комплекс агрономічних властивостей ґрунту, енергетичним значенням в родючості ґрунту. Запаси гумусу і азоту в ґрунтах поповнюються в основному завдяки внесенню добрив і значно за рахунок органічних речовин, які надходять у ґрунт у вигляді рослинних решток [1].

За результатами досліджень, що проведенні в умовах Правобережного Степу, встановлено, що застосування азотних добрив у поєднанні з фосфорними та калійними в дозі $N_{40}P_{40}K_{40}$ сприяли поліпшенню поживного режиму ґрунту та створенню більш сприятливих умов для росту й розвитку рослин соняшнику і підтримання родючості ґрунту. За цих умов отримано найвищу врожайність – 3,85 т/га [3].

Вибір оптимального способу основного обробітку ґрунту під соняшник передбачає знищення бур'янів, нагромадження та збереження якомога більшої кількості вологи за осінньо-зимовий і ранньовесняний періоди, доступність використання поживних речовин, активізацію біологічних процесів ґрунту, надання орному шару оптимальної структури. За даними Інституту олійних культур, кількість бур'янів в посівах соняшнику найменшою була за класичної системи основного обробітку ґрунту (проведення оранки). Найбільші сумарні витрати води врожаєм (286,2 та 286,3 мм), але найменший коефіцієнт водоспоживання (832 м³/т) відмічені також за класичної системи основного обробітку ґрунту. Найбільша врожайність соняшнику гібриду Ратник – 3,46 і

3,45 т/га отримана при вирощуванні за класичної системи основного обробітку ґрунту, внесенні добрив в дозі $N_{60}P_{60}K_{60}$ під передпосівну культивацію та обприскування посівів сумішшю регуляторів росту [2].

Метою наших досліджень було визначення продуктивності гібридів соняшнику під впливом мінерального та сидерального добрив за різних систем основного обробітку ґрунту.

Дослідження проводились у 2019–2020 роках на полях Інституту олійних культур НААН. Ґрунт дослідної ділянки – чорнозем звичайний, середньопотужний малогумусний, з вмістом гумусу в орному шарі до 30 см – 3,5 %, доступного азоту – 7,2–8,5, рухомого фосфору – 9,6–10,3, рухомого калію – 15,2–16,9 мг/100 г ґрунту, рН ґрунтового розчину 6,5–7,0. Сівбу соняшнику гібридів Пріоритет, Антоніо, Набір і Агрономічний проводили з шириною міжрядь 70 см та нормою висіву – 50 тис. схожих насінин на гектар. Системи основного обробітку ґрунту: класична – дискування в два сліди, оранка (ПН-3-35) на глибину 22–25 см; мінімальна – дискування в два сліди, культивація (КПС-4,0) на глибину 10–12 см. Варіанти застосування мінеральних добрив: 1) контроль – без добрив, 2) $N_{40}P_{60}$, 3) сидеральне добриво (гірчиця біла). Закладку дослідів та проведення досліджень здійснювали відповідно до загальноприйнятих методик польових дослідів в землеробстві та рослинництві.

За результатами проведених досліджень встановлено, що найбільш сприятливі умови для формування продуктивності рослинами соняшнику склалися за класичної системи основного обробітку ґрунту, урожайність гібридів соняшнику за якої, в залежності від варіанту удобрення, знаходилась в межах 1,82–2,31 т/га. Приріст від внесення мінеральних добрив за класичної системи основного обробітку ґрунту становив 0,17–0,33 т/га, від сидерального добрива 0,04–0,12 т/га а за мінімальної 0,12–0,24 та 0,05–0,08 т/га відповідно. Максимальний приріст врожайності від застосування добрив отримано у гібриду Пріоритет, який дорівнював 0,33 т/га за класичної системи основного обробітку ґрунту та 0,24 т/га за мінімальної, а від застосування сидерального добрива – 0,12 т/га у гібриду Агрономічний за класичної системи основного обробітку ґрунту (табл. 1).

Таблиця 1

Вплив застосування добрив на урожайність та вміст жиру в насінні соняшнику за різних систем основного обробітку ґрунту, 2019–2020 рр.

Застосування добрив (В)	Гібрид (С)	Система основного обробітку ґрунту (А)			
		Класична (з оранкою)		Мінімальна	
		Урожайність, т/га	Вміст жиру, %	Урожайність, т/га	Вміст жиру, %
Без добрив (контроль)	Пріоритет	1,98	48,0	1,83	46,8
	Антоніо	1,91	48,0	1,78	46,5
	Набір	1,87	46,2	1,67	45,1
	Агрономічний	1,82	45,1	1,74	43,9
N ₄₀ P ₆₀	Пріоритет	2,31	46,9	2,07	45,9
	Антоніо	2,15	47,0	1,97	45,9
	Набір	2,04	45,9	1,89	44,7
	Агрономічний	2,11	44,6	1,86	43,4
Сидеральне добриво (гірчиця біла)	Пріоритет	2,07	47,6	1,90	46,6
	Антоніо	1,98	47,6	1,85	46,6
	Набір	1,91	46,1	1,75	44,9
	Агрономічний	1,94	44,8	1,79	43,8
НІР ₀₉₅ для врожайності: А – 0,031-0,042; В – 0,034-0,048; С – 0,36-0,053; АВС – 0,058-0,131; для вмісту жиру в насінні: А – 0,09-0,14; В – 0,10-0,16; С – 0,14-0,21; АВС – 0,35-0,42					

Показники вмісту жиру в насінні гібридів соняшнику знаходились в межах: за класичної системи обробітку ґрунту 44,6–48,0 %; за мінімальної системи обробітку ґрунту 43,4–46,8 %. У варіантах з застосуванням добрив, як мінеральних, так і сидеральних відмічено зниження вмісту жиру в насінні на 0,1–0,5 % за класичної системи та на 0,1–0,9 % за мінімальної. Враховуючи рівень врожайності, найбільший вихід олії для всіх гібридів 824–953 кг/га отриманий за класичної системи обробітку ґрунту на фоні внесення мінеральних добрив в дозі N₄₀P₆₀ (табл. 2).

Таблиця 2

Вплив застосування добрив на вихід олії гібридів соняшнику за різних систем основного обробітку ґрунту, 2019–2020 рр.

Застосування добрив	Гібрид	Система основного обробітку ґрунту	
		Класична (з оранкою)	Мінімальна
Без добрив (контроль)	Пріоритет	836	754
	Антоніо	807	728
	Набір	760	663
	Агрономічний	722	672
N ₄₀ P ₆₀	Пріоритет	953	836
	Антоніо	889	796
	Набір	824	743
	Агрономічний	828	710
Сидеральне добриво (гірчиця біла)	Пріоритет	867	779
	Антоніо	829	759
	Набір	775	691
	Агрономічний	765	690

ЛІТЕРАТУРА

1. Кириченко В.В., Костромітін В.М., Колісник В.І. та ін. (2008) Використання сидеральних парів в Лісостеповій зоні України (Методичні рекомендації). Харків. 24 с.
2. Нікітенко О.В., Поляков О.І., Літошко С.В. (2021) Оптимальні регламенти вирощування – запорука високої продуктивності соняшнику. *Науково-технічний бюл. ІОК НААН*. Вип. 31. С. 72-87.
3. Пінковський Г.В., Мащенко Ю.В. (2019) Вплив елементів живлення на родючість ґрунту та продуктивність соняшнику в Правобережному Степу України. *Таврійський науковий вісник*. № 107. С. 145-150.

КОРОТКОСТЕБЛОВІ ЗРАЗКИ ЖИТА ОЗИМОГО ДЛЯ ОТРИМАННЯ ЕКОЛОГІЧНО БЕЗПЕЧНОЇ ЗЕЛЕНОЇ МАСИ

Н.В. Симоненко

*ННЦ «Інститут землеробства НААН України»,
с.мт. Чабани, Київська область, Україна
ninaskoryk2@ukr.net*

Зараз у виробництво залучені короткостеблові сорти жита зернового використання, які також використовуються для отримання зеленого корму при скошуванні їх до початку колосіння (поява вустюків). До того ж для забезпечення більш тривалого використання жита для підкормки тварин з ранньої весни до настання укісної стиглості багаторічних трав і оптимальних термінів збирання зеленої маси необхідно мати сорти з різними термінами виколошування рослин (ранній, середній, пізній). В селекційному процесі щодо отримання зеленоукісних стійких до вилягання сортів жита використовували тетраплоїдні і багатоквіткові форми, а також форми з домінантною короткостебловістю, з еректоїдним (вертикальним) положенням листя, безлігульні форми. Деякі з цих форм позитивно реагують на загушення посівів і формують дрібностебловий щільний ценоз, що сприяє підвищенню якості зеленої маси. В останні десятиліття виявлені форми з цитоплазматичною чоловічою стерильністю, що були основою для селекції «гібридного» жита, а також багатоукісні форми жита, які теж можна використовувати на зелений корм.

Особливе значення має виділення і використання нових генетичних джерел і донорів, що забезпечують розвиток актуальних напрямів у селекції

кормового зеленоукісного жита на короткостебловість, резистентність до враження грибними хворобами, високу урожайність зеленої маси і її кормові переваги.

Плейотропна дія гена *N1* відчутна вже до початку колосіння рослин і виражається, крім зниження висоти, у підвищеній кустистості і облистяності рослин. Висока кустистість забезпечує підвищену масу рослини у зеленому і повітряно-сухому стані. Висока облистяність у поєднанні зі зниженим вмістом лігніну у стеблі обумовлюють покращення всіх вивчених зоохімічних характеристик корму із зелених короткостеблових рослин. Низький же вміст лігніну у стеблі високорослих рослин жита не забезпечує їх надійну стійкість до вилягання.

У фазі розвитку рослин жита перед початком колосіння на прояв гена *N1* великий вплив має генетичний фон – генетичні особливості реципієнта: короткостеблові рослини безлігульної популяції F_{14} Крупнозерне / (F_2 *wcwc/elel*) / *alal* поступалися за середньою масою рослин у популяції F_{15} (F_2 *wcwc/ErEr*) / Кобра, що не має воскового на стеблі і листі завдяки наявному гену *wc* оскільки вони мали вищу кустистість. У популяції F_9 [F_5 Кобра / Крупнозерне] / F_{11} Крупнозерна суміш в середньому за три і у сорту Ласкаве за два роки вивчення зелена і повітряно-суха маса рослин була вищою, але достовірно не перевищувала ці показники у високорослих сортів Сіверське і Інтенсивне-95. Щодо середніх даних цих популяцій і сортів, то зелена маса короткостеблових рослин склала $138,6 \pm 3,19$ г і у високорослих – $124,7 \pm 3,05$ г, що достовірно вище при $P > 0,990$, а повітряно-суха маса рослин, відповідно, – $27,7 \pm 0,61$ г і $24,5 \pm 0,59$ г, що також вище при $P > 0,999$.

Отримані результати дозволяють рекомендувати використовувати джерел домінантної короткостебловості для створення високопродуктивних і високоякісних, стійких до вилягання зразків жита озимого зеленоукісного типу. Ці зразки будуть мати також більшу кількість зерен з рослини – $613,8 \pm 10,98$ шт. / рослину, а у високорослих – $559,7 \pm 10,2$ шт. / рослину, при $P > 0,999$. Це значно полегшить насінництво з такими кормовими сортами.

До того ж, дані короткостеблові зразки мають досить широкий спектр адаптивності і пластичності в умовах постійної зміни факторів природного середовища (посуха, перезволоження, підвищена кислотність ґрунту, температурний режим, різний рівень ґрунтового живлення), підвищену стійкість до вилягання (ген *Нl*) і резистентність до хвороб (гени *Er* і *Pb*), абіотичних стресів, що і забезпечує високу потенційну їх продуктивність. Дані зразки при вирощуванні на зелену масу не потребують засобів хімізації, відрізняються низькими енерго- і ресурсозатратами, що відповідає вимогам до сортів щодо енергоекономічності, екологічної чистоти і безпеки вирощування і є передумовою для включення їх у число важливих національних програм.

ЕФЕКТИВНІСТЬ ВНЕСЕННЯ ОСАДУ СТІЧНИХ ВОД ПРИ ВИРОЩУВАННІ МІСКАНТУСУ ТА СВІТЧГРАСУ НА РЕКУЛЬТИВОВАНИХ ЗЕМЛЯХ

М.М. Харитонов¹, М.Г. Бабенко¹, Н.В. Мартинова², М. Жисперт³

¹ Дніпровський державний аграрно-економічний університет

² Дніпровський національний університет,
м. Дніпро, Україна

³ Університет міста Жирони,
м. Жирона, Іспанія
kharytonov.m.m@dsau.dp.ua

В умовах сьогодення темпи розвитку біоенергетики в Україні значно відстають від світових та європейських. Метою досліджень було проведення оцінки впливу різних ґрунтових домішок на біопродуктивність, вміст та винос важких металів з біомасою міскантусу та світчграсу у польових дослідках на рекультивованих землях. Дослідження проводилися на півдні Дніпропетровської області в умовах Покровської навчально-дослідної станції з рекультивації земель Дніпровського державного аграрно-економічного університету. Основними кліматичними особливостями є дефіцит атмосферних опадів, достатня кількість тепла і світла в період вегетації рослин. Рослини міскантусу та світчграсу для польового експерименту були висаджені на технічній суміші, що складається з лесоподібного суглинку та червоно-бурої глини. Застосовували такі ґрунтові добавки: зола лушпиння соняшника у дозі 10 т/га;

осад стічних вод (ОСВ) у кількості 10 т/га; суміш золи лушпиння соняшника та осаду стічних вод (10 т/га); подвійна доза осаду стічних вод (20 т/га); мінеральне добриво з розрахунку $N_{60} : P_{60} : K_{60}$ кг/га. Усі добавки вносили у ґрунт щорічно навесні у сухій формі. Контролем слугувала ділянка без внесення будь-яких добавок. Вимірювання вмісту важких металів в отриманих витяжках проводили із застосуванням методу атомно-абсорбційної спектрофотометрії на приладі «Varian Cary-50» в лабораторії ґрунтознавства Університету міста Жирона (Іспанія).

Завдяки швидкому росту врожайність надземної сухої біомаси однорічних плантацій світчграсу виявилася вище ніж міскантусу і склала 6 т/га. Але реакція міскантусу на внесення осаду стічних вод та мінерального добрива була більш сильною, що призвело до збільшення продуктивності у 2–2,3 рази. В результаті врожайність на цих ділянках світчграсу та міскантусу була майже однаковою. На четвертий рік дослідження врожайність контрольних рослин світчграсу майже не змінилася, тоді як сприятливий водний режим призвів до збільшення врожайності контрольних рослин міскантусу майже удвічі.

Виходячи з отриманих результатів, можна констатувати, що на малопродуктивних землях, залежно від типу субстратів, світчграс здатен продукувати від 5 до 7,5 т/га сухої біомаси, міскантус – від 8 до 14 т/га. Встановлено, що світчграс проявляє більшу стабільність, ніж міскантус, врожайність якого сильно залежить від умов водного режиму. Тривала посуха може призвести до значних втрат врожаю цієї культури.

Згідно проведених розрахунків з'ясовано, що зола збільшує поглинання марганцю у 1,6 рази (світчграс) та у 3,2 рази (міскантус). У випадку з міскантусом найслабший ефект був відмічений у варіанті з мінеральним добривом. Було виявлено, що винос елементів з чотирирічних плантацій міскантусу більше ніж світчграсу, але, враховуючи, що врожайність міскантусу може значно варіювати залежно від погодних умов (водозабезпечення), це співвідношення може змінюватися по роках.

Отже, маловитратна інноваційна стратегія вирощування трав'янистих багаторічних культур як міскантус і світчграс разом шляхом створення

плантацій швидкоростучих трав'янистих культур на рекультивованих землях Дніпропетровської області зможе забезпечити біомасу для сучасних біотехнологій виробництва біопалива та біоматеріалів без будь-якого ризику відняти землю, необхідну для виробництва харчових та (або) кормових продуктів.

NICOTIANA RUSTICA В СИСТЕМІ РОДУ NICOTIANA

К.А. Шейдик, О.І. Савіна

Ужгородський національний університет,

Берегове, Україна

caroline.sheydik@uzhnu.edu.ua

Види *N. rustica* і *N. tabacum* належать до роду *Nicotiana* родини *Solanaceae*. Ця родина включає 85 родів і більше ніж 2000 видів поширених в Америці, Африці, Австралії, Європі та Азії. Головний рід родини – *Solanum* нараховує до 1500 видів, обширніших з інших родів – *Petunia*, *Cestrum* і *Nicotiana*.

Рід *Nicotiana* стародавнього походження, складається з 65 видів. Рід розпочався з третинного і кінця крейдового періоду [1]. За гіпотезою Вегенера [2] про розходження материків рахується, що у пращурів *Nicotiana* був єдиний ареал, а в результаті розходження материків вони розділилися по континентам Америки та Австралії. Терновський та інші [3] на основі фітопатологічних даних виділяє три основні періоди еволюції роду *Nicotiana* – Гондванський, Америко-Австралійський і сучасний, а його центром походження рахують ареал секції *Alatae*.

Сучасний стан роду та філогенез видів *Nicotiana* вивчені Гудспідом [3]. За Гудспідом, рід *Nicotiana* розглядається як залишок поліплоїдного комплексу, початок якому було закладено гіпотетично пращурами *Pre-Petunia*, *Pre-Cestrum* і *Pre-Nicotiana*, які мають в геномі по 6 пар хромосом. Наступна еволюція видів від 6 пар здійснювалася, головним чином, під дією амфіплоїдії зі збільшенням числа хромосом в геномі від 12 до 24 пар. Паралельно з амфіплоїдією види *Nicotiana* піддавалися генетичній диференціації, що включає анеуплоїдію, генні мутації, хромосомні зміни і гібридні рекомбінації. На сьогодні існують види,

що представляють собою останній еволюційний етап роду, і на даному етапі наймолодші 24 парні види займають найвище філогенетичне положення. До цих видів належить *N. rustica* і *N. tabacum*.

Еволюція роду *Nicotiana* відбувалася на Південно-Американському континенті десятки мільйонів років, протягом яких відбувалося заледеніння, зміна посушливих і вологих періодів, масові епіфітотії хвороб та шкідників, тому сучасні види *Nicotiana*, в тому числі і *N. rustica* і *N. tabacum*, мають потенційно адаптивні генотипи до багатьох несприятливих умов.

Багато даних вказують на те, що *N. rustica* і *N. tabacum* культивувалися на Американському континенті протягом тривалого часу і його ареал включав сучасні території Мексики, Центральної Америки та велику частину Південно-Американського континенту. Таким чином, у до Колумбійську епоху існувала певна технологія вирощування та обробітку нікотиновмісних рослин, яка збереглася до нашого часу. Така технологія могла бути досягнута лише в процесі довготривалого культивування. Згідно Сеччелу, індіанці Америки вживали наступні види *Nicotiana*: *tabacum*, *rustica*, *multivalvis*, *bigelovii*, *attenuate*. На території сучасних Сполучених Штатах Америки і Канади індіанці вживали для куріння в трубці види: *multivalvis*, *bigelovii*, *attenuate*, в Мексиці і Перу – *tabacum*, *rustica*, у всіх інших областях Американського континенту лише – *N. tabacum*.

N. rustica – більш давня культура порівняно з тютюном. Ще за тисячоліття до відкриття Америки вона вирощувалась індіанцями як наркотична рослина, яку курили, жували і нюхали. На інших континентах вона поширилася після відкриття Америки. В Європу махорка була завезена в 1560 році та спочатку рекламувалася і вирощувалася як лікарська рослина і для приготування нюхального порошку. У країнах Азії і Африки махорка вперше з'явилася в кінці XVI ст. або XVII ст. Найбільші райони культури махорки утворилися на території СРСР і Індії. У невеликих розмірах махорка вирощувалась в багатьох державах Європи, Азії та Африки.

Поліплоїдна природа виду, його гетерозиготний стан, як фактори формоутворення, сприяли великій внутрішньовидовій видозміні в різних природних умовах зростання, природної гібридизації і активної діяльності людини в створенні нових необхідних форм. При тривалій культурі в різних еколого-географічних зонах сформувалося велика різноманітність сортів і форм махорки. З питання внутрішньовидової систематики *N. rustica* літературні дані вельми обмежені [1]. Створена класифікація сортової різновидності махорок допоможе у вивченні морфобіологічних ознак та технологіях вирощування і в подальшому групуванні віднайдених сортів та сортотипів *N. rustica*, що є цінним джерелом в селекції на стійкість, продуктивність та створення малозатратних (безпасинкових) сортів [2]. Вивчення систематики, сортотипів і колекції *N. rustica*, до якої входять кращі сорти місцевої і зарубіжної селекції, дозволить більш розширено вивчити можливості культури.

ЛІТЕРАТУРА

1. Comes, O. (Orazio), 1848-1917 Monographie du genre *Nicotiana* comprenant le classement botanique des tabacs industriels
2. Setschell W.A. Studies in *Nicotiana* L. Univ. Calif. Publ. Botany, 5. 1912.
3. Goodspeed T.H. The genus *Nicotiana*. USA, Publ. by Chronica Botanica, v. 16. 1954.

ТЕХНОЛОГІЇ ПЕРЕРОБКИ БІОСІРОВИНИ НА БІОПАЛИВО ТА БІОМАТЕРІАЛИ

ВИКОРИСТАННЯ КРОХМАЛЮ ДЛЯ СТВОРЕННЯ ПОЛІМЕРНОГО КАТІОННОГО ФЛОКУЛЯНТА

О.Г. Будішевська, І.В. Юринець

*Національний університет «Львівська політехніка»,
м. Львів, Україна;
olha.h.budishevaska@lpnu.ua*

Актуальним питанням сьогодення є питання очищення побутових стічних вод та стічних вод промислових виробництв, зокрема сільськогосподарських і харчових. Вирішення цих завдань з очищення стічних вод потребує створення нових ефективних технологій та матеріалів, зокрема флокулянтів. Нові матеріали повинні бути економічно вигідними, біосумісними, не токсичними, забезпечували би необхідні виробничі функції і ефективність дії. Разом з тим вони повинні бути біодеградабельними, що вимагає екологічна безпека і захист природного середовища, а також мати невисоку вартість у порівнянні з синтетичними полімерними матеріалами, доступність, поширеність у природі, невичерпність природних джерел та їх відтворюваність.

Використання природних біоматеріалів, у тому числі продукції сільського господарства для створення нових полімерних флокулянтів представляється оптимальним рішенням. Зокрема, використання катіонних крохмалів, одержаних в Україні простим і дешевим способом як флокулянтів білкових сполук, поверхнево активних речовин (ПАР), у тому числі миючих речовин і емульгаторів у технології очищення відходів і промислових, зокрема, харчових виробництв має хороші перспективи.

У даній роботі предметом дослідження є процес флокуляції описаних вище речовин і осадження їх з водних колоїдних розчинів під дією катіонного крохмалю як флокулянту. Катіонний крохмаль (КК) одержували взаємодією кукурудзяного крохмалю з катіонуючим реагентом 2-гідрокси-3-хлоропропілтриетиламоній хлоридом (КР) згідно схеми, наведеної на рис. 1 за методикою [1].

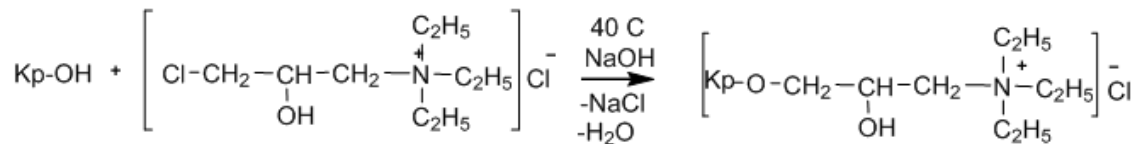


Рис. 1. Схема взаємодії крохмалю з катіонуючим реагентом 2-гідрокси-3-хлоропропілтриетиламоній хлоридом і утворення КК

Катіонуючий реагент отримували за спрощеною методикою однореакторним синтезом взаємодією триетиламіну та епіхлоргідрину у присутності каталізатора згідно схеми, наведеної на рис. 2 за методикою [2].

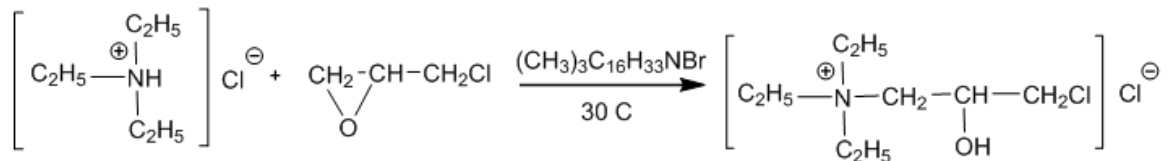


Рис. 2. Схема синтезу катіонуючого реагенту 2-гідрокси-3-хлоропропілтриетиламоній хлориду

У водному середовищі КК представляє собою полікатіон, який електростатично взаємодіє з негативно зарядженими центрами речовин, які флокулюють при певних значеннях рН. Для дослідження процесів флокуляції використовували КК із вмістом нітрогену [N]=1,46 %, ступінь заміщення атомів гідрогену у глюкопіранозній ланці крохмалю на фрагмент з амонійною групою – 0,21.

З використанням КК як флокулянта досліджували осадження бичачого сироваткового альбуміну (БСА) з водних середовищ. Показано, що процес флокуляції і утворення осаду БСА суттєво залежить від рН середовища, а також від концентрації флокулянта. При рН менше ізоелектричної точки БСА (рІ БСА~4,8) флокуляція під дією КК і утворення осаду не спостерігається, очевидно, унаслідок позитивних значень ζ-потенціала макромолекул БСА у межах рН 1,0–4,8 і відсутності їх взаємодії з макрокатіонами КК. Встановлено, що при рН, більших за ізоелектричну точку БСА у межах рН 6 – рН 11 і оптимальній концентрації флокулянта можна досягти осадження БСА більше, ніж 60 %.

Також показано, що описаний КК може бути використаний як флокулянт для освітлення сироватки після виробництва кисломолочного сиру. Показано, що швидкість освітлення залежить від концентрації катіонного крохмалю і

pH сироватки. Найбільша швидкість освітлення спостерігається при концентраціях КК 43,7 – 58,0 мг/л.

Використання КК як флокулянта для осадження ПАР натрій лаурилтриоксиетиленсульфату (лауретсульфату) дозволило осаджувати близько 20 % ПАР при pH біля pH 4 при оптимальній концентрації КК.

Отримані результати дозволяють рекомендувати запропонований катіонний крохмаль одержаний спрощеним методом як перспективний недорогий, біодеградабельний, нетоксичний флокулянт при очищенні стічних вод підприємств харчової промисловості, зокрема, для осадження речовин сироватки після виробництва кисломолочого сиру, а також сільськогосподарської, фармацевтичної тощо галузей, які потребують очищення від білкових речовин, ПАР тощо.

ЛІТЕРАТУРА

1. Kostyk, O.A., Budishevskaya, O.H., Vostres, V.B., Nadashkevych, Z.Y., Voronov S.A. (2019). Cationation of starch with an aminating reagent based on triethylamine and epichlorohydrin. *Issues of Chemistry and Chemical Technology*. 6. 113-120.

2. Костик О.А., Будішевська О.Г., Вострес В.Б., Надашкевич З.Я., Воронов С.А. (2019) Одержання і характеристика катіонних крохмалів. *Ж. Хімія, технологія речовин та їх застосування*. «Львівська політехніка». 1. 159-165.

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ СОРГО ЦУКРОВОГО ДЛЯ БІОЕНЕРГЕТИКИ

О.М. Ганженко, Л.А. Правдива

*Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України,
м. Київ, Україна
Ganzhenko74@gmail.com*

Сорго цукрове (*Sorghum saccharatum* (L.) відноситься до високопродуктивних сільськогосподарських культур, які стабільно формують високі врожаї навіть за несприятливих ґрунтово-кліматичних умов. Один гектар посівів сорго цукрового можна забезпечує вихід 90–120 т/га цукромісткої біомаси з вмістом вуглеводів у соку до 20 %. Сорго цукрове – універсальна культура, зелену масу якої можна використовувати у кормовиробництві, харчовій промисловості та для виробництва різних видів біопалива. Сік, отриманий зі стебел сорго цукрового, за вмістом вуглеводів не поступається

перед цукровою тростиною, проте на відміну від останньої окрім сахарози містить глюкозу, фруктозу та розчинний крохмаль, що перешкоджає процесу кристалізації. Тому із сорго цукрового виготовляють рідкий цукровий сироп, який використовують у харчовій промисловості.

Завдяки високому вмісту простих вуглеводів у соку сорго цукрове в усьому світі розглядається як найбільш перспективна культура для виробництва біоетанолу [6, 8, 9]. Сучасні вітчизняні високопродуктивні гібриди сорго цукрового дозволяють отримати до 5 т/га біоетанолу [11].

Після видалення соку зі стебел сорго цукрового можна виготовляти тверде біопаливо (паливні гранули або брикети). Вихід твердого біопалива з одного гектара посівів сорго цукрового може перевищувати 25 т/га, під час згорання якого виділяється 400 ГДж/га (95,3 Гкал/га) теплової енергії. Таким чином, сумарний вихід енергії, яку забезпечує 1 га посівів сорго цукрового перевищує 500 ГДж/га, що свідчить про перспективність використання цієї культури для біоенергетики [10].

Перспективним є використання біомаси сорго цукрового для виробництва біогазу [1, 2, 3, 5, 7]. Завдяки високій врожайності зеленої маси з одного гектара посівів сорго цукрового можливе виробництво до 17,6 тис. м³/га біогазу з концентрацією біометану в середньому 60 %. Залишки біогазової ферментації містять значну кількість легкодоступного для рослин азоту, фосфору, калію та мікроелементів і можуть використовуватись як добриво, яке за своєю дією схоже на мінеральні добрива.

На сьогодні вчені та виробничники розробляють технології комплексного перероблення біомаси сорго цукрового з метою зменшення собівартості біопалива. У засушливих регіонах сорго цукрове збирають в період воскової стиглості і залишають зрізані стебла на полі. Впродовж наступних 7–10 діб стебла висихають і збираються прес-підбирачами, які формують тюки з біомаси сорго. Тюки транспортують і зберігають для подальшого їх перероблення на біопаливо.

На першому етапі перероблення суху біомасу сорго цукрового зволожують і віджимають на вальцевих пресах, а отриманий сік використовують для виробництва біоетанолу. Отриману масу обробляють ензимами для трансформації целюлози та геміцелюлози у моноцукри, з яких в

подальшому переробляють на біоетанол, а відходи використовуються для виробництва біогазу [3]. За такого підходу забезпечується максимальне використання енергії, накопиченої рослинами сорго цукрового та перетворення її у біопаливо. Крім того, потужності переробного підприємства задіяні впродовж всього року. На жаль, через особливості погодних умов дана технологія не може бути реалізованою в умовах України.

Цукромістку сировину з сорго цукрового можна також використовувати для виробництва біодизеля, при цьому насичена вуглеводами біомаса використовується як середовище для розмноження ліпідів мікроводоростей, які продукують біодизель [4].

Таким чином, сорго цукрове – це високопродуктивна невибаглива до умов вирощування рослина, біомаса якої є найперспективнішою для виробництва різних видів біопалива.

ЛІТЕРАТУРА

1. Dar R.A., Dar E.A., Kaur A., Phutela U.G. Sweet sorghum-a promising alternative feedstock for biofuel production. *Renewable & Sustainable Energy Reviews*. 2018. Vol. 82. P. 4070-4090. DOI: 10.1016/j.rser.2017.10.066.
2. Garuti M., Mantovi P., Soldano M., Immovilli A., Ruozzi F., Feroso F.G., Rodriguez A.J., Fabbri C. Towards sustainable energy-crop cultivation: feasibility of biomethane production using a double-cropping system with various sorghum phenotypes. *Biofuels Bioproducts & Biorefining-Biofpr*. 2020. Vol. 14, Issue 3. P. 553-565. DOI: 10.1002/bbb.2099.
3. Glab L., Sowinski J., Chmielewska J., Prask H., Fugol M., Szlachta J. Comparison of the energy efficiency of methane and ethanol production from sweet sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) with a variety of feedstock management technologies. *Biomass & Bioenergy*. 2019. Vol. 129. Article #105332. DOI: 10.1016/j.biombioe.2019.105332.
4. Gnansounou E., Dauriat A., Wyman C.E. Refining sweet sorghum to ethanol and sugar: economic trade-offs in the context of North China. *Bioresource Technology*. 2005. Vol. 96, Issue 9. P. 985-1002. DOI: 10.1016/j.biortech.2004.09.015.
5. Jankowski K.J., Dubis B., Sokolski M.M., Zaluski D., Borawski P., Szemplinski W. Productivity and energy balance of maize and sorghum grown for biogas in a large-area farm in Poland: An 11-year field experiment. *Industrial Crops And Products*. 2020. Vol. 148. Article #112326. DOI: 10.1016/j.indcrop.2020.112326.
6. Pakarinen O.M., Kaparaju P.L.N., Rintala J.A. Hydrogen and methane yields of untreated, water-extracted and acid (HCl) treated maize in one- and two-stage batch assays. *International Journal Of Hydrogen Energy*. 2011. Vol. 36, Issue 22. P. 14401-14407. DOI: 10.1016/j.ijhydene.2011.08.028.
7. Stamenkovic O.S., Siliveru K., Veljkovic V.B., Bankovic-Ilic I.B., Tasic M.B., Ciampitti I.A., Dalovic I.G., Mitrovic P.M., Sikora V.S., Prasad, P.V.V. Production of biofuels from sorghum. *Renewable & Sustainable Energy Reviews*. 2020. Vol. 124. Article #109769. DOI: 10.1016/j.rser.2020.109769.
8. Theuretzbacher F., Bauer A., Lizasoain J., Becker M., Rosenau T., Potthast A., Friedl A., Piringer G., Gronauer A. Potential of different *Sorghum bicolor* (L. moench) varieties for combined ethanol and biogas production in the Pannonian climate of Austria. *Energy*. 2013. Vol. 55. P. 107-113. DOI: 10.1016/j.energy.2013.04.020.

9. Wannasek L., Ortner M., Amon B., Amon T. Sorghum, a sustainable feedstock for biogas production? Impact of climate, variety and harvesting time on maturity and biomass yield. *Biomass & Bioenergy*. 2017. Vol. 106. P. 137-145. DOI: 10.1016/j.biombioe.2017.08.031.
10. Ганженко О.М. Продуктивність рослин сорго цукрового (*Sorghum saccharatum* L.) залежно від елементів технології вирощування на біопаливо в зоні недостатнього зволоження Лісостепу України. *Plant Varieties Studying and protection*. 2021. Т. 17. № 3. С. 240-247. doi: 10.21498/2518-1017.17.3.2021.242978
11. Ганженко О.М. Енергетична продуктивність сорго цукрового залежно від строків збирання урожаю в центральній частині Лісостепу України. *Збірник наукових праць «Агробіологія»*, 2021. № 1. С. 23-31. doi: 10.33245/2310-9270-2021-163-1-23-31

ПЕРСПЕКТИВНА ЕКОЛОГІЧНО БЕЗПЕЧНА ТЕХНОЛОГІЯ БІОПЕРЕРОБКИ ВІДХОДІВ КАРТОПЛІ З ОТРИМАННЯМ БІОГАЗУ

С.М. Гармаш¹, К.П. Харченко²

¹ ДВНЗ «Український державний хіміко-технологічний університет

² КНЗ «Хіміко-екологічний ліцей» ДМР,

м. Дніпро, Україна

svgarmash@ukr.net

Пошук альтернативних джерел енергії є актуальною проблемою для України, що володіє потужним потенціалом щодо виробництва біогазу з органічних субстратів тваринного та рослинного походження. В Україні щорічно вирощується понад 20 млн. тон картоплі. Під час зберігання псується від 5 до 10 млн. тон. Крім того, на картоплепереробних підприємствах накопичуються сотні тисяч тон картопляних очисток [1, 2].

Переваги виробництва біогазу з цих відходів у тому, що в метантенках отримуються високоефективні знезаражені добрива для вирощування екологічно безпечних сільськогосподарських культур.

В лабораторних умовах виконано дослідження отримання біогазу із біомаси подрібненої некондиційної картоплі та картопляних очисток; визначено вихід біогазу та вміст метану.

В ємність об'ємом 1 л завантажували 0,25 кг досліджуваної біомаси некондиційної картоплі (або картопляних очисток), герметично закривали пробкою з трубкою, що з'єднує ємність, гідрозатвор і колбу-приймач газу. Колбу-приймач і мірник газу заповнювали водою. Ємність поміщали в термошафу та при постійній температурі 50–55 °С проводили досліди. Об'єм

газу визначали за обсягом витиснутої рідини з колби-приймача у мірник газу. Вміст біогазу визначали на хроматографі газовому ЛХМ-80.

Для інтенсифікації метанового бродіння додавали біогумус (або низинний торф), які містять метаногенні бактерії (0,5 % від біомаси картоплі).

Результати виходу біогазу і вмісту метану представлено у табл. 1.

Таблиця 1

Вихід біогазу та вміст метану залежно від біосировини

Найменування сировини	Вихід біогазу на 1 кг сухої речовини, дм ³ /кг	Вміст метану, %
Подрібнена некондиційна картопля		
Варіант 1	290	57
Варіант 2	310	59
Варіант 3	305	58
Середнє значення	300	58
Подрібнені картопляні очистки		
Варіант 1	260	53
Варіант 2	245	53
Варіант 3	250	55
Середнє значення	250	53,5

Результати експериментів свідчать, що у промисловості можливо отримати з 1 т некондиційної картоплі 290–310 м³ біогазу, з 1 т картопляних очисток 245–260 м³ біогазу, що узгоджується з даними джерел літератури. Вміст метану складає 53–59 %.

Відходи картоплі з щорічним обсягом до 10 млн. т є перспективною сировиною для отримання альтернативного джерела енергії – біогазу.

ЛІТЕРАТУРА

1. Виробництво біогазу [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://iknet.com.ua/uk/articles/useful-to-know/biogas-production/>
2. Сфера біогазу в Україні: великі перспективи та реальність [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://energytransition.in.ua/sfera-biohazu-v-ukraini-velyki-perspektyvy-ta-real-nist/>.

ЕФЕКТИВНІСТЬ ОТРИМАННЯ БІОЕТАНОЛУ З ОВОЧЕВИХ ВІДХОДІВ

С.М. Гармаш¹, О.М. Чередник², Л.І. Синичич³

¹ ДВНЗ «Український державний хіміко-технологічний університет

² Горянівський ліцей Обухівської селищної ради Дніпровського району

³ КПНЗ «Центр еколого-натуралістичної творчості учнівської молоді»

Дніпровської районної ради

м. Дніпро, Україна

svgarmash@ukr.net

Щорічно на підприємствах агропромислового комплексу і на переробних заводах України накопичуються сотні тисяч тон відходів, які є потенційною сировиною для біопалива. Основною сировиною для біоетанолу є біомаса харчового і нехарчового споживання, яка містить ферментовані цукри або продукти: меляса, сироп, целюлоза й ін. Лігноцелюлоза доступна в великих кількостях у складі залишків сільського господарства та деревообробної промисловості (солома, тирса, кукурудзяні качани, стебла кукурудзи, соняшникове лушпиння, кора дерев і ін.) [1, 2].

Багатотоннажними відходами в Україні є качани кукурудзи, із 10 млн. тон яких можна отримати 3,5 млн. тон добавок до бензину. На типовому цукровому заводі виробничою потужністю 6 тис. т переробки буряка в добу отримують приблизно 300 т умовної меляси (містить ~ 150 т цукру). З цієї меляси можна одержати 9 300 л етилового спирту [3].

Для проведення досліджень жом цукрового буряку (топінамбуру) подрібнювали, заливали водою та варили протягом 1 години. Спостерігалася клейстеризація крохмалю, гідроліз якого розчином сульфатної кислоти сприяв оцукрюванню біомаси. Віджимали сік через марлю та вносили дріжджі (із рахунку 20 г на 1 л соку). Ємність щільно закривалася пробкою з відповідною трубкою (процес анаеробний), кінець якої опускали в склянку з водою. Вся система ставилася в термошафу ($t=25-30$ °C). Зброджування починалося через декілька годин, про це свідчила піна, що утворюється, і бульбашки газу, що надходили у склянку з водою. Ємність з піною 2–3 рази перемішували. Припинення виділення піни і вуглекислого газу свідчило про закінчення

процесу бродіння. Дріжджі при цьому випадають в осад, а рідина стає прозорою.

По закінченні зброджування рідину переливали в круглодонну колбу, яку наповнювали на $\frac{1}{2}$ – $\frac{1}{4}$ об'єму, ставили на піщану баню електроплитки із закритою спіраллю. До колби через шліфи під'єднували холодильник. Після перегонки зібраний біоетанол переливали у циліндр для визначення його об'єму. Пікнометричним методом визначали концентрацію етанолу у водноспиртовому розчині за допомогою пікнометра при 20 °С.

В результаті проведення дослідження встановлено, що із 100 г цукрового жому отримано в середньому 30 мл біоетанолу, з бульб топінамбуру – 65 мл, зі стебел – 28 мл.

Методика дозволяє у промислових умовах зі 100 т цукрових відходів отримати 30 000 л біоетанолу, зі 100 т бульб топінамбуру – 65000 л, зі 100 т стебел топінамбуру – 28000 л біоетанолу, який містить 68–75 % етанолу.

Доцільно не вивозити мелясу з цукрового заводу та організувати її зберігання з мінімальними втратами цукру. Відходи топінамбуру – перспективна сировина сучасної біоенергетики України, які не містять канцерогенні компоненти, завдяки чому істотно скорочуються викиди в атмосферу токсичних речовин і парникових газів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Данилишин М.С. Європейський досвід виробництва біоетанолу з цукрових буряків в умовах цукрового заводу. *АгроСвіт*. 2016. № 6. С. 52-56.
2. Гармаш С.М., Чернова А.С. Визначення основних критеріїв за вибухопожежною та пожежною небезпекою у виробництвах біопалива. *Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури*. 2020. № 4 (267-268). С. 25-31.
3. Альтернативна енергія як вирішення екологічних проблем [Електр. ресурс] – Режим доступу: <http://ru.osvita.ua/vnz/reports/ecology/21361>

ВИКОРИСТАННЯ БІОМАСИ ТА ОРГАНІЧНИХ ВІДХОДІВ СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ТЕПЛОВОЇ І ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ

М.Я. Гументик

*Інститут біоенергетичних культур та цукрового буряку НААН України,
м. Київ, Україна
sugarbeet@ukr.net*

В сучасних економічних умовах військового стану та обмеженості енергоресурсів в Україні надзвичайно актуально постає питання енергозабезпечення територіальних громад, населених пунктів тепловою та електричною енергією. Для вирішення даної проблеми колектив науковців Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України працює над розробкою моделі енергетичного кластеру на основі власної генерації теплової та електричної енергії. В основі якого є будівництво та робота твердопаливних котелень та міні ТЕЦ на місцевій сировині та біомасі з спеціально вирощених високопродуктивних біоенергетичних культур. Дана модель розподільчої генерації енергії на основі біопалива стане не тільки доповненням, але реальним конкурентом традиційному забезпеченню теплової та електроенергії.

Використання біомаси та органічних відходів сільського господарства у якості біопалива для енергетичних об'єктів є економічно виправданим, що враховує індивідуальні властивості споживачів по потужності та профілю. Перевагами даної моделі є керованість надійність та гнучкість переходу на різні види палива, що сприятиме його акумулюванню, зменшить плече доставки та знизить його собівартість. Перспективним та екологічним способом отримання енергії при спалюванні органічної сировини є використання газогенераторних печей, теплогенераторів та твердопаливних котлів, що працюють за принципом піролізу та газифікації з можливістю отримання дешевої теплової енергії. Отримане тепло може використовуватися у різному технологічному промисловому устаткуванні, системах опалення, гарячого водопостачання промислово-виробничих приміщень і господарських споруд, в сушильних

камерах, теплицях тощо. Використання біомаси та органічних відходів у звичайних енергетичних установках та твердопаливних котлах прямого спалювання призводить до ускладнення конструкцій подачі, топкових пристроїв і збільшення їх габаритів, що пов'язано з низькою жаростійкістю металевих труб, та їх швидким виходом з експлуатації. Проблем, що виникають при спалюванні целюлозної сировини, можна уникнути за рахунок термічної переробки біомаси в газоподібний енергоносіє в процесі газифікації біомаси та органічних відходів з отриманням синтез-газу.

Газифікація органічної сировини – це отримання синтез-газу під впливом високих температур, каталізаторів та інших фізичних, хімічних і біологічних впливів. Синтез-газ можна ефективно спалювати в газових пальниках при хорошій організації процесу горіння; а також використовувати в топках для спалювання газоподібного палива в котельних агрегатах і установках. Значною перевагою синтез-газу в порівнянні з твердим паливом є можливість використання його в газових турбінах для вироблення електричної та теплової енергії. Газифікація найчастіше проводиться у великих промислових газогенераторах в киплячому шарі при нестачі окислювача. Конструкції установок для газифікації різних видів палив відрізняються, але не принципово.

Основним процесом при газифікації є піроліз – це хімічний процес розкладання органічної складної сполуки на простіші складові під впливом високих температур (500–850 °C) і під час відсутності окислювача. Піроліз у присутності водяної пари називають гідропіролізом. В результаті піролізу можуть бути виділені тверді, рідкі та газоподібні продукти при нормальних умовах речовини, згідно узагальненої формули: БМ + тепло = С (вуглиста речовина) + смоли + CO + CO₂ + H₂ + H₂O + CH₄ + C_nH_m. Газоподібні продукти піролізу являють собою газ, що містить CH₄, CO, H₂, Q_{нр} = 10–15 МДж/м³, вихід до 70 % від маси сухої сировини при високотемпературному швидкому піролізі. ККД піролізу становить 80–90 %. Всі розглянуті процеси отримання синтез газу з органічної сировини можна розділити за такими стадіями: попередня підготовка біомаси, спалювання через утворення синтез-газу;

отримання високопотенційної теплової енергії. При переробці 1 кг біомаси, або органічних відходів, можливо отримати 1,5–2,0 м³ синтез-газу, який використовується для отримання теплової та електричної енергії.

За оцінкою вітчизняних науковців, близько 50 % споживаної енергії в Україні можуть бути заміщені шляхом використання паливних відходів в комунальному господарстві та сільськогосподарському виробництві, а ще 50 % за рахунок спеціально вирощеної біомаси біоенергетичних культур, що використовується для виробництва твердих видів біопалива: павловнія, міскантус, просо прутоподібне, енергетична верба, тополя, клен гостролистий, клен ясинолистий, для рідких та газоподібних палив: цукрові буряки, цукрове сорго, топінамбур, кукурудза (рис. 1).

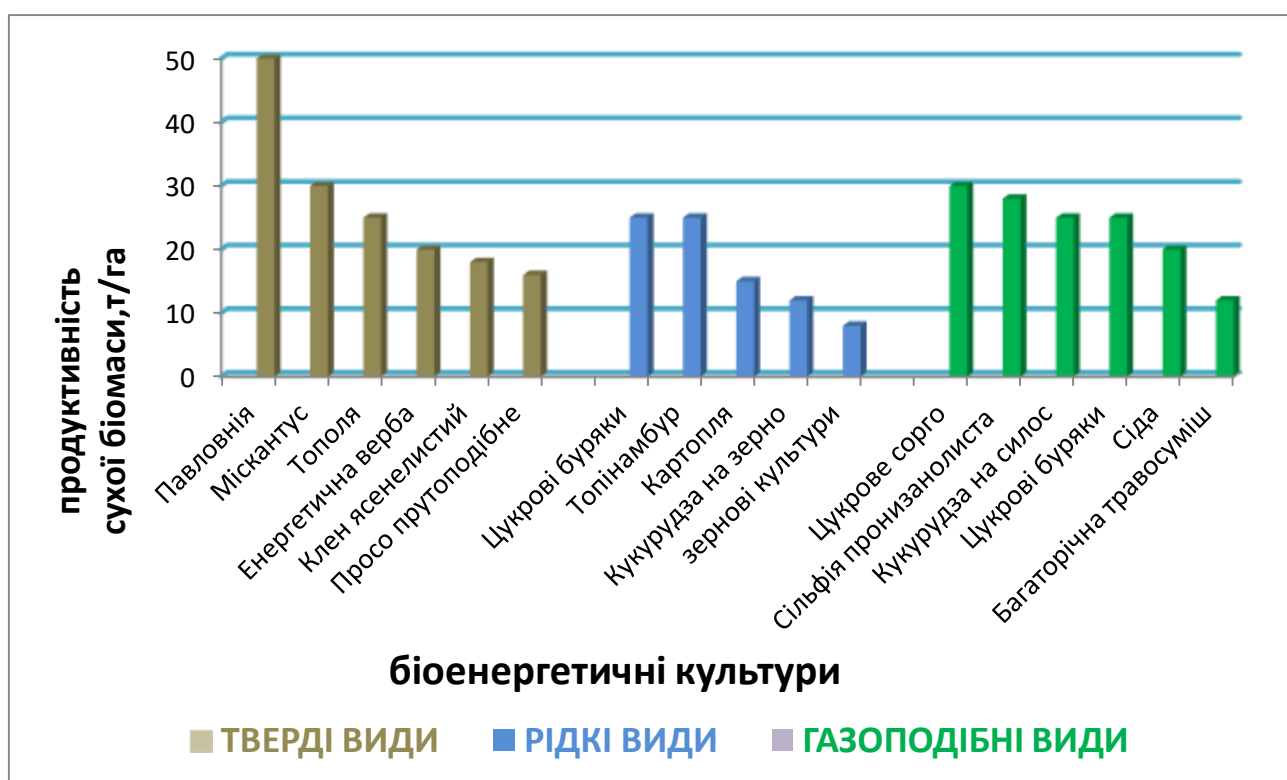


Рис.1. Продуктивність біоенергетичних культур, сировина яких є економічно вигідною для виробництва твердих, рідких та газоподібних палив

Використання в якості палива сільськогосподарських відходів дозволить, окрім отримання дешевої енергії, знизити витрати на їх утилізацію. Вивільнення грошей, призначених на закупівлю і на доставку енергоносіїв, надасть можливість перерозподілу статей бюджету на користь соціальної сфери.

Таким чином, у структурі собівартості виробництва продукції останнім часом енергетична складова має переважне значення через подорожчання та дефіцит енергоносіїв. Для автономного енергозабезпечення територіальних громад, населених пунктів, необхідно використовувати нові високоефективні технології та устаткування для отримання теплової та електричної енергії з поновлюваних і місцевих видів палива (відходи сільськогосподарського виробництва, промислові відходи, біомаса спеціально вирощених високопродуктивних біоенергетичних культур), вартість яких на даний час у 4–5 разів нижче вартості викопних палив.

Для стимулювання розвитку біоенергетики та створення системи автономного забезпечення енергією на загальнодержавному рівні запровадити пільгову систему оподаткування діяльності енергетичних господарств на перші 5 років та розробити систему безвідсоткового кредитування банками для закупівлі техніки та обладнання для виробництва теплової та електричної енергії на основі біопалива, створення енергетичних плантацій високопродуктивних біоенергетичних культур для виробництва біомаси.

ЛІТЕРАТУРА

1. Бондар В.С., Гументик М. Я. Стратегія та пріоритети розвитку біоенергетики в Україні. *Економіка АПК*. 2018. № 3. С. 17-25.
2. Роїк М.В., Сінченко В.М., Бондар С.В., Фурса А.В., Гументик М. Я. Концепція розвитку біоенергетики в Україні до 2035 року. *Біоенергетика*. 2019. № 2 (14). С. 4-10.
3. Відновлювана енергетика в Україні: сьогодення та перспективи. *Українська асоціація відновлюваної енергетики*. URL: <https://vse.energy/docs/OEW-orgel.pdf> (дата звернення: 02 липня 2018).
4. Гелетуха Г.Г., Железна Т.А., Крамар В.Г., Кучерук П. П. Перспективи розвитку біоенергетики як інструмент заміщення природного газу в Україні. *Біоенергетична Асоціація України*. 2018. Електронний ресурс: <http://uabio.org/img/files/docs/position-paper-uabio-12-ua.pdf> (02 липня 2018).
5. Гументик М. Я. Оцінка ефективності перероблення біомаси енергетичних культур на біопаливо. *Біоенергетика*. 2016. № 2 (8). С. 10-12.
6. Методологія дослідження енергетичних плантацій верб і тополь: монографія /за ред. члена-кор. НААНУ В.М. Сінченка / [Я. Д. Фучило, В. М. Сінченко, О. М. Ганженко, М. Я. Гументик та ін.]. К.: ТОВ «ЦП «Компринт», 2018. 137 с.
7. Енергетична верба: технологія вирощування та використання / М. В. Роїк та ін.; за заг. ред. В. М. Сінченка. Вінниця: ТОВ «Нілан-ЛТД», 2015. 340 с.

ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ БІОПАЛИВА ЯК ЕЛЕМЕНТ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ БЕЗПЕКИ ЕКОНОМІКИ УКРАЇНИ ЗА УМОВ ЄВРОІНТЕГРАЦІЇ

А.С. Завербний, Н.Я. Петришин

Національний університет «Львівська політехніка»,

м. Львів, Україна

andrii.s.zaverbnyi@lpnu.ua

Сьогодні, враховуючи проблеми із високим рівнем імпортозалежності енергетичної сфери України, одним із першочергових завдань у системі державного управління енергетикою має стати розроблення і реалізування політики повноцінного забезпечення існуючих потреб економіки у паливно-енергетичних ресурсах. При цьому політика має враховувати дотримання вимог щодо їх раціонального використання, мінімізування негативного впливу на навколишнє середовище (із урахуванням міжнародних природоохоронних, екологічних зобов'язань України, соціально-економічних пріоритетів, обмежень та ін.) тощо.

Одним із потенційних напрямків в енергетичній сфері України виступає відновлювальна енергетика. В структурі енергетичного балансу за 2020 р. (даних за 2021 р. на момент написання тез ще немає) частка відновлювальної енергетики зросла із 4,9 % (у 2019 р.) до 6,6 %. При цьому в структурі загальних обсягів виробництва відновлювальної енергії у 2020 р. найбільш вагому частку зайняли біопаливо та відходи (75,4 %) [1]. З чого можна зробити висновки про потенціал виробництва біопалива (зокрема біогазу) в Україні.

Користуючись передовим досвідом біогазового виробництва в країнах-членах ЄС, для реального прикладу із оцінювання потенціалу від запровадження та подальшого активного розвитку біогазових технологій в Україні наведемо вихідні дані (табл. 1) [2, с. 42–43] сировини. На основі ж статистичних даних поголів'я тварин, птахів в Україні можна обчислити загальний ефект.

Отже, враховуючи, що станом на 01 лютого 2022 р. в Україні поголів'я великої рогатої худоби налічувало 2704300 одиниць, свиней – 5558600 одиниць, птиці – 193940400 одиниць [1], можна наближено розрахувати максимальний потенціал (ефект) від запровадження біогазових технологій в Україні (табл. 2).

Таблиця 1

Потенціал від використання біологічних активів у біогазових технологіях

Види біологічних активів	Вихід кг / голову органічної сухої речовини в рік	Вихід протягом року при використанні біогазової технології, на одиницю				
		біогазу, м ³ /кг	енергії, кВт·год./голову	поживних речовин, кг		
				N	P	K
Біологічні активи, що отримуються з великої рогатої худоби	50	0,3	10,2	0,25	0,04	0,304
Біологічні активи, що отримуються зі свиней	5,5	0,4	1,2	0,056	0,012	0,023
Біологічні активи, що отримуються з птиці	0,2	0,5	0,12	0,0008	0,0003	0,0004

Таблиця 2

Розрахунковий максимальний потенціал (ефект) від запровадження біогазових технологій в Україні (станом на 01 лютого 2022 року)

Види біологічних активів	Вихід при використанні біогазової технології, зі всього обсягу біологічних активів країни за рік				
	біогазу, м ³	енергії, кВт·год.	поживних речовин, кг		
			N	P	K
Біологічні активи, що отримуються з великої рогатої худоби	811290	27583860	676075	108172	822107,2
Біологічні активи, що отримуються зі свиней	2223440	6670320	311281,6	66703,2	127847,8
Біологічні активи, що отримуються з птиці	96970200	23272848	155152,32	58182,12	77576,16

Зрозуміло, що нереально застосувати даний підхід абсолютно до всієї наявної кількості тварин та птиці, як через технологічні, так і економічні причини. Однак, якщо використати хоча би 1 % із наявного потенціалу, то це було би важливим кроком щодо підвищення частки відновлювальної енергії та зростання рівня енергетичної незалежності економіки України.

Тому можна говорити про невикористаний потенціал України у розвитку відновлювальної енергетики за цим напрямком. Одночасно використання біогазових технологій сприятиме підвищенню рівня екологічної безпеки, зменшуючи рівень забруднення навколишнього середовища тощо.

ЛІТЕРАТУРА

1. Сайт Державної служби статистики України. URL: <http://www.ukrstat.gov.ua/>
2. Самосюк В., Капустін М. У Білорусі роблять акцент на промислову переробку гною і посліду в біогаз. *Зерно і хліб*. 2012. № 1, с. 42-43.

АЛЬТЕРНАТИВНЕ ТВЕРДЕ ПАЛИВО З ВІДХОДІВ ХАРЧОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

О.С. Іващук

Національний університет «Львівська політехніка»,

м. Львів, Україна

oleksandr.s.ivashchuk@lpnu.ua

Використання вторинної сировини рослинного походження як джерела для створення альтернативного твердого палива сьогодні має надзвичайно важливе значення. Пошук альтернативних ресурсів, що є доступними, відновлюваними, відносно недорогими та екологічно безпечними є одним з кроків для подолання енергетичної залежності від традиційного палива. Додатково, використання відходів дозволить як покращити екологічну обстановку завдяки мінімізації забруднення довкілля, так і запобігти виснаженню покладів корисних копалин та вирубуванню лісових угідь.

Перспективним напрямом для створення альтернативних твердих палив є відходи харчової промисловості – післяспиртова барда виробництва харчового етанолу та пивна дробина пивоварних виробництв.

Дана вихідна вторинна сировина має високу вологість (~70 %), що вимагає обов'язкового попереднього осушення для тривалого зберігання. Для видалення вологи з досліджуваного матеріалу, післяспиртову барду осушували методом фільтраційного сушіння до сталої маси відповідно до методики [1].

Методом калориметричного спалювання було визначено основні показники досліджуваного матеріалу: вміст вологи, вміст золи та теплотворну здатність. Усі вимірювання проводили відповідно до ДСТУ України за методикою [2].

Проведені дослідження показали високу теплотворну здатність використаної сировини (табл. 1) у порівнянні із культурами, що сьогодні широко використовуються як джерела для створення твердого палива – міскантусом та енергетичною вербою [3].

Таблиця 1

Значення вищої теплотворної здатності осушеної післяспиртової барди, пивної дробини та широко поширених рослин для виготовлення твердого палива

Показник	Ячмінна пивна дробина	Кукурудзяна післяспиртова барда	Енергетична верба	Міскантус
Теплотворна здатність, КДж/кг	≈ 20005	≈ 19545	≈ 17600	≈ 17500

Одержані дані (табл. 1) показали перспективність подальших досліджень і було створено брикети – зразки твердого палива на основі кукурудзяної післяспиртової барди та ячмінної пивної дробини [2]. Основні характеристики створених твердопаливних брикет наведені у табл. 2.

Таблиця 2

Значення вищої теплотворної здатності твердопаливних брикет із осушеної післяспиртової барди та пивної дробини

Показник	Ячмінна пивна дробина	Кукурудзяна післяспиртова барда
Теплотворна здатність, КДж/кг	20173 ÷ 20298	22445 ÷ 26594
Зольність, % мас.	1,5 ÷ 1,6	0,6 ÷ 1,6

Одержані значення (табл. 1, 2), одночасно із низькою зольністю, є близькими до існуючих європейських стандартів, а спосіб одержання твердого палива є простим у технологічному виконанні [2]. Одержані результати засвідчують перспективність подальших досліджень створення альтернативного твердого палива із відходів харчової промисловості рослинного походження.

ЛІТЕРАТУРА

1. Ivashchuk O.S., Atamanyuk V.M., Gnativ Z.Ya., Chyzhovych R.A., Zhrebetskyi R.R. Research into kinetics of filtration drying of alcohol distillery stillage. *Voprosy khimii i khimicheskoi tekhnologii*. 2021. Number 4. pp. 58-65. DOI: 10.32434/0321-4095-2021-137-4-58-65
2. Ivashchuk O.S., Atamanyuk V.M., Chyzhovych R.A., Kiiiaieva S.S., Zhrebetskyi R.R., Sobechko I.B. Preparation of an alternate solid fuel from alcohol distillery stillage. *Voprosy khimii i khimicheskoi tekhnologii*. 2022. Number 1. pp. 54-59. DOI: 10.32434/0321-4095-2022-140-1-54-59
3. Oleksandr Ivashchuk, Volodymyr Atamanyuk, Roman Chyzhovych, Tetiana Kuzminchuk, Roman Zhrebetskyi, Sofiia Kiiiaieva. Research of the calorific value of dried alcohol distillery stillage. 3rd International Scientific Conference «*Chemical Technology and Engineering*»: Proceedings. June 21-24, 2021, Lviv, Ukraine. Lviv: Lviv Polytechnic National University, 2021. P. 200-201. DOI: 10.23939/cte2021.01.200

КОМПЛЕКСНИЙ ПІДХІД ДО ПЕРЕРОБКИ ЦУКРОВОГО СОРГО З ПОДАЛЬШИМ ВИКОРИСТАННЯМ ПОДРІБНЕНИХ СТЕБЕЛ ЯК МАТРИЦІ ДЛЯ ІММОБІЛІЗАЦІЇ ДРІЖДЖІВ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ БІОЕТАНОЛУ

О.О. Коваль¹, С.Т. Олійнічук¹, Т.В. Шейко²

¹ *Інститут продовольчих ресурсів НААН України*

² *Інститут післядипломної освіти НУХТ,*

м. Київ, Україна

sheiko_tamila@ukr.net

Основною із задач сьогодення є успішне вирощування сільсько-господарських рослин на маргінальних землях та рослин, здатних давати високі врожаї у посушливих регіонах України. Однією із таких культур є цукрове сорго, посівні площі якого в Україні сягають близько 120 тис. га. В основному посіви займають південь України, а саме Одеську та Херсонську області. Однак, в останні роки зона вирощування сорго розширилась і на центральні області.

Світовий досвід говорить про використання цукрового сорго для виробництва харчових сиропів та інших харчових підсолоджувачів. Але на сьогоднішній день гостро стоїть задача диверсифікації виробництва та поєднання харчового виробництва з виробництвом біоетанолу [1, 2].

Поширення за останні роки в Україні цукрового сорго як сировини для виробництва сиропів та біоетанолу дозволяє звернути увагу на використання відходів його переробки (подрібненого стебла) в якості не лише твердого палива, а і як матриці для іммобілізації мікроорганізмів. Результати досліджень носіїв на основі стебла цукрового сорго показали доцільність його використання в лабораторних умовах для зброджування соку цукрового сорго та штучних цукровмісних середовищ [3].

Застосування у безперервному зброджуванні мелясного суслу дріжджів, іммобілізованих на стеблі цукрового сорго, здатне скоротити тривалість процесу ферментації та може бути перспективним напрямком підвищення ефективності виробництва біоетанолу [4].

ЛІТЕРАТУРА

1. Григоренко Н.О., Штангеев В.О., Хомічак Л.М., Грінченко І.Г. Шляхи пошуку розширення асортименту продукції цукрової галузі України. *Цукор України*. 2016. № 6-7 (126-127). С. 41-44.
2. Sweet sorghum – an alternative energy crop / [R. Janssen, S. Braconnier, D. Rutz та ін.]. 22nd European biomass conference and exhibition. Hamburg: CIRAD, 2013.
3. Ariyajaroenwong P. Repeated-Batch Ethanol Production from Sweet Sorghum Juice by *Saccharomyces cerevisiae* Immobilized on Sweet Sorghum Stalks. May 2012. *Energies* 5: 1215-1228.
4. Koval O., Oliynichuk S., Lysak T. Application of immobilized yeast cells in fermentation of sugar-based raw materials for the production of bioethanol. *Chemical Technology and Engineering: 2nd International Scientific Conference*. June 24-28. 2019. Lviv, Ukraine. №2. P. 157-158.

ДОСЛІДЖЕННЯ РЕЖИМІВ ХІМІЧНОЇ АКТИВАЦІЇ ТОРФУ ДЛЯ ВИКОРИСТАННЯ ЯК ЗВ'ЯЗУЮЧОГО В ТЕХНОЛОГІЯХ ВИРОБНИЦТВА КОМПОЗИЦІЙНОГО ПАЛИВА

Д.М. Корінчук

Інститут технічної теплофізики НАН України,

м. Київ, Україна

ntps@i.ua

В Україні 96 % всіх запасів торфу становить торф низинного типу, багатий на гумінові речовини (табл. 1) [1]. Потреба аграрного сектору в постійному відновленні гумусового шару та продукуванні тваринницької сировини для внутрішнього споживача робить дуже актуальним для сьогодення напрямок виробництва з торфу гумінових добрив та стимуляторів росту рослин і тварин. В умовах загальної кризи в країні існує складність створення великих самостійних виробництв. В межах виробничого циклу торфобрикетного заводу (ТБЗ) частина фрезерного або висушеного торфу, що використовується для виготовлення торф'яних брикетів, може, з певним припущенням, бути хімічно активована та в подальшому використана як в ролі зв'язуючої складової палива, так і в ролі добрива у вигляді розчину гуматів натрію або калію.

Таблиця 1

Компонентний склад торфів

Компоненти	Тип торфу		
	низинний	перехідний	верховий
Водорозчинні і легкогідролізовані геміцелюлози	9,2–45,8	6,9–51,5	9,0–63,1
Гумінові кислоти	18,6–55,5	1,7–52,5	4,6–49,9
Фульвокислоти	5,0–27,9	8,6–33,2	10,0–30
Целюлоза	0,0–19,0	0,0–15,8	0,7–20,7

Диверсифікація виробництва на ТБЗ дає змогу зменшити залежність заводу від попиту на торф'яний брикет. Розроблення технологій комплексної переробки торфу на паливо з вилученням гумінових речовин з торфу, хімічної активації частини торфу та використання її як зв'язуючого можуть з малими інвестиційними витратами бути інтегровані в технологічний цикл виготовлення торф'яних брикетів і є актуальними для сьогодення.

Дослідження режимів екстракції гумінових речовин (ГР) з торфу за традиційною технологією [2] та в кавітаційному пульсаційному екстракторі ЕІ-10 з використанням методу ДІВЕ (рис. 1) показали, що за кавітаційного способу екстракції криві зміни концентрації ГР в розчині вже за температури екстракції вище 60 °С збігаються, а максимальна концентрація за часу обробки 60 хв знаходиться в інтервалі значень 2,08–2,22 %, причому вже через 20 хв обробки в розчині досягається концентрація 1,8–1,94 %. Відповідно, недоцільно підвищувати температуру суспензії вище 60 °С, а кавітаційну обробку слід робити протягом 20–40 хв, що відповідає енерговитратам до 3,6 кВт·год/т суспензії. Після процесу екстракції, центрифугування та відділення розчину гуматів від твердого залишку, вологість останнього становила 78–82 %, а, відповідно, ступінь вилучення ГР за вмісту гуматів в торфі – не менше 30 % та концентрації в розчині не більше 3 % обмежені величиною 72 ± 2 % у відношенні до загального вмісту гуматів або $21 \pm 1,5$ % до вмісту сухого вихідного торфу.

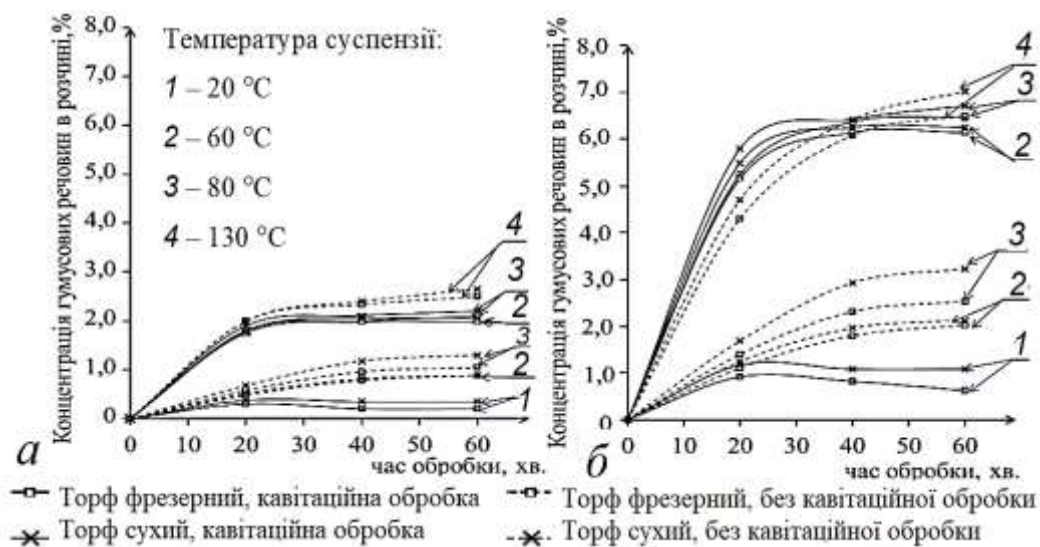


Рис. 1. Залежність концентрації ГР в розчині від часу екстракції:
а – концентрація лугу 1 %; б – концентрація лугу 3 %

Збільшення концентрації лугу та зменшення гідромодуля веде до підвищення питомих витрат лугу на виробництво гуматів та зменшення ступеня вилучення через високу залишкову вологість твердого залишку. Встановлено, що висока вологість твердого залишку після екстракції, який планується використовувати в ролі хмічноактивованого торфу як зв'язуюче в

композиційному біопаливі, накладає ряд технологічних обмежень через складність приготування композицій на його основі, а примусове зневоднення композицій зі вмістом вологого хімічноактивованого торфу вище 10 % в сушильному обладнанні є технічно та економічно необґрунтоване. Разом з тим вологість твердого залишку збігається з вологістю торф'яних покладів, технологія зневоднення яких реалізується шляхом польового сушіння на ТБЗ [3], і є досить глибоко вивчена та відпрацьована.

Теплотехнічний аналіз хімічноактивованого торфу показав як підвищення зольності до 26 %, так і спадання до 8–11 % при збільшенні теплоти згоряння зразків в останньому випадку до 18 МДж/кг [4]. Встановлено, що внаслідок інтенсивної гідродинамічної обробки відбувається диспергування та руйнування торф'яних частинок і їх агломератів, вивільнення та відокремлення від органічної частини торфу частинок золи, які внаслідок більшої питомої ваги осаджуються, і їх концентрація в процесі відстоювання збільшується в нижній частині шару вологого твердого залишку, а верхня частина збагачується органічною горючою складовою. Це явище можна використовувати для зменшення зольності та підвищення теплоти згоряння залишку торфу, для чого необхідно передбачити на стадії відстоювання можливість відділення високозольного осаду від основної маси хімічноактивованого торфу.

Узагальнюючи наведені дослідження можна зробити висновок, що існують достатні передумови для створення енергоресурсозберігаючої технології перероблення торфу на паливо та добриво.

ЛІТЕРАТУРА

1. Снежкін Ю.Ф., Корінчук Д.М., Михайлик В.А. Композиційні палива на основі торфу і рослинної біомаси: сировина властивості, режими, обладнання, технології: монографія. К.: Поліграф сервіс, 2012. 212 с.
2. Технічні умови «Стимулятор росту растений» ТУ У 256–6–93 10.3–05417118-048:2012.
3. Корінчук Д.М. Обґрунтування технології комплексної переробки торфу на паливо з вилученням гумінової складової. *Промислова теплотехніка*. 2015. Т. 37. № 6. С. 66-74.
4. Корінчук Д.М. Теплотехнічний аналіз залишку після екстракції гумінових речовин з торфу як сировина для виготовлення біопалива. *Chemical Technology and Engineering: 1st International Scientific Conference (СТЕ-2017)*. (June 26-30, 2017, Lviv). Lviv, 2019. p. 284.

ЄВРОПЕЙСЬКИЙ ДОСВІД БІОКОНВЕРСІЇ РОСЛИННИХ ВІДХОДІВ, ПЕРСПЕКТИВНІ ЕМ-ТЕХНОЛОГІЇ В УКРАЇНІ

**І.М. Корнієнко¹, В.М. Гуляєв², А.С. Анацький², Н.О. Непошивайленко²,
О.Ю. Філімоненко², Л.С. Ястремська¹, О.О. Кузнєцова¹, М.М. Барановський¹**

¹ *Національний авіаційний університет,*

м. Київ, Україна

² *Дніпровський державний технічний університет,*

м. Кам'янське, Україна

irina.kornienko.1979@gmail.com

В Україні щорічно на території сільськогосподарських підприємств утворюються рослинні відходи (80 млн. т / рік). Спираючись на розпорядження Кабінету Міністрів України (від 08.11.2017 р. № 820-р.) про схвалення Національної стратегії управління відходами в Україні до 2030 р., статтю 365 Угоди про асоціацію між Україною та ЄС, найбільш актуальним питанням сьогодення є переробка накопичених рослинних відходів, кількість яких на 2020 рік становить 57 % від загальної кількості відходів, а саме 9,061 млн. т. Збитки заподіяні державі внаслідок накопичення відходів коливаються від 6,8 до 22 млн. грн в залежності від активної діяльності області. З 1 тонни рослинних відходів можливо отримати 600 кг біодобрива та побічного продукту – біогазу 350–420 м³ в залежності від використаної сировини [1].

На жаль, в Україні домінуючим способом поводження з відходами залишається їх вивезення та захоронення на полігонах та сміттєзвалищах. За останні роки, лише 5,8 % утворених відходів перероблено, в тому числі 2,71 % (1,3 млн. м³) – утилізовано (спалено), 3,09 % (1,53 млн. м³) – спрямовано на інші сміттєпереробні комплекси та близько 0,003 % (2000 м³) – компостовано. Решту (близько 94 %) розміщено на полігонах та сміттєзвалищах, яких в Україні налічується близько 5470 одиниць, з них 305 (5,6 %) перевантажені, а 1646 одиниць (30 %) не відповідають нормам екологічної безпеки. За експертними оцінками більше 99 % функціонуючих полігонів не відповідають європейським вимогам (Директиві Ради № 1999/31/ЄС від 26 квітня 1999 р. «Про захоронення відходів»).

Надмірна залежність України від захоронення будь-яких відходів не може далі бути основою сучасної політики. Крім того, підписана у 2014 році Угода

про асоціацію між Україною, з однієї сторони, та Європейським Союзом, Європейським Співтовариством з атомної енергії і їхніми державами-членами, з іншої сторони, вимагає від України негайних і рішучих кроків для впровадження європейських стандартів у відповідній сфері. З метою створення умов для підвищення стандартів життя населення шляхом впровадження системного підходу до поводження з відходами на державному та регіональному рівні, зменшення обсягів утворення відходів та збільшення обсягу їх переробки або повторного використання була прийнята Національна стратегія управління відходами в Україні до 2030 року [1, 2].

Цілями Стратегії є: визначення та розв'язання ключових проблем розвитку управління відходами в Україні на інноваційних засадах; визначення пріоритетних напрямів діяльності центральних та місцевих органів виконавчої влади, органів місцевого самоврядування, організацій, установ, підприємств, громадських організацій та суспільства в цілому щодо переходу системи управління відходами на інноваційну модель; визначення шляхів і методів удосконалення існуючої інфраструктури з управління відходами, які не суперечать інноваційній моделі; забезпечення сталого розвитку України шляхом виконання завдань, спрямованих на екологічну та ресурсну безпеку [2].

Відповідно до Європейської практики переробки рослинних відходів (на прикладі Франції) – 30 % органічних відходів від загальних побутових переробляються в спеціальних (індивідуальних) контейнерах за допомогою ефективних мікроорганізмів, внаслідок чого жителі сільської місцевості отримують якісне біодобриво, при цьому об'єм відходів після переробки зменшується в 2–3 рази. Родина з 3–4 чоловік за рік може за допомогою даного контейнера-ферментатора отримати близько 500 кг біоорганічного добрива, яке за ефективністю перевершує перегній в 8–15 разів (залежно від видів овочевих відходів).

Паралельно з отриманням органічного добрива існує можливість отримання біогазу у межах 14–17 %. Наприклад, Іль-де-Франс – Паризька область (найбільш густонаселений регіон Франції) виробляє 3846 т компосту на рік, що приносить регіону 115 000 євро у рік (до 30 євро за тону). Згідно Європейської практики, під час переробки органічних відходів, що підлягають

ферментації, в залежності від різного потенціалу метаноутворення, визначили суттєвий вихід біогазу [3, 4].

В Україні щорічно утворюється 21 млн. т рослинних відходів. Згідно з наявними даними, обсяг поживних речовин, що містяться в усіх рослинних відходах, еквівалентний 166 тис. т азоту, 76 тис. т фосфору і 130 тис. т калію. Складність реалізації інженерно-технічних задач щодо транспортування і переробки відходів механічними та фізико-хімічними методами надало можливість обґрунтованого створення ефективних біотехнологічних підходів в напрямку безпечної утилізації рослинних відходів, яку спрямовано на охорону навколишнього середовища із залученням енергоефективних технологій [1].

В рамках участі у грантовій угоді «Clean Energy Technologies and Energy Efficiency: the EU Experience», що реалізується Європейським Союзом за програмою «Jean Monnet Modules Erasmus⁺» (Грантова угода Project 101047602 – EnergyC) розроблено біотехнологію переробки відходів із використанням EM-препаратів, яка дозволяє одночасно отримувати якісне біоорганічне добриво та біоводень за 3 доби ферментації рослинних відходів специфічним консорціумом.

Практична цінність від впровадження даної технології полягає в такому:

- відбувається безперервна утилізація накопичених рослинних відходів протягом року, що передбачено в Національній стратегії управління відходами в Україні;

- запропонована EM-технологія дозволяє отримувати екологічно чисте біоорганічне добриво на основі рослинних відходів та консорціуму мікроорганізмів з одночасним отриманням біоводню;

- використання отриманих біодобрив в сільськогосподарській діяльності дозволяє відновлювати ґрунти та покращувати їх родючість.



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

Робота виконана в рамках грантової угоди «Clean Energy Technologies and Energy Efficiency: the EU Experience» (Project 101047602 – EnergyC)

ЛІТЕРАТУРА

1. Ресульєва Н.Ш. Перспективи рослинних відходів для виробництва енергії в Україні. *Економіка: реалії часу*. 2015. № 4(20). С. 179-189.
2. Цілі сталого розвитку 2016-2030. *United Nations Ukraine*. Женева, 2017. URL: <http://www.un.org.ua/ua/tsili-rozvytku-tysiacholitia/tsili-staloho-rozvytkuundefined> (дата звернення: 9.10.2019)
3. Li X., Poon C., Chung S. Waste reduction and recycling strategies for the in-flight services in the airline industry. *Resources, Conservation and Recycling*. 2016. Vol. 37. №. 1. P. 87-99. doi: doi.org/10.1016/j.resconrec.2016.03.023
4. Кухарець С.М., Голуб Г.А. Забезпечення енергетичної автономності агроєкосистем на основі виробництва біопалива. *Вісник ЖНАУ*. 2012. №1 (30). Т. 1. С. 345-352.

ЗАМІНА КАТАЛІЗАТОРА У ПРОЦЕСІ ВИРОБНИЦТВА БІОДИЗЕЛЬНОГО ПАЛИВА

О.Є. Кофанов¹, О.І. Василькевич¹, О.В. Кофанова¹, Д.М. Степанов²

¹ Національний технічний університет

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»,

м. Київ, Україна,

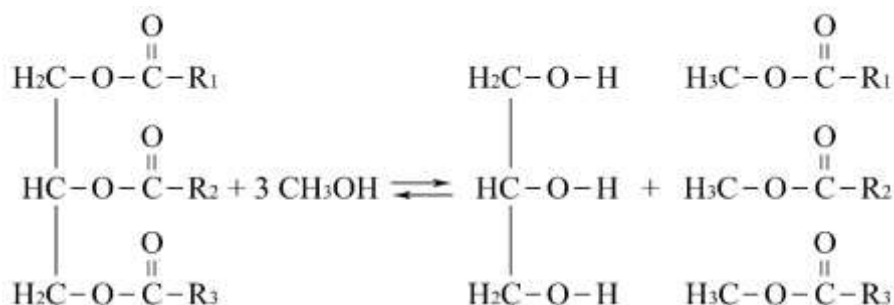
² Університет технологій м. Грац (Graz University of Technology),

м. Грац, Австрія

alexina555@gmail.com

Проблема забезпечення країни якісним моторним паливом постає з кожним роком все гостріше і гостріше. Отже, частковий чи повний перехід автотранспортних засобів на живлення біопаливами або біопаливними композиціями є невід'ємною складовою забезпечення енергетичної й економічної безпеки держави.

Загальновідомо, що біодизельне пальне отримують реакцією переестерифікації (РП), яка зазвичай передбачає використання у технологічному процесі гомогенного лужного каталізатора (ЛК) – гідроксиду натрію чи калію [3-5]:



У прикладі застосовано метанол як спиртовий реагент реакції переестерифікації, хоча простіше і більш екологічно сприятливим є використання у якості реагенту етилового спирту (етанолу) $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$. У цьому випадку значно зменшуються обсяги токсичних відходів, знижуються енерговитрати тощо.

Собівартість отримання біодизельного моторного палива значною мірою визначається використаною сировиною. Багато вітчизняних господарств або самостійно вирощують і перероблюють олійні технічні культури на біодизель, або застосовують як сировину відходи виробництва харчової чи інших галузей

промисловості. Як сировину можна використовувати будь-які жиромісні відходи, у тому числі тваринний жир, некондиційні масла, використану олію, відходи лісопереробки, сільськогосподарського виробництва, водорості тощо. При цьому обов'язковою умовою отримання якісного пального з відходів виробництва й споживання є спеціально організоване збирання й сортування жиромісних відходів.

Завданням дослідження є розробка ефективного гомогенного каталізатору РП, який, не погіршуючи якісних і екологічних характеристик товарного продукту – біодизелю, надасть можливість спростити технологічний процес, по-перше, за рахунок зменшення енергії активації РП, а, по-друге, за рахунок зміни властивостей поверхні поділу фаз.

Було апробовано декілька добавок до базового ЛК, зокрема, спиртовий розчин оксиетильованого жирного спирту $C_{10}...C_{14}$ – неіоногенної поверхнево-активної речовини (ПАР) [1], яка є речовиною дифільної природи (рис. 1).

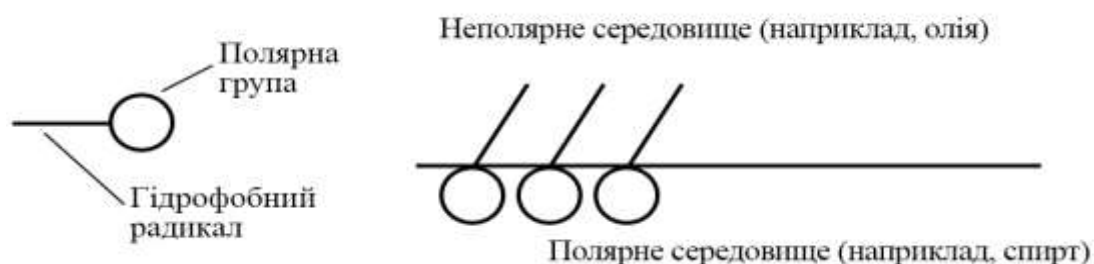


Рис. 1. Будова речовини дифільної природи, механізм її впливу на поверхню поділу фаз

Дослідження показало, що використання як добавки до ЛК спиртового розчину оксиетильованого жирного спирту $RO(CH_2CH_2O)_nH$ (де R – вуглеводневий радикал $C_{10}...C_{14}$; кількість фрагментів $-OC_2H_4$ $n = 6...8$), дає змогу значно змінити кінетику РП внаслідок зміни властивостей поверхні поділу фаз (зниження поверхневого натягу) і збільшення дисперсності системи.

Це, у свою чергу, надає можливість «знівелювати» обмежену розчинність жиромісного компоненту в спирті і покращити кінетичні й енергетичні характеристики РП. Запропонований «додаток» до ЛК вводили у концентрації (0,1...0,2) % від об'єму реакційної суміші РП. При цьому, зазначимо, що процес переестерифікації потребує ретельного, але обережного перемішування і може відбуватися без додаткового нагрівання реакційної суміші.

У подальшому було перевірено дію поліоксиетиленів (ПОЕ) $R(\text{OCH}_2\text{CH}_2)_m\text{OH}$ як додатків до ЛК РП. Зокрема, гарну поверхневу активність виявили такі неіоногенні поверхнево-активні речовини, як сорбітан олеат і сорбітан пальмітат –ліпофільні сурфактанти, гідрофільно-ліпофільні баланси яких, відповідно, становлять 4,3 і 6,7 [2]. Це визначає їхню гарну розчинність у жирах і оліях.

Гідрофільними складовими молекул є ПОЕ-групи, від довжини яких і залежать гідрофільні властивості молекули. Зазначимо, що ПОЕ є доступними, недорогими і безпечними для людини і довкілля; здатні до біорозкладання.

Таким чином, у процесі РП з використанням додаткового компонента до ЛК, по-перше, можна зменшити додавання надлишкової кількості спирту; по-друге, підвищується повнота проходження реакції, а, по-третє, значно скорочуються обсяги токсичних відходів виробництва. Технологічна лінія спрощується апаратним оформленням РП, знижується енергоємність, скорочуються капіталовкладення і, відповідно, собівартість отриманого біодизелю. За рахунок цього запропонований спосіб може бути реалізований і на великих підприємствах, і у малому бізнесі, зокрема, на фермерських господарствах.

ЛІТЕРАТУРА

1. Пат. 43306 Україна, МПК С 11 С 3/00, С 07 С 67/00. Спосіб отримання метилових ефірів. Василькевич О.І., Степанов М.Б., Ющенко О.В., Потапов М.М., Потапов О.М.; заявник і патентовласник ТОВ «НВТ «ЕКОЛОГІЯ» № 43306; заявл. 24.03.2009; опубл. 10.08.2009, Бюл. № 15.
2. Фармацевтична енциклопедія [Електронний ресурс] : [Сайт]. URL: <http://www.pharmencyclopedia.com.ua/article/2378/esteri-sorbitanu>.
3. The Biodiesel Handbook / Ed.: Herhard Knothe, Jon Van Gerpen, Jurgen Krahl. AOCS Press, Champaign, Illinois, 2005. 286 p.
4. Lorne D., Chabrelie M.-F. New biofuel production technologies : overview of these expanding sectors and the challenges facing them. *Panorama* 2011. IFP *Energies nouvelles*. 2011. URL: <http://www.ifpenergiesnouvelles.com>.
5. Preparation of Biodiesel Catalyzed by Solid Super Base of Calcium Oxide and Its Refining Process / H. Zhu, Y. Chen, P. Zhang, S. Duan. *Chinese J. of Catalysis*. 2006. № 27 (5). P. 391-396.

БІОЕНЕРГЕТИЧНИЙ НАПРЯМОК ВИКОРИСТАННЯ ТА УРОЖАЙНИЙ ПОТЕНЦІАЛ СОРГО ЦУКРОВОГО

О.П. Попова, М.І. Кулик

*Полтавський державний аграрний університет,
м. Полтава, Україна
oks27071994@gmail.com*

Нестача енергетичних ресурсів, з якою все частіше стикається людство, змушує науковців і виробників всього світу вивчати й впроваджувати відновлювальні енергетичні джерела. Одним із найбільш перспективних шляхів отримання енергії є використання акумульованої в рослинній сировині енергії сонячного світла через підвищення інтенсивності процесу фотосинтезу. Ефективність виробництва альтернативних видів фітопалива визначається правильним підбором енергетичних культур, інтенсивністю формування рослинами біомаси відповідного хімічного складу. Соргові культури, які традиційно використовуються для виробництва кормів та зерна, в останні роки отримують новий напрям використання – біоенергетичний.

Сорго цукрове характеризується пластичністю щодо умов вирощування та формує високу урожайність біомаси, яка має цінний хімічний склад. Зміни кліматичних, погодних умов та досягнення селекціонерів, що виявляється у виведенні сортів і гібридів, придатних для вирощування в північних регіонах України, обумовлюють потребу у науково-обґрунтованих та економічно вигідних технологіях вирощування сорго цукрового в умовах Правобережного Лісостепу України та придатності сировини до універсального використання, в тому числі і на біоенергетичні цілі.

В Україні однією з найбільш перспективних біоенергетичних культур є сорго цукрове – посухостійка й невибаглива до умов культура [1]. Протягом тисячоліть вона пристосовувалась до умов напівпустельного клімату. Коренева система сорго проникає в ґрунт до 2–2,5 м і забезпечує використання вологи недосяжної іншим рослинам. Сорго здатне нормально розвиватися навіть на солончаках і в процесі своєї життєдіяльності впливати на структуру ґрунту, сприяючи фітомеліорації засолених земель. Серед однорічних злакових культур цукрове сорго є однією із найбільш високоенергетичних та економічно вигідних культур, виходячи з високого фотосинтетичного потенціалу та низької

потреби у водоспоживанні (значно нижча, ніж у кукурудзи, ячменю, рису, пшениці). На створення одиниці сухої речовини сорго витрачає 300 частин води, для прикладу: кукурудза – 338, пшениця – 515, ячмінь – 543, горох – 730.

Цукрове сорго – це універсальна культура, сировина якої може використовуватись як у кормовиробництві та харчовій промисловості, так і для виробництва біопалива. Сік зі стебел цукрового сорго за загальним вмістом цукрів не поступається цукровій тростині, але на відміну від останньої, окрім сахарози, містить значну частку глюкози, фруктози та розчинного крохмалю, який перешкоджає кристалізації. Тому із соку цукрового сорго виготовляють не кристалізований, а рідкий цукор-сироп. Завдяки високому вмісту цукрів сік цукрового сорго використовується для виробництва біоетанолу [4].

Сучасні вітчизняні високопродуктивні гібриди цукрового сорго дозволяють отримати до 4,5 т/га біоетанолу, що еквівалентно 112,5 ГДж/га (26,9 Гкал/га) енергії. Після видалення соку вологість стебел цукрового сорго не перевищує 40 %, тому вони можуть бути сировиною для виробництва твердого біопалива (паливних гранул або брикетів). Сухої біомаси цукрового сорго, зібраної з 1 га достатньо для виробництва 25 т твердого біопалива, під час згоряння якого виділяється 400 ГДж (95,3 Гкал) теплової енергії [2].

Таким чином, загальний вихід енергії, яку можна отримати з 1 га посівів цукрового сорго перевищує 500 ГДж, що свідчить про перспективність використання цієї культури для біоенергетики.

Аналіз стану використання енергокультур в енергетиці доводить – особливо актуальним є впровадження новітніх розробок з альтернативних видів палива та ширше застосування наявної і спеціально вирощеної біомаси, що дозволить знизити залежність України від імпортованих енергоносіїв [5].

Біомаса цукрового сорго може використовуватись для виробництва біогазу. Завдяки високій продуктивності цукрове сорго забезпечує найбільший серед інших сільськогосподарських рослин вихід біогазу з одиниці площі – до 17,6 тис. м³/га з вмістом метану 60 %. Як компонент біомаси для виробництва біогазу подрібнена зелена маса цукрового сорго подається або безпосередньо від кормозбирального комбайна, або у вигляді попередньо заготовленого силосу [3].

Отже, серед найпродуктивніших енергетичних культур як джерело біоетанолу можна виокремити сорго цукрове. Це високоефективна

сільськогосподарська культура, здатна формувати стабільні високі врожаї навіть за несприятливих ґрунтово-кліматичних умов. Ця рослина є універсальною культурою, сировина якої може використовуватись не тільки у кормовиробництві та харчовій промисловості, але й для виробництва біопалива (біоетанолу, біогазу, твердого біопалива). Можна сказати, що дана тема є досить глобальною для вивчення і перспективною для подальших досліджень в цілому.

ЛІТЕРАТУРА

1. Безручко О. Сорго набуває популярності. *Agroexpert*. 2012. № 5. С. 36-38.
2. Ганженко О.М., Зиков П.Ю. Вплив способів отримання соку зі стебел цукрового сорго на його вихід та якість. *Цукрові буряки*. 2014. № 5. С. 14-16.
3. Герасименко Л.А. Перспективи вирощування сорго в Україні. *Актуальні питання сучасних технологій вирощування сільськогосподарських культур в умовах змін клімату: збірник наук. праць всеукр. наук.-практ. конф. (15-16 червня 2017 р., м. Кам'янець-Подільський)*. Тернопіль. 2017. С. 69.
4. Гументик М.Я., Бондар В.С. Цукроносні культури як сировина для виробництва етанолу. *Цукрові буряки*. 2006. № 6. С. 20-21.
5. Серета В. Сорго цукрове – резервна культура для виробництва цукру і не тільки. *Зерно*. 2013. № 8. С. 78-79.

ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ВИРОБНИЦТВА ОРГАНІЧНИХ ДОБРИВ МЕТОДОМ ПРИШВИДШЕНОЇ БІОЛОГІЧНОЇ ФЕРМЕНТАЦІЇ

В.М. Сендецький¹, Л.В. Центило², О.В. Матвійчук³

¹ Прикарпатська державна сільськогосподарська дослідна станція Інституту сільського господарства Карпатського регіону НААН України,

² ТОВ «Агрофірма «Колос»,

³ Івано-Франківська філія ДУ «Інститут охорони ґрунтів України»,

м. Івано-Франківськ, Україна

e-mail: vermos2011@ukr.net

Відтворення родючості ґрунтів, захист їх від деградації – фундаментальна пріоритетна проблема, розв'язання якої є неодмінною умовою сталого і високопродуктивного розвитку не тільки сільськогосподарського виробництва, а й виживання людства та збереження і охорона природного середовища.

Унаслідок впливу на ґрунт шкідливих антропогенних та абіотичних факторів, технологічного використання ґрунтів на значній території втрачено 10–25 % органічних речовин, практично всі орні землі в підорному шарі ущільнені, помітно зменшуються запаси фосфору й калію. Зменшується вміст

кальцію в кислих ґрунтах, а відтак, руйнується агрономічно цінна структура ґрунту, переуцілюється орний шар, утворюється кірка, абіотизація і, як наслідок, зменшується продуктивність сільськогосподарських культур, погіршується якість продукції, забруднюється навколишнє середовище.

Якщо тенденція зберігатиметься й надалі, то в недалекому майбутньому Україна може опинитися на порозі гумусового голоду – серйозної екологічної катастрофи. І тоді вже ніякі агротехнічні, меліоративні, природоохоронні та організаційно-господарські заходи не зможуть відновити агротехнічний потенціал ґрунту.

Проблему необхідно розглядати й розв'язувати не завдяки рекордному вирощуванню врожаю один раз на 5–10 років, а шляхом зупинення деградаційних процесів у ґрунтах країни, поліпшення їх родючості й забезпечення сталого отримування високих врожаїв і продукції високої якості на засадах енергоощадного й екологічно збалансованого ведення адаптивно-ландшафтного землеробства в усіх ґрунтово-кліматичних зонах України [3].

Головна роль у підтриманні й активізації природних процесів, що забезпечують родючість ґрунтів, належить органічним добривам. Дефіцит органічних добрив для поліпшення родючості ґрунтів в Україні можна зменшити внаслідок використання органічних відходів, а саме вторинної продукції рослинництва (солома зернових культур, ріпаку, бадилля соняшнику, кукурудзи); комунального господарства (мул стічних вод, міське сміття й інші); харчової промисловості; природних органічних речовин (торф, сапропелі, мул озер) та зелених добрив.

Біотехнологія перероблення органічних відходів гною ВРХ та інших тварин, відходів тваринництва, торфу, сапропелю, мулу ставків і озер, осаду очисних споруд та інших органічних відходів дозволяє одержувати високоефективні мікробіотрансформовані добрива.

Процес компостування доволі складний і має деякі особливості, що необхідно враховувати фахівцям і їх чітко дотримуватись. Адже невиконання або порушення таких може призвести до небажаних результатів.

Для виконання технологічних процесів використовували аератор Bisonvk-120, наявні в господарстві навантажувач, бульдозер, гноєрозкидачі, механізми для завезення води та ін. (рис. 1).



Рис. 1. Виготовлення органічного добрива методом пришвидшеної біологічної ферментації за допомогою аератора-змішувача у ТзОВ «Агрофірма Колос», с. Пустоварівка, Сквирського району, Київської області

Для приготування компостної суміші для ферментації використовували органічні відходи власного тваринництва і рослинництва (гній ВРХ, свиней, коней, пташиний послід) та вуглецевмісні компоненти (солота ярих і озимих культур, листя, тирса, лушпиння та ін.), глину або ставковий мул, фосфоритне борошно або глауконіт, калійну сіль, мікробні препарати (виробництво біолабораторії ТОВ «Агрофірма Колос»). Перед початком роботи виконували агрохімічний аналіз компонентів, які використовували для компостної суміші, визначали в них уміст макро- і мікроелементів, співвідношення азоту до вуглецю (C:N).

Серед багатьох елементів, необхідних для мікробного розкладання, вуглець і азот є найбільш важливими. Оптимальне співвідношення наявних в компостній суміші вуглецю і азоту повинно бути у межах C:N – 20:1-25:1 або й вище – до 30:1. Співвідношення компонентів визначали за загальновідомою методикою і перед закладанням у бурт їх змішували. До компостної суміші додавали до 10 % глини, або до 15 % ставкового мулу, до 3 % фосфоритного

борошна, або глауконіту, до 2 % калійної солі. Після змішування компонентів формували бурти.

У процесі ферментації контролювали температуру, вологість, концентрацію кисню, щільність та реакцію середовища.

Кисень необхідний для метаболізму і дихання аеробних мікроорганізмів, а також для окиснення різноманітних органічних сполук. На початку ферментації рівень концентрації кисню, який знаходиться в повітряних порах складає 15–20 %, а рівень концентрації вуглекислого газу у межах 0,5–5 %.

Із зростанням біологічної активності, концентрація кисню спадає із відповідним зростанням умісту двоокису вуглецю. Коли середня концентрація кисню у компостній масі знижується до рівня менше 5 %, то виникають зони з анаеробними умовами, а тому дотримання аеробних умов ми досягали перекиданням (аерація) буртів і підтриманням рівня умісту кисню в межах 5–12 %. Дослідженнями встановлено, що у разі зменшення вологості компостної маси у буртах менше 45 %, то необхідно її зволожувати та вносити мікробний препарат з одночасним перемішуванням всього бурту. Компостні бурти літнього складування перемішували через 5–8 діб. Додаткове перемішування виконувати у випадку зростання температури у буртах понад 65 °С.

Залежно від складу компонентів, які використовували в компостній суміші та дотримання умов ферментації, процес компостування становив 40–55 днів.

На основі виконаних експериментальних і виробничих досліджень розроблено технологічний регламент технології аеробної ферментації на відкритих площадках, відповідно до якого для раціонального функціонування технологічні процеси необхідно підтримувати у таких межах: вологість – оптимальний рівень 50–60 % (допустимий – 45–70 %); температура 50–55 °С (допустима 40–60 °С); концентрація кисню – понад 10 % (допустима не менше 5 %); щільність – 650 кг/м² (допустима 550–750 кг/м²).

Отримані органічні добрива містили азоту 1,5–2,3 %, фосфору 0,8–1,4 %, калію 1,2–1,8 %, рН становила 6,5–7,5, екологічно чисті, не містять схожого насіння бур'янів, патогенів. Їх можна використовувати у технологіях

виращування різних сільськогосподарських культур в агропідприємствах та на дачних і присадибних ділянках, особливо в органічному землеробстві [2, 4].

Розуміння процесів розщеплення органічної речовини, постійний контроль виробництва органічних добрив створили найкращі умови для збереження довкілля, природних ресурсів. Вони відповідають державним стандартам якості, посилюють агрофізичні, агрохімічні та мікробіологічні процеси в ґрунті, підвищуючи його родючість та врожайність сільськогосподарської продукції [1].

Виробництво органічних добрив за допомогою пришвидшеного аеробного компостування орієнтоване на створення повноцінних органічних добрив, які відповідають вимогам ЄС та вимогам державних стандартів щодо використання в органічному виробництві.

ЛІТЕРАТУРА

1. Виробництво та використання органічних добрив : монографія; за заг. ред. І.А. Шувара. Івано-Франківськ : Симфонія форте, 2015. 596 с.
2. Центило Л.В. Органічні добрива для сучасних систем землеробства : монографія. Івано-Франківськ : Симфонія форте, 2017. 260 с.
3. Екологічна система землеробства в Лісостепу України. Танчик С.П., Демідов О.А., Манько Ю.П. [та ін.] Міністерство аграрної політики і продовольства України. Київ, 2011. 39 с.
4. Центило Л.В., Паламарчук М.М., Кулинич Р.М., Колісник Н.М., Сендецький В.М., Гнидюк В.С. Спосіб виробництва органо-дефекатних добрив: патент 106027 України. № у 201510718; заявлено 03.11.2015; опубліковано 11.04.2016. Бюл. № 7. 6 с.

ВИКОРИСТАННЯ ЦИКОРІЮ КОРЕНЕПЛІДНОГО ЯК БІОСІРОВИНИ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА БІОЕТАНОЛУ

О.В. Ткач

*ЗВО «Подільський державний університет»,
м. Кам'янець-Подільський, Україна
Oleg.v.tkach@gmail.com*

В Україні не використовується наявний потенціал у сфері виробництва біоетанолу. Це пов'язано з відсутністю сучасних підприємств з виробництва паливного біоетанолу. В країні частка біомаси в енергопостачанні становить близько 0,5 %, проте потенційно вона може бути у десять і більше разів вищою.

Науковцями встановлено, що біомаса в нашій країні може задовольняти 9 % в обсязі споживання первинної енергії, однак досягнення такого рівня потребує залучення значних інвестицій. Україна має потужний

сільськогосподарський потенціал, тому доцільним є широкомасштабне виробництво біологічних видів палива. Зокрема, для виробництва біопалива уже використовуються різні сировинні джерела: пшениця, кукурудза, цукровий буряк та ріпак.

Економічно обґрунтованим є виробництво біоетанолу шляхом переробки цукрового буряка, пшениці, кукурудзи, картоплі, цукрового сорго. За урожайності цукрового буряка 50 т/га вихід біоетанолу становить 4,02 т/га, при урожайності картоплі 18 т/га вихід біоетанолу становить 1,76 т/га, вихід біоетанолу з кукурудзи – 1,38 т/га за врожайності 6,0 т/га, з сорго при врожайності 7,0 т/га можна отримати 2,03 т/га біоетанолу. Але на сьогоднішній день варто дослідити, які сільськогосподарські культури можуть замінити традиційну кукурудзу, цукровий буряк, пшеницю [1, 3].

В якості сировини для виготовлення біопалива, зокрема, біоетанолу, можуть використовуватися різноманітні цукроносні та крохмалоносні сільськогосподарські культури. Поряд із традиційними джерелами сировини для виробництва етанолу (зернові, цукрові буряки) доцільно розвивати вирощування нетрадиційних енергетичних культур, зокрема топінамбура та цикорію коренеплідного, які мають низку переваг. Із 1 т коренеплідів цикорію при переробці можливо отримати 80 кг спирту-етанолу, який відповідає всім вимогам і стандартам. Нинішня вітчизняна ціна 1 т цикорію 350 грн. Як показали дослідження середня врожайність цикорію в межах 40,0 т/га, що дасть можливість отримати 3,2–3,5 т/га спирту, або з 1 т – 90–110 л. За цим показником цикорій переважає зерно пшениці та наближається до картоплі.

Цикорій містить вуглеводи в формі інуліну, який відноситься до типу складномолекулярних цукрів. Технічна цінність інуліну – нерозчинність в холодній воді, лише під дією кислот і відповідної температури поліцукри гідролізуються і переходять в легкорозчинну форму – фруктозу. Фруктоза без особливих затрат перетворюється в форму густого сиропу в рівному об'ємі і концентрації в 1,5–2 рази більше ніж концентрація бурякового цукру.

Основними пріоритетами біоенергетики є пошук дешевої біосировини, створення необхідної інфраструктури для вирощування енергетичних рослин та перероблення біомаси за допомогою хімічних чи біологічних процесів у різні види біопалива: етанол, метанол, бутанол, біодизель.

Цикорієвий спирт-сирець за своїми якостями нічим не відрізняється від картопляного і хлібного. Вихід спирту з цикорію при однакових умовах вирощування більший за вищеперераховані культури і це залежить від того, що:

- гідроліз інуліну може бути доведений до кінця на відміну від крохмаловмісних продуктів, так як частина крохмалю і декстрину залишається не зброженою;

- проміжні продукти, які утворюються при гідролізі інуліну подібні декстринам та зброжуються як фруктоза в спирт – це збільшує вихід спирту;

- збільшення виходу спирту залежить від довжини бродіння та його ефективності (30 годин проти 72 годин крохмаловмісних продуктів).

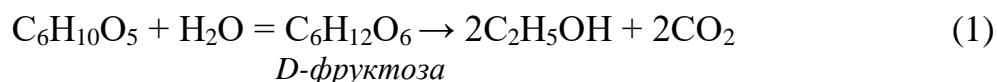
Тому цикорій може замінити не тільки крохмаловмісні культури для отримання спирту, але і має ряд переваг. Повне їх використання на спиртових заводах дозволить в значній мірі упростити і здешевити процес і тим самим дати для промислових цілей дешевий спирт.

Переваги сировини з цикорію такі: для оцукрювання інуліну не потрібен цукор; бродіння триває 24–30 годин; легка розчинність інуліну в теплій воді; здатність швидко переходити в цукри та інулін; дифузійний метод отримання інуліну; безперервне оцукрювання дифузного соку; відносна дешева собівартість виробництва.

Технологія виробництва етанолу з цикорію коренеплідного містить такі стадії: 1) вирощування цикорію коренеплідного, його збирання, транспортування до заводів; 2) приготування стружки; 3) одержання дифузійного соку; 4) бродіння; 5) ректифікація зрілої браги і транспортування готового продукту до споживачів (сховищ).

Показник, який би охарактеризував вирощування цикорію коренеплідного як біоенергетичної культури є вихід біоетанолу та вихід енергії. Для розрахунку

виходу біоетанолу використовуємо хімічну формулу гідролізу інуліну, який є джерелом біоетанолу в цикорії та бродіння фруктози, яка отримується в результаті гідролізу [3, 4]:



Згідно формули 1 з 1 кг фруктози можна отримати 568 г біоетанолу і 432 г вуглекислого газу.

Для розрахунку виходу біоетанолу з інуліну беремо за основу формулу, що наведена в методичних рекомендаціях [2], де символ Ц – цукристість замінимо на Ін – вміст інуліну:

$$M = \frac{Y \cdot \text{In} \cdot b \cdot k}{100}; \quad (2)$$

де, M – вихід біоетанолу з 1 га коренеплодів цикорію, т/га;

Y – урожайність коренеплодів, т/га;

In – вміст інуліну в коренеплодах, %

b – коефіцієнт виходу біоетанолу з фруктози, $b=0,57$;

k – коефіцієнт заводського виходу біоетанолу, $k=0,96$.

Коефіцієнт b , який характеризує вихід біоетанолу з цукру становить $b=0,57$, заводський вихід спирту з інуліну за різними літературними даними становить 92–96 %, тому коефіцієнт заводського виходу приймаємо $k=0,96$ [5].

Для визначення виходу енергії необхідно отриманий біоетанол помножити на його енергоємність:

$$E_M = M \cdot e_M, \quad (3)$$

де E_M – вихід енергії, ГДж/га;

M – вихід біоетанолу з 1 га коренеплодів цикорію, т/га;

e_M – енергоємність біоетанолу, МДж/кг (25 МДж/кг).

Використовуючи вище наведені формули проведемо математичний розрахунок для отримання теоретичних даних, виходу енергії.

Для розрахунку виходу енергії нами використано середні показники господарсько-цінних сортів цикорію за останні п'ять років. Середня

врожайність коренеплодів цикорію в зоні діяльності Уманської дослідної станції становила 37,5 т/га, вміст інуліну 17,0 %. За формулою (2) отримуємо:

$$M = 37,5 \cdot 17,0 \cdot 0,57 \cdot 0,96 / 100 = 3,488 \text{ т/га біоетанолу.}$$

За формулою (3) розраховуємо кількість енергії, яку можна отримати від спалювання 3,48 т біоетанолу:

$$E_M = 3,48 \cdot 25 = 87,0 \text{ ГДж/га.}$$

Отже, з 1 га посівів цикорію коренеплідного з врожайністю 37,5 т/га та вмістом інуліну 17,0 % можна отримати 3,49 т біоетанолу, що є еквівалентом 87,0 ГДж енергії.

Виходячи з даного дослідження можна зробити такі висновки:

- виготовлення біоетанолу з цикорію коренеплідного може скласти конкуренцію з біоетанолом виготовленим з пшениці, картоплі, кукурудзи.

- навіть за умови, що врожайність коренеплодів становитиме 30,0–35,0 т/га кількість одержаного біоетанолу 3490 л межує з цукровими буряками (вихід біоетанолу з буряків – 3600–3700 л).

ЛІТЕРАТУРА

1. Єщенко О.В., Манько О.А. Світові тенденції виробництва біоетанолу та використання для цього в Україні як сировини буряків цукрових та цикорію коренеплідного. *Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва*. 2016. Вип. 88 (1). С. 156-164.
2. Бахмат М.І., Ткач О.В., Курило В.Л., Молдован В.Г., Моргун А.В. Енергозберігаюча технологія вирощування цикорію коренеплідного з комбінованою шириною міжрядь : рекомендації. Кам'янець-Подільський : Аксіома, 2019. 55 с.
3. Блюм Я.Б., Гелетуха Г.Г., Григорюк І.П. Біологічні ресурси і технології виробництва біопалива : монографія. К. : «Аграр Медія Груп», 2010. 408 с.
4. Борисюк В.О., Маковецький К.М., Ткач О.В. Взаємозв'язок між масою коренеплодів цикорію коренеплідного і вмістом у них інуліну. *Збірник наукових праць Інституту цукрових буряків*. Київ, 2000. Вип. 2. Кн. 1. С. 151-157.
5. Бахмат М.І., Ткач О.В., Моргун А.В. Використання цикорію коренеплідного як біоенергетичної культури для виробництва біоетанолу. *Таврійський науковий вісник. Науковий журнал*. Херсон : Видавничий дім «Гельветика», 2019. Вип. 110. Т. 2. С. 14-18.

НАТУРАЛЬНИЙ БАРВНИК ІЗ ІНВАЗІЙНОГО ВИДУ РОСЛИН ЗОЛОТУШНИКА КАНАДСЬКОГО

В.С. Феденко

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара,
м. Дніпро, Україна
opticlub.fedenko@gmail.com*

Одним із сучасних напрямів фітореMediaції забруднених ґрунтів є використання інвазійних рослин, які формують щільний трав'янистий покрив. У зв'язку з цим, серед потенційних біоремедіаторів розглядають золотушник канадський (*Solidago canadensis* L.) [1], який віднесено до активних інвазійних видів у флорі України [9]. Можливість використання для оптимізації ресурсного потенціалу маргінальних земель пояснюється такими особливостями цього багаторічника: 1) висока толерантність до підвищеного вмісту металів у ґрунтах; 2) здатність продукувати значну біомасу надземної частини; 3) щорічний збір надземної частини; 4) висока енергетична цінність; 5) розгалужена коренева система, що стабілізує ґрунт і забезпечує захист від ерозії [4]. Створення фітоценозів на рекультивованих землях має господарське значення, оскільки золотарник канадський є медоносом із пізніми термінами та значною тривалістю цвітіння [10].

На теперішній час запропоновані різні напрями використання сировини золотушника канадського у виробництві біопалива, біовугілля, паперу, пакувальних матеріалів, антибактеріальній обробці тканин [5, 7, 10]. Для екстрактів та ефірних олій, які отримані із різних частин цієї рослини, підтверджена антифунгіцидна, антибактеріальна та антимуутагенна активність [10]. Препарати золотушника виявляють протизапальну, антимікробну, діуретичну, спазмолітичну дію і використовуються при захворюваннях сечового міхура і нирок, при сечокам'яній хворобі. *Solidago canadensis* L. поряд з іншими видами (золотушник гігантський *Solidago gigantea* Ait., золотушник європейський *Solidago virgaurea* L.) входить до складу Державної фармакопеї України, Європейської фармакопеї, Британської фармакопеї [2].

Серед напрямів практичного застосування привертає увагу можливість отримання натуральних барвників із сировини золотушника канадського [8]. У зв'язку з цим представляють інтерес дослідження пігментувальних властивостей як визначального технологічного показника цих біопрепаратів.

Мета роботи – дослідити спектральні характеристики натурального барвника із рослин золотушника канадського.

Виділення барвника проводили шляхом водної екстракції із суцвіть золотушника канадського та додавання розчину сульфату алюмінію [8]. Визначення спектральних характеристик барвника здійснювали у вигляді 5%-ї суміші препарату із Al_2O_3 . Спектри відбиття у діапазоні 350–800 нм вимірювали на спектрофотометрі Спекорд М40, обладнаному інтегрованою фотометричною сферою та касетою для математичної обробки «Data Handling I», яка дозволяє проводити згладжування спектральних кривих із виключенням випадкових шумових піків [3]. Інтенсивність спектрів відбиття представляли в одиницях оптичної густини. У разі колориметричних вимірів використовували іншу касету для математичної обробки Color Measurement. Координати кольору та координати кольоровості визначали в системі CIE XYZ. Домінуючу довжину хвилі λ_d та умовну чистоту кольорового тону P_e встановлювали графічним способом за координатами зразків у кольоровому просторі [6]. У колориметричній системі CIE $L^*a^*b^*$ визначали інтегральний коефіцієнт яскравості L^* та колориметричні коефіцієнти a^* і b^* .

У результаті експерименту отримано натуральний барвник із виходом 85 мг/г сировини. У спектрі відбиття препарату барвника спостерігались мінорний максимум при 365 нм та високоінтенсивний максимум при 469 нм. Співвідношення інтенсивностей цих максимумів склало 0,25. Оскільки за даними вчених [8], основним компонентом в екстракті золотушника канадського є кверцетин, наявність довгохвильового максимуму пов'язано із комплексом флавоноїду з іонами алюмінію. Унаслідок зв'язування утворюється більш супряжена хромофорна система, яка обумовлює пігментувальні властивості барвника. Визначений на основі спектрофотометричних вимірів

кольоровий стимул препарату знаходився у діапазоні жовтого кольору ($\lambda_d = 585,8$ нм, $P_e = 6,7$ %). Інтегральний коефіцієнт яскравості L^* становив 88,6, а для колориметричних коефіцієнтів a^* і b^* зафіксовано від'ємні значення (-11,2 і -69,2 відповідно). Використані методи твердофазної спектрофотометрії дозволяють проводити неруйнівний аналіз барвника і пігментованих матеріалів.

Отримані результати підтверджують можливість отримання екобезпечним методом біоматеріалів із сировини золотушника канадського у разі його застосування для фітореMediaції забруднених ґрунтів. Підтверджена хелатуюча здатність фенольних метаболітів цього потенційного біоремедіатора пояснює його властивість як гіперакумулятора металів. Запропоновані діагностичні критерії можуть бути використані у системі контролю показників натурального барвника у технологіях переробки рослинної сировини, а також при удосконаленні прийомів фарбування матеріалів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Андреев В. Золотушник канадський *Solidago canadensis* L. – потенційний біоремедіатор забруднених ґрунтів. *Карантин і захист рослин*. 2020. № 2-3. С. 24-28.
2. Гонтова Т.М., Руденко В.П., Гапоненко В.П., Козира С.А., Романова С.В. Дослідження анатомічних ознак трави золотушника канадського, інтродукованого в Україні. *Фармацевтичний журнал*. 2021. № 6. С. 94-104.
3. Феденко В.С., Стружко В.С. Колориметрія у фізіології та біохімії рослин. Дніпропетровськ: ДДУ, 1998. 68 с.
4. Bielecka A., Królak E. Selected features of canadian goldenrod that predispose the plant to phytoremediation. *J. Ecol. Eng.* 2019. Vol. 20, N 10. P. 88-93.
5. Ćuk N., Šala M., Gorjanc M. Development of antibacterial and UV protective cotton fabrics using plant food waste and alien invasive plant extracts as reducing agents for the in-situ synthesis of silver nanoparticles. *Cellulose*. 2021. Vol. 28, N 5. P. 3215-3233.
6. Fedenko V.S., Landi M., Shemet S.A. Detection of nickel in maize roots: A novel nondestructive approach by reflectance spectroscopy and colorimetric models. *Ecol. Indic.* 2017. V. 82. P. 463-469.
7. Łapczyńska-Kordon B., Ślipek Z., Słomka-Polonis K., Styks J., Hebda T., Francik S. Physicochemical Properties of biochar produced from goldenrod plants. *Materials*. 2022. Vol.15, N 7. Article 2615.
8. Nguyen H.L., Bechtold T. Thermal stability of natural dye lakes from Canadian Goldenrod and onion peel as sustainable pigments. *J. Clean. Prod.* 2021. Vol. 315. Article 128195.
9. Zavalova L.V., Protopopova V.V., Kucher O.O., Ryff L.E., Shevera M.V. Plant invasions in Ukraine. *Environ. Socio-Econ. Stud.* 2021. Vol. 9, N 4. P. 1-13.
10. Zihare L., Blumberga D. Insight into bioeconomy. *Solidago canadensis* as a valid resource. Brief review. *Energy Procedia*. 2017. Vol. 128. P. 275-280.

ВПЛИВ СУМІСНОГО ЗБРОДЖУВАННЯ КО-СУБСТРАТІВ НА ВИХІД БІОГАЗУ

В.С. Чубур

*Сумський державний університет,
м. Суми, Україна
v.chubur@ecolog.sumdu.edu.ua*

Утилізація органічних відходів в процесах анаеробного зброджування з отриманням біогазу є ефективною та широковідомою. Важливим елементом ефективності отриманої енергії в біогазових процесах є підготовчий етап комбінування сировини для анаеробного зброджування. Бродінню підлягає органічна сировина у вигляді відходів різного походження: тваринні екскременти, рослинні залишки, органічна фракція муніципальних відходів, осади стічних вод та індустріальні відходи органічного, зрідка мінерального складу.

Вже проаналізовано на прикладах відходів тваринного походження [5, 6], що анаеробний реактор який працює на сировині монотипного походження, не досягає високої ефективності та якості виробленого біогазу в порівнянні з комбінованою сировиною. Процес спільного анаеробного розкладання різних субстратів має синергетичний ефект для збільшення виходу біогазу із субстрату. З цієї причини багато видів органічних відходів піддаються спільній анаеробній обробці.

Ряд робіт [1-3, 7] демонструє переваги сумісного зброджування в значно вищому вмісті метану в отриманому біогазі. Це такі комбінації як, органічна фракції муніципальних відходів з курячим послідом, целюлозовмісної біомаси з органічними відходами виноробної промисловості, осадів стічних вод з осадами муніципальних жироловлювачів та навіть комбінації курячого посліду з органічними відходами та целюлозовмісною біомасою. Важливим параметром всіх успішних комбінацій є чітко витримані та експериментально перевірені співвідношення сировини різного типу.

Сумісне збродження відходів впливає на важливий показник співвідношення C:N і показник мінеральних речовин [4], від яких залежить якість біогазу та кількість метану в ньому. Шляхом поєднання субстратів ці показники наближаються до показників певного оптимуму, що впливають на процес утворення летких жирних кислот, що напряду впливають на вихід метану.

1. Chuenchart, W., Logan, M., Leelayouthayotin, C., & Visvanathan, C. (2020). Enhancement of food waste thermophilic anaerobic digestion through synergistic effect with chicken manure. *Biomass and Bioenergy*, 136, 105541. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2020.105541>
2. Grosser, A., & Neczaj, E. (2016). Enhancement of biogas production from sewage sludge by addition of grease trap sludge. *Energy Conversion and Management*, 125. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2016.05.089>
3. López González, L.M., Pereda Reyes, I., & Romero Romero, O. (2017). Anaerobic co-digestion of sugarcane press mud with vinasse on methane yield. *Waste management (New York, N.Y.)*, 68, 139–145. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2017.07.016>
4. Rahmani, A.M., Tyagi, V.K., Ahmed, B., Kazmi, A.A., Ojha, C.S. P., & Singh, R. (2022). Critical insights into anaerobic co-digestion of wheat straw with food waste and cattle manure: Synergistic effects on biogas yield and kinetic modeling. *Environmental Research*, 212, 113382. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.envres.2022.113382>
5. Tufaner, F., & Avşar, Y. (2016). Effects of co-substrate on biogas production from cattle manure: a review. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 13(9), 2303-2312. <https://doi.org/10.1007/s13762-016-1069-1>
6. Velásquez Piñas, J. A., Venturini, O. J., Silva Lora, E. E., & Calle Roalcaba, O. D. (2018). Technical assessment of mono-digestion and co-digestion systems for the production of biogas from anaerobic digestion in Brazil. *Renewable Energy*, 117, 447-458. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.renene.2017.10.085>
7. Zahan, Z., Georgiou, S., Muster, T. H., & Othman, M. Z. (2018). Semi-continuous anaerobic co-digestion of chicken litter with agricultural and food wastes: A case study on the effect of carbon/nitrogen ratio, substrates mixing ratio and organic loading. *Bioresource technology*, 270, 245-254. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2018.09.010>

AN ESTIMATION OF THE PROCESS OF THERMAL DESTRUCTION OF THE SUNFLOWER SEED HUSK BIOMASS

I.V. Rula¹, O.V. Zolotovska¹, M.M. Kharytonov¹, S.P. Salas²

¹ *Dnipro State Agrarian and Economic University,
Dnipro, Ukraine*

² *BETA Center, Vic, Spain
kharytonov.m.m@dsau.dp.ua*

During last decades sunflower occupies significant sown areas among industrial crops in Ukraine [1]. Crop residues biomass can also be processed in torrefaction, gasification and liquefaction processes [2]. The pellets application for heat production allows diminishes the atmospheric burden of greenhouse gases and creates the conditions for sustainable economic development. The sunflower husk calorific value is 3500-4000 cal/kg being supplied through burning. The thermal reactivity of the sunflower seed husk is extremely higher than that for the other samples (hazelnut shell, rice husk, and olive refuse) under investigated conditions. The volatilization stage is characterized by the release of volatiles caused by the decomposition of hemicellulose and cellulose and partial decomposition of lignin. This work aims to study the process of thermal destruction of the sunflower seed

husk biomass. Thermal destruction of sunflower husks begins at a temperature of 29-30°C. The main decomposition of volatile components and evaporation of water occurs in the range of 40-150°C. The process speed is low, on average 5.5%/min. The maximum rate (8.7-8.84%/min) was observed at a temperature of 79-91°C. The weight loss at this stage is small and amounts to 8.3%. The process of volatile components decomposition is accompanied mainly by endothermic reactions with the most pronounced effects in the temperature range of 61-79°C. The process of decomposition of the main components of sunflower husk takes place in the temperature range of 151-400°C. The degradation ranges of hemicelluloses (220-320°C) and cellulose (300-380°C) partially overlap. That is why only one peak is observed on the DTG curve at a temperature of 300°C. The average speed of the process is 13.7-14.2%/min, the maximum is 31.7 % / min. The mass loss at this stage is the largest and amounts to 57.8%. Decomposition reactions of hemicelluloses and cellulose are exothermic with the greatest thermal effects in the temperature range of 280-300°C. The process of lignin destruction begins at a temperature of 250-280°C. However, the bulk of lignin decomposes in the range of 400-550°C. Typically, the decomposition rate is 3.5-4.0%/min (maximum 5.4%/min). One small peak is observed at a temperature of 430-440°C. The weight loss was 26.3%. Decomposition reactions are exothermic with pronounced thermal effects in the temperature range of 440-500°C. Combustion of sunflower husk ends in the range of 550-600°C. The fireproof residue was 7.6% of the total mass. According to the activation energy data, the heat resistance of sunflower husks is low. The activation energy was 33.7 kJ/mol at the initial stage of decomposition. Its value at the stage of destruction of the main components was 32.1 kJ/mol.

REFERENCES

1. Cherednichenko O. (2020). Current state and development of specialized enterprises – producers of sunflower. *Modern management review*. Vol. XXV, 27 (2), pp.7-13, doi: 10.7862/rz.2020.mmr.11
2. Zolotovs'ka O., Kharytonov M., Onyshchenko O. (2016). Agricultural residues gasification, dependency of main operational parameters of the process on feedstock characteristics. *INMATEH Agricultural Engineering journal*, Vol.50 (3), pp. 119-126.

ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ НОВИХ ФОРМ РЕКУЛЬТИВАЦІЇ ПОРУШЕНИХ ГІРНИЧОРУДНИМИ РОЗРОБКАМИ ЗЕМЕЛЬ

СТИМУЛЮВАННЯ ПРИРОДНОГО ЗАРОСТАННЯ ВІДВАЛІВ – ПРОСТИЙ І НАДІЙНИЙ СПОСІБ ЇХ БІОЛОГІЧНОЇ РЕКУЛЬТИВАЦІЇ

В.І. Антонік¹, І.П. Антонік²

¹ Криворізький національний університет

² Криворізький державний педагогічний університет,

м. Кривий Ріг, Україна

viantonik096@ gmail.com, ira067108kr@ gmail.com

Найбільш розповсюдженим способом складування відходів видобутку залізорудної сировини на гірничих підприємствах Кривого Рогу є нагромадження зовнішніх відвалів пустих порід і некондиційних руд.

За агротехнічними параметрами поверхня відвалів характеризується субстратом змішаного гранулометричного складу (від великих валунів до дрібного піску та алевриту), переважаючою наявністю залізистих кварцитів і сланців, значним збагаченням субстратів оксидами заліза і вкрай низьким вмістом трофічних речовин, надзвичайною жорсткістю термічного і водного режиму. В цілому субстрат поверхні відвалів оцінюється як малопродатний але не токсичний для росту рослин, тому традиційно вважається, що озеленяти поверхню відвалів треба після складної та вартісної процедури попереднього землювання м'якими породами [1]. В той же час спостереження свідчать, що навіть без технічної підготовки відвали поступово здатні покриватися рослинністю завдяки випадково занесеному вітром, тваринами чи птахами насінню. Сприяє цьому і те, що з роками під дією вітру і температурних коливань гірські породи на поверхні відвалу роздрібнюються і разом з нанесеним вітром пилом створюють придатний для проростання субстрат, який поступово насичується органічними залишками відмерлих частин рослин, формуючи гумусовий шар. Важливо відмітити, що в результаті самозаростання на поверхні відвалів утворюється техногенний біогеоценоз, який характеризується високою стійкістю та витривалістю до виживання у вкрай складних агрохімічних та температурно-водних умовах існування. Спостереження

свідчать, що на відвалах Кривбасу в процесах раннього самозаростання беруть участь до 35 видів рослин, з яких до бур'янистих ценоморф належать 54 %, до видів степових бур'янів і лучно-бур'янистих рослин віднесено по 12 % відповідно [2]. Згодом на таких поверхнях може формуватися різновіковий нерівномірний деревостій [1].

Улітку 2021 р. нами проведені дослідження процесів самозаростання поверхні відвалу № 9 пустих порід шахти «Октябрська» АТ «Кривбасзалізорудком». Формування цього одноярусного відвалу було завершено у 2002 р. на висоті 18–22 м при загальній площі по нижньому контуру 4,1 га, нахил укосів від 33° до 37°. На час обстеження субстрат поверхні відвалу був представлений шматками гірських порід середньої величини (діаметр від 5 до 20 см), дрібна фракція становить від 20 до 30 %. Гумусовий шар, потужністю до 2–2,5 см, утворився на 40–65 % площі укосів. В цілому ступінь самозаростання відвалу складає від 63 % на укосах до 95 % на його вершині.

Видовий склад рослин представлений травами, чагарниками та деревами. Серед трав'янистих рослин переважають різак звичайний, щиряця біла, синяк звичайний, блекота біла, будяк звичайний, костриця і буркун. Поверхня укосів до висоти 10–15 м інтенсивно, а далі вибірково поросла чагарниками (шипшина, глід, скумпія, свидина тощо) та деревами (акація біла (робінія), тополя чорна, тополя сіра, клен ясенелистий, в'яз дрібнолистий, клен польовий, абрикос, лох звичайний). Порівняльний аналіз стану рослинності на укосах різної географічної орієнтації показав, що найбільш щільно вкриті рослинністю східний та південний укоси, що може бути пов'язано з переважаючим напрямком вітру в районі відвалу (східний) і більш інтенсивним «занесенням» насіння рослин з відповідного боку.

Поверхня *плато* відвалу складається переважно з добре вивіреного дрібного (1–3 см) субстрату, але зустрічаються фракції середнього (діаметр від 5 до 20 см) і навіть великого розміру (до 100 см). Гумусовий шар товщиною до 3–4 см виявлено на 80 % площі і тому до 95 % верхнього плато відвалу щільно вкрито рослинністю. Травостій має той самий видовий склад, що і на укосах,

але місцями виявлені сукуленти. До різноманіття чагарників додається дерен, калина звичайна та калина гордовина. Стан дозрілих деревних насаджень по усій поверхні відвалу задовільний, висота від 5 до 9 м. Кількість पोсохлих рослин не перебільшує 2–3 %. Зафіксовано інтенсивний приріст молодих рослин від насіння дорослих дерев або від прикореневих пагонів.

Таким чином, за результатами спостережень зроблено висновок, що за 18–20 років відбулося повне і якісне самозаростання поверхні обстеженого відвалу кварцитів без участі людини і без будь-яких фінансових вкладень в цей процес. А саме головне – природно створений біогеоценоз безумовно є максимально пристосованим до тих умов, при яких він сформувався. Єдине, що бракує в цьому процесі – це занадто тривалий час його стихійного проходження.

У зв'язку з викладеним логічно припустити, що вирішення проблеми біологічної рекультивації відвалів шахт і кар'єрів найбільш просто та надійно здійснювати шляхом стимуляції та прискорення їх природного самозаростання. З появою на ринку сучасної гідропосівної техніки (гідросівалок), які дозволяють створювати потужний гідрострум на відстань 30–60 м, стає реальною задача цілеспрямованого нанесення на поверхню відвалів, а особливо на їх важкодоступні укоси, живильного субстрату (гумусу), а також насіння рослин у суміші з мінеральними добривами.

За результатами вивчення процесів самозаростання відвалів Кривого Рогу та спеціальних досліджень було визначено оптимальний склад гідросуміші для засівання відвалів шахт та кар'єрів, поверхневий шар яких містить не менше 3 % дрібної фракції (діаметр менше 1 мм). Свого часу була запропонована технологія засівання поверхні відвалів різнотравно-кострицевими видами рослин [2], але її застосування обмежується тим, що у складі відвальних порід повинна бути певна частка суглинку.

Розроблена нами технологія гідропосівів розрахована для застосування на відвалах будь-якого мінералогічного стану і віку. Для цього до складу 1 м³ води гідросуміші, перш за все, рекомендується додавати не менше 250 кг живильного субстрату (наприклад, осаду очисних споруд каналізаційної

системи міста [3]), 100–110 кг мінеральних добрив (найкраще нітроамофоски) і до 40 кг суміші насіння мінімум трьох груп рослин: бобово-злакових трав'янистих (костриці, буркуна), кущів (особливо аморфи, скумпії) та дерев (акації, клену, в'язу тощо). При цьому, з метою створення на поверхні «молодих» відвалів первинного шару гумусу, рекомендується до початку засівання насіння рослин проводити 3-х кратну обробку поверхні розчином з підвищеним вмістом живильного субстрату (до 500 кг осаду очисних споруд на 1 м³ води). Використання сучасних гідросівалок (наприклад, типу НМ-750-HARV Turbo Turf) дозволяє також забезпечувати догляд за посівами, що особливо важливо у перший рік вегетації рослин. Такий догляд може включати дистанційні поливи посівів і сходів у спекотні літні місяці, підживлення добривами чи досівання рослин в оголених місцях тощо.

Застосування запропонованої технології стимулювання природного озеленення відвалів дозволяє зменшити термін їх самозаростання з 15–20 до 5–7 років.

ЛІТЕРАТУРА

1. Коршиков І.І., Красноштан О.В. Життєздатність деревних рослин на залізорудних відвалах Криворіжжя. Донецьк, 2012. 208 с.
2. Мазур А.Ю., Кучеревський В.В., Шоль Г.Н., Баранець М.О., Сіренко Т.В., Красноштан О.В. Біотехнологія рекультивації залізорудних відвалів шляхом створення стійких трав'янистих рослинних угруповань. *Криворізький ботанічний сад НАН України*, Кривий Ріг. *Nauka innov.* 11 (4), 2015. С.41-52.
3. Станкевич В.В. Звіт за результатами санітарно-епідеміологічної оцінки осаду стічних вод з полів компостування КП «Кривбасводоканал» з визначенням класу небезпеки і наданням рекомендацій щодо поводження № 22/3265 від 12.09.2017 р. Виконавець: ДУ «Інститут громадського здоров'я ім. О.М. Марзєєва НАМН України». Київ, 2017. 5 с.
4. Терещенко В.Ф., Шапурін О.В., Панчошний М.М., Півень В.О., Іванов І.В., Пирєєв М.М., Романенко О.В., Головка В.В. Спосіб лісовпорядкування відвалів скельних гірничих порід. Патент України № 7307А, МКИ E21C 41/00. Опубл. 30.06.95; Бюл. № 2. 2 с.

ТЕХНОЛОГІЯ ОТРИМАННЯ ТА УДОСКОНАЛЕННЯ ВИРОБНИЦТВА ГЛИНОПОРОШКА

Г.М. Грицуляк, В.В. Богославець, Ю.Д. Волошин

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу,
м. Івано-Франківськ, Україна
gritsulyaka@ukr.net*

Глино порошок – це висушена і тонкоподрібнена глина з домішками хімічних реагентів або без них. У бурових промивних рідинах на водній основі глино порошки зв'язують вільну воду, утворюють структуру та фільтраційну кірку на стінках свердловини. Вихідною сировиною для виробництва глино порошків є спеціальні комові глини, а саме: бентонітові, палигорскітові, каолінітові та гідрослюдисті. Глини, які вміщують 70 % і більше мінералів монтморілонітової групи умовно називають бентонітовими. Глини, в яких переважають мінерали груп каолініту, гідрослюди, палигорскіту відповідно називають каолінітовими, гідрослюдистими та палигорскітовими.

Приготування бурових промивних рідин з глино порошків має ряд переваг: транспортні витрати глино порошків на бурову значно менші ніж комових глин; час приготування глинистої суспензії з глино порошку менший, ніж з комової глини, тому, що глино порошок активніше взаємодіє з водою та краще диспергується в ній; процес приготування глинистої суспензії з глино порошку можна повністю механізувати; при виготовленні глино порошки можна обробити різними хімреагентами, які збільшують вихід бурової промивної рідини з 1 т глино порошку.

Враховуючи ці переваги, бурові підприємства для приготування бурових промивних рідин використовують глино порошки. При виробництві глино порошків важливо правильно вибрати режим їх сушіння та границю тонкого подрібнення.

Дослідженнями встановлено [1], що основним критерієм регідратації глино порошку є не температура і тривалість сушіння, а залишкова вологість. Існує межа обезводнення, нижче якої якість глинистої суспензії різко погіршується. Такою межею вважають наявність води у кристалічній решітці глинистих мінералів, яка для бентонітових глино порошків становить (4÷8) % і для палигорскітових є значно вищою.

Думка про те, що максимальна дисперсність глинопорошку поліпшує якість глинистої суспензії не завжди підтверджується [1]. При тонкому подрібненні частково руйнується кристалічна решітка глинистих мінералів, що призводить до зменшення гідрофільності порошків. У США вищі сорти глинопорошків (фірма «Бароїд» і «Магкобар») просіюються на (90÷99) % через сито 200 меш, що відповідає частинкам не більше 75 мк [2].

На стадії тонкого подрібнення до глинопорошку добавляють хімічні реагенти, які суттєво поліпшують вихід бурової промивної рідини з 1 т глинопорошку. Звичайно в глинопорошок добавляють (1÷5) % кальцинової соди, яка особливо ефективна для бентонітових глин кальцієвого типу, тому що дозволяє перевести їх в натрієву.

На рисунку 1 наведена технологічна схема виробництва глинопорошків, яка застосовується на заводах, хоча на кожному з них є свої особливості. Для поліпшення якості глинопорошків необхідно, в першу чергу, проводити ретельний відбір глини і її сортування в кар'єрі, зробити (4÷6)-ти місячний запас глини на заводі, щоб забезпечити його безперебійну роботу в зимовий період і однакову вологість сировини. Подвійне подрібнення сирової глини (грубе – з допомогою зубчатих вальців та тонке – з допомогою стругача) дозволяє більш ефективно проводити сушіння глини.

Максимальна дисперсність глинопорошків досягається шляхом грубого (застосовують дезінтегратор) та тонкого (використовують ролико-маятниковий млин) подріблень. Важливе значення має також, особливо при хімічній обробці, надійна аспірація. Інноваційність застосування способу механоактивації полягає в новій технології та спеціально розробленому обладнанні, спрямованому на зниження об'єму реагентів, що вводяться.

Фізико-хімічні властивості бентонітів, перш за все адсорбційні та катіонообмінні, які безпосередньо залежать від вмісту основного породоутворювального компонента – монтморилоніту та особливостей його структури. Як відомо, процес активації монтморилоніту можна виробляти різними методами. Найбільш широко поширені три методи: «мокрый», «сухий» та «метод активації в суспензії».

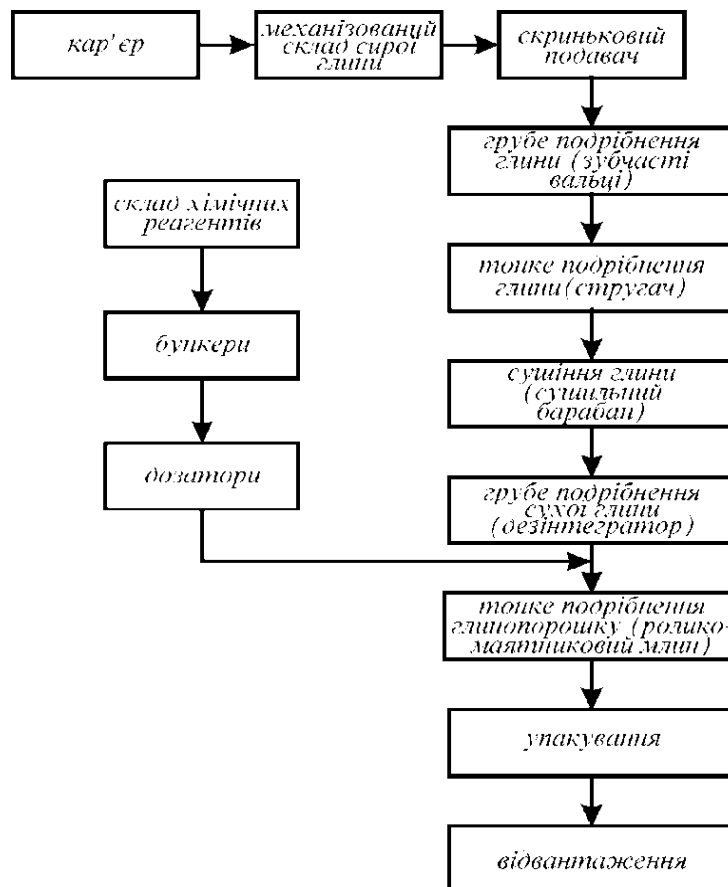


Рис. 1. Технологічна схема виробництва глинопоорошків

При «мокрій» активації готують пасту з бентоніту, води та заданої кількості соди, висушують суміш і потім подрібнюють. При цьому отримують активований бентоніт і осад з нерозчинних і слабозрозчинних солей типу CaCO_3 та MgCO_3 . «Суха» активація здійснюється шляхом механічного перемішування соди з бентонітом в певній пропорції. Активація у цьому випадку відбувається за рахунок вологості самого бентоніту. Метод активації суспензії проходить у розпуску глини в шаровому млині з водою та содою. Для активації використовується розчин соди. Активація здійснюється за такої реакції: $\text{Na, Ca, Mg - бентоніт} + \text{Na}_2\text{CO}_3 \text{ (розчин)} = \text{Na-бентоніт} + \text{Ca, Mg (розчин)}$.

Кількість Ca і Mg , що перейшли в розчин, визначається хімічним шляхом. При 2-х % концентрації содою заміщається приблизно 75 % від суми обмінних катіонів. У результаті проведених дослідів встановлено, що при низькій концентрації соди (0,1 %) заміщення відбувається не повністю. Надлишок соди у розчині (концентрація 2–5 %) негативно впливає на процес заміщення катіонів кальцію натрієвими катіонами.

Осад з нерозчинних солей CaCO_3 і залишки вільної соди в готовому бентопорошку негативно позначаються в процесі приготування та експлуатації бурового розчину при будівництві свердловин.

Бентоніт, що пройшов механоактивацію при концентрації соди 2 %, показує практично повне заміщення катіонів і відсутність нерозчинних солей CaCO_3 і слідів вільної соди.

Кристалічна структура монтморилоніту являє собою взаємозв'язок трьох складових елементів силікатної матриці шару з надмірним негативним зарядом, позитивно заряджених компенсаторів цього заряду поза шарових (обмінних) катіонів і молекулярно зв'язаної води, виконує функцією нейтралізатора (–) і (+) зарядів. На основі механізму впливу тиску зсуву розроблений спосіб отримання ефективних глинопорошків для бурових розчинів з добавками та без них. Для забезпечення оптимальної вологості суміші під час активації карбонат натрію у формі водного розчину вводять у глину, що полегшує і пришвидшує активну взаємодію та зміну властивостей глинистих частинок: іони Na^+ замінюють обмінні іони Ca_2^+ . Після переміщення такої глини у водний розчин глинисті частинки переходять у високодисперсний стан з максимальною активною поверхнею для зв'язування води, що тягне за собою набухання глинистих частинок та зростання в'язкості глинистого розчину.

Таким чином, наведений теоретичний інформаційний матеріал вказує на існування декількох напрямків активації отриманих нами комової глини. Очевидно, що ефективне використання тієї чи іншої технології активації визначається з умов. При цьому максимальний ефект слід очікувати при «мокрій» активації. Незначним недоліком при реалізації технологій активації є час відстоювання утворених зразків (спочатку для активації), а потім для сушіння у сушильній шафі.

ЛІТЕРАТУРА

1. Коцкулич Я.С., Оринчак М.І., Оринчак М.М. Бурові промивні рідини : підручник. Івано-Франківськ: Факел, 2008. 500 с.
2. Bazhaluk, Ya.M., Karpash, O.M., Hutak, O.I., Khudin, M.V., Voloshyn, Yu.D. Application of pulse-wave technology for oil well completion. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu* [this link is disabled](#). 2016. (5). С. 16-20.

БІОТЕСТУВАННЯ ТОКСИЧНОСТІ СУБСТРАТІВ ҐРУНТУ
РЕКУЛЬТИВОВАНИХ ЗЕМЕЛЬ ВІЛЬНОГІРСЬКОГО ГМК
ПО ПРОРОСТКАХ РОСЛИН-ІНДИКАТОРІВ

О.В. Зберовський, Д.В. Зорін

*Дніпровський державний технічний університет,
м. Кам'янське, Україна
zberovskya@gmail.com*

У сучасних умовах природне середовище піддається комбінованому техногенному забрудненню. Різноманітні сполуки природного та антропоїчного походження накопичуються у ґрунті, зумовлюють його забрудненість та токсичність. Методи біотестування все частіше використовуються для визначення токсичних властивостей повітря, води, ґрунту, промислових відходів, матеріалів тощо. Біотестування дозволяє отримати інтегральну токсикологічну характеристику природних середовищ незалежно від складу забруднюючих речовин, у зв'язку з чим методи біотестування набувають усе більшу популярність в екологічних дослідженнях.

Метою дослідження є визначення токсичності різних зразків субстратів ґрунтів по проростках рослин-індикаторів на рекультивованих ділянках Вільногірського гірничо-металургійного комбінату.

Антропоїчний вплив на ґрунти ширший, ніж на інші компоненти біосфери. Токсичність ґрунту впливає на життєдіяльність хребетних та безхребетних тварин, на зростання та розвиток рослинності, яка збагачує повітря киснем і служить продуктом харчування та сировиною для промисловості.

Для ґрунтів, що досліджуються, характерний такий тип ґрунтів, як звичайні чорноземи, які сформувалися на лесоподібних суглинках. Чорноземи в порівнянні з іншими ґрунтами характеризуються більш високою природною родючістю, мають потужний гумусовий горизонт, значно більше містять гумусу і загального азоту в пакетному горизонті із поступовим зниженням їх по профілю.

Рекультивація порушених земель на Вільногірському гірничо-металургійному комбінаті триває більш 65 років, а загальна площа відновлених земель становить більш 16 тис. га. Рекультивовані за цей період

землі були передані для використання у різних напрямках: для сільського господарства, для лісонасаджень, для підсобного господарства, для садівництва, для повторного використання, під звалища, як рекреаційна зона та під водоймища, для прокладання доріг та для інших потреб міста Вільногірськ. Дослідження токсичності ґрунтів рекультивованих земель Вільногірського ГМК в процесі гірничотехнічної рекультивації в останні роки практично відсутні.

Дослідження були проведені на рекультивованих ділянках комбінату створених у період з 1976–2011 рр. Було обрано 6 ділянок на рекультивованих полях, на яких у насипному шарі чорнозему викопано по дві прикопки (№1 і №2) та відібрано проби до глибини 50 см. Кожна ділянка відповідала року рекультивації: № 1 ділянка 1976 року рекультивації (передана в лісове господарство); № 2 ділянка 1981 року (передана в лісове господарство); № 3 ділянка 1997 року (цілина); № 4 ділянка 2001 року (цілина, передана у сільське господарство); № 5 ділянка 2006–2007 року рекультивації (передана у лісове господарство); № 6 ділянка 2011 року (цілина, передана у сільське господарство); № 7 контрольна ділянка непорушених земель.

Програма досліджень включала 2 етапи: 1 – відбір проб на глибину 50 см у насипному шарі чорнозему; 2 – визначення токсичності зразків субстратів за проростками рослин-індикаторів.

На першому етапі були проведені розрізи ґрунту на всю глибину чорнозему та відібрано 73 проби ґрунту з інтервалом кожні 10 см. На другому етапі за допомогою лабораторних досліджень визначалися вологість ґрунту, об'ємна маса ґрунту, об'ємна маса скелета ґрунту, а також оцінювалася токсичність ґрунту методом біотестування. Біологічний метод оцінки субстратів проводився шляхом вирощування рослин на субстратах, токсичність яких треба оцінити, із застосуванням як тест-рослина пшениці.

Дослідження було проведено відповідно до стандартної методики. Отримані морфометричні показники тестованої рослини після статистичної обробки представлені у вигляді відсоткового співвідношення до контролю (прийнятого за 100 %) та наведені у таблиці 1.

Вплив субстрату ґрунту на зростання надземної частини, зростання головного кореня та на масу тест-рослини пшениці

№ ділянки, рік	Довжина надземної частини (середня)		Довжина кореня (середня)		Маса рослин (середня)	
	см	%	см	%	г	%
№ 1 (1976)	21,43	88,5	9,51	79,25	1,182	78,9
№ 2 (1981)	21,62	89,3	8,77	73,08	1,132	75,5
№ 3 (1997)	21,75	89,8	9,83	81,9	1,062	70,0
№ 4 (2001)	20,91	86,4	8,62	71,83	1,041	69,4
№ 5 (2006–2007)	21,85	90,2	10,16	84,6	1,203	80,3
№ 6 (2011)	21,14	87,3	8,57	71,41	0,966	64,4
№7 (контроль)	24,2	100	12,0	100	1,498	100

Результати графоаналітичної обробки експериментальних даних дозволили отримати графіки зміни середньої довжини надземної частини, довжини кореневої системи та середньої маси тест-рослини пшениці за глибиною розрізу з інтервалом кожні 10 см у період з 1976 по 2011 роки та оцінити динаміку токсичності ґрунту на рекультивованих ділянках. Апроксимація експериментальних даних показала, що їх зміна з достатньою мірою точності описуються лінійною залежністю у вигляді:

а) $y = - 0,2671x + 21,76$, см – зміна середньої довжини надземної частини тест-рослини (y);

б) $y_1 = - 0,4214x + 10,433$, см – зміна середньої довжини кореневої системи тест-рослини (y_1);

в) $y_2 = - 0,0412x + 1,3128$, г – зміна середньої маси тест-рослини (y_2),

де x – рік рекультивації (з 1976 до 2011 року).

Таким чином, насіння пшениці може бути використане як тест-рослина для біотестування ґрунтів на рекультивованих ділянках Вільногірського ГМК. Найбільш токсичними є субстрати ґрунту на ділянці № 4 і № 6 (цілина, ділянки передані у сільське господарство). Фітотоксична дія рекультивованих ґрунтів проявилася як в інгібуванні схожості насіння, так і в інгібуванні зростання надземної частини (до 12,7 %), зростання головного кореня (до 28,6 %) та в інгібуванні маси (до 35,6 %) тест-рослини пшениці. Встановлено кореляційний зв'язок між глибиною відбору проб та продуктивністю (довжина та маса проростків).

ШЛЯХИ УТИЛІЗАЦІЇ ВІДХОДІВ ВУГЛЕВИДОБУВНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

І.І. Чоботько

Інститут геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України,

м. Дніпро, Україна

efilonov79@gmail.com

Відомо, що відходи вугільного видобутку складаються з пластів гірських порід і вибракваного вугілля. За досить значних обсягів такого матеріалу відбувається його висихання, а під впливом кисню й анаеробних бактерій – його окиснювання з виділенням теплоти. Якщо зазначена теплота не розсіюється, то відбувається мимовільне займання вугільної маси. Найчастіше такі процеси спостерігають у відвалах конусоподібної форми по досягненні ними висоти 40–50 м. Перелічені процеси відбуваються у декілька етапів [1].

1. Протягом перших місяців після відсіпання породи під дією атмосферних опадів починаються процеси хімічного та біохімічного окиснення піриту; здійснюється виділення сірководню, прогрівання поверхневого шару гірських порід та збагачення його сіркою.

2. Утворення осередків горіння. Самонагрівання гірської маси переходить у займання за впливом самозаймистої пари сірководню та метану біля її поверхні, що нагріта до температури 800 °С; відбувається збільшення пористості шару біля поверхні за рахунок винесення дрібних фракцій газовими потоками, зміщення фронту горіння углиб скупчення порід у міру відсіпання відвала та проникнення всередину його атмосферного повітря.

Одним із перспективних напрямів утилізації є використання відходів вугільного видобутку у будівельній галузі. Також терикони є складами різних хімічних елементів таких, як:

- германій – може використовуватися при виробництві пластмаси, у металургії та електротехнічній промисловості, у медицині, оптиці та геліоенергетиці. Скло та лінзи можуть застосовуватися в прилади нічного бачення та у військових системах наведення. Вартість германію, витягнутого з терикону, перевищує \$1 тис. за кілограм;

- скандій – м'який матеріал, який легко піддається обробці. Може бути використаний у авіаційної та космічної промисловості, автопромї та навіть у

зубному протезуванні. Додатки скандія в сплави чавуну та сталі підвищують їх цінність. Вартість скандію коливається від 42 до 45 тис. доларів за кілограм;

- галій – метал, який використовується у виробництві клеючих та мастильних матеріалів, конструювання окремих видів лазерів та термоелементів для сонячних батарей. Вважається, що потреба світу у галії перевищує його видобуток. Вартість галію коливається від 1,3 до 1,5 тис. доларів за кілограм [1].

Відходи вугільної промисловості не нові і широко використовуються в різних країнах світу. Цією проблематикою займаються фахівці таких країн, як:

- Японія (при переробці відходів відбувається вилучення рідкісних матеріалів);

- США (відновлені землі пускаються під лісонасадження);

- країни Центральної та Східної Європи (сільськогосподарське освоєння рекультивованих земель);

- Великобританія (рекультивовані землі передаються, головним чином, для рекреаційного освоєння, промислового та цивільного будівництва, рідше – для сільського господарства) [2].

Загалом у світовій практиці можна виділити три напрями вирішення проблеми відходів вуглевидобувної промисловості:

- повернення відходів назад у шахти. Цей шлях вважається найбільш трудомістким, та його вартість перевищує вартість вуглевидобутку;

- озеленення поверхні відходів. Даний шлях допомагає лише скоротити санітарну зону біля відходів;

- утилізація відходів. Цей напрямок найбільш перспективний у вирішенні нашої проблеми. Ціна утилізації відходів вугільної промисловості залежить від того, який матеріал видобуватиметься в процесі переробки відходів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Чоботько І.І. Методи та засоби локалізації осередків самозаймання породних відвалів. *Молодь: наука та інновації 2018* : збірник праць VI Всеукраїнської науково-технічної конференції, 15-16 листопада 2018. Том 16. С. 31-32.

2. Д'яченко Н.О., Дятел О.О. Вугільна промисловість: оцінка впливу на довкілля та поводження з відходами. *Гірнична геологія та геоecологія*. 2020. №. 1. С. 60-72.

ЕКОЛОГІЧНІ РИЗИКИ ТЕХНОГЕННОГО ЗАБРУДНЕННЯ ДОВКІЛЛЯ, СПРИЧИНЕНОГО РОСІЙСЬКОЮ ВІЙСЬКОВОЮ АГРЕСІЄЮ

ОЦІНКА СУЧАСНОГО СТАНУ ВІДНОВЛЮВАНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ УКРАЇНИ
В УМОВАХ РОСІЙСЬКОЇ ВІЙСЬКОВОЇ АГРЕСІЇ

В.Ю. Вовк

*Вінницький національний аграрний університет,
м. Вінниця, Україна
vvovk_2703@ukr.net*

Повномасштабне вторгнення росії до України з 24 лютого 2022 року вже завдало та продовжує завдавати величезної шкоди людям та інфраструктурі населених пунктів, де тривають бойові дії, але воєнні дії впливають і на навколишнє середовище. Зараз навіть неможливо повністю оцінити вплив війни на довкілля через брак точної інформації. Причин цьому дві. Насамперед, навіть збирати ці дані небезпечно для фахівців, оскільки тривають активні бойові дії. По-друге, не вся інформація може бути озвучена публічно з тактичною метою.

Проте точно зрозуміло: чим довше триває війна, тим більше шкоди вона завдасть довкіллю, і тим більше наслідків ми матимемо в майбутньому. Це підтвердилося, хоч і в меншому масштабі, на початку цієї війни, 8 років тому, коли росія загарбала Крим і частини Донеччини та Луганщини. Як безпосередньо бойові дії, так і дії окупаційної адміністрації вплинули на природу цих регіонів. За тим, як саме – можна спробувати спрогнозувати наслідки теперішнього повномасштабного вторгнення [1].

Відновлювана енергетика України опинилась в зоні високого ризику повного або часткового руйнування. Під обстріли потрапляють сонячні та вітрові електростанції, руйнуються електричні мережі, розкрадається обладнання станцій. Небезпека так само присутня і для об'єктів гідро- та біоенергетики, незалежно від розташування: в зоні бойових дій чи на іншій території.

За 10 років Україні вдалося досягти значних результатів у розвитку відновлюваної енергетики: на початку 2022 року встановлена потужність ВДЕ складала 9,5 ГВт, а обсяг інвестицій у галузь – понад 12 млрд доларів США.

Підприємства, що генерують електричну та теплову енергію з біомаси в Україні мають встановлену потужність 224,5 МВт (з них біомаса – 119,1 МВт, біогаз – 105,4 МВт). Об'єкти біоенергетики розосереджені територією України та тяжіють до населених пунктів та великих агропідприємств [2, с. 65]. Через розв'язання рф війни проти України, половина об'єктів ВДЕ перебуває під загрозою повної або часткової руйнації станом на березень 2022 року.

Отже, активи вартістю у понад 5,6 млрд доларів США у капітальних інвестиціях наразі перебувають в зоні бойових дій. Також, більше 3,6 млрд доларів капітальних інвестицій знаходяться в регіонах, сусідніх до областей, де ведуться активні бойові дії із захисту України від російської окупації. Відповідно, більше 3970 МВт перебуває в областях безпосередньої загрози повної або часткової руйнації станцій відновлюваної енергетики. Більше того, понад 2400 МВт знаходяться в сусідніх із активними бойовими діями областях, де вже є висока загроза руйнації, або вже зруйновані якісь станції.

В областях, де наразі тривають активні бойові дії, перебуває 47 % встановленої потужності електростанцій на відновлюваних джерелах енергії (за інформацією НКРЕКП на 1 січня 2022 року). Поза тим, багато станцій ВДЕ знаходяться в областях, суміжних із областями, де відбуваються активні бойові дії (рис. 1) [3].

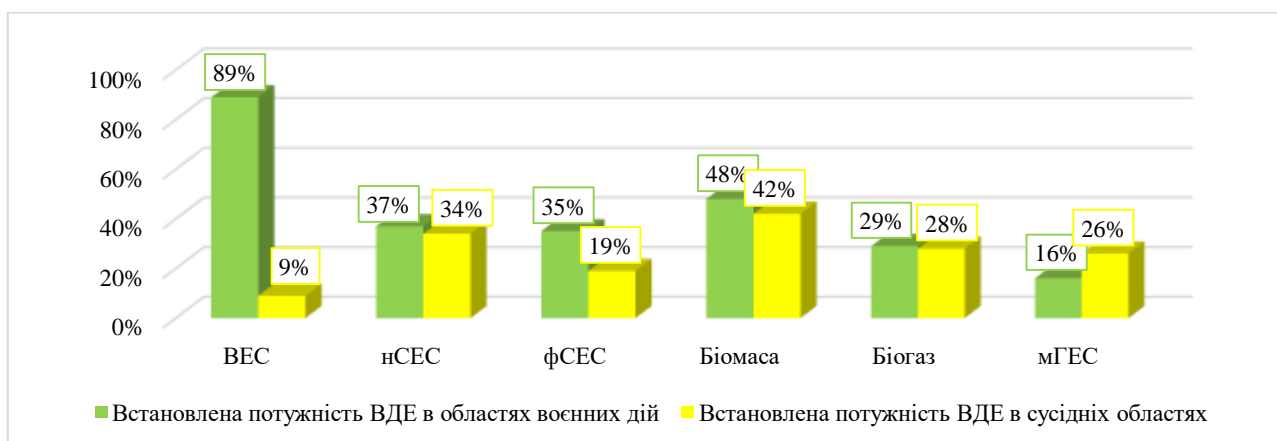


Рис. 1. Частка встановлених потужностей ВДЕ в областях активних бойових дій та сусідніх регіонах [3]

Так, переважна більшість вітроелектростанцій України збудовані у південних областях країни з найбільшим потенціалом вітру – Запорізькій, Херсонській, Миколаївській, Одеській. 89 % встановленої потужності вітроелектростанцій встановлено в областях, де зараз тривають активні бойові дії, ще 9 % розташовані в безпосередній близькості до регіонів з активними бойовими діями. Більше половини вітроелектростанцій вже припинили свою роботу. 37 % наземних, 35 % дахових/фасадних сонячних електростанцій та майже половина (48 %) станцій на біомасі також опинилися в зонах активних бойових дій, 34 %, 19 % та 42 % відповідно – у сусідніх областях із високою ймовірністю розгортання бойових дій.

Дещо краща ситуація зі станціями на біогазі та малими гідроелектростанціями: 29 % біогазових станцій розташовані в областях активних бойових дій, малих гідроелектростанцій – 16 % [4].

За оцінками Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України, внаслідок російського вторгнення станом на березень 2022 року постраждало 10–15 % встановлених потужностей ВДЕ. В першу чергу, це стосується міст, інфраструктура яких зазнала бомбардування, та регіонів активних бойових дій: північ та схід Харківської області, Сумська та Чернігівська області, Миколаївський район, місто Житомир.

Наразі частина станцій ВДЕ вже припинила свою роботу, зафіксовано випадки знищення вітротурбін, сонячних панелей, електрообладнання станцій, ліній електропередач, підстанцій. Крім того, російські окупанти крадуть обладнання зі станцій ВДЕ.

Війна рф проти України суттєво вплине на стан ВДЕ на всьому континенті. Приєднання України до єдиної європейської електромережі ENTSO-E насамперед означає ще більш тісний взаємозв'язок української та загальноєвропейської енергетичної галузі та пов'язані впливи, в тому числі і в галузі ВДЕ, включно із тенденціями розвитку та сталого функціонування. Збройний напад на мирну країну – це військовий злочин. Враховуючи вартість капітальних інвестицій, вартість відновлення потужностей генерації, ліній

електропередач, обладнання, відшкодування втрат здоров'я та життя працівників відновлюваної енергетики України, українська відновлювана енергетика буде вимагати компенсації від російських загарбників у міжнародних судах.

ЛІТЕРАТУРА

1. Природа та війна: як військове вторгнення росії впливає на довкілля України. URL: <https://ecoaction.org.ua/pryroda-ta-vijna.html?amp>.
2. Vovk V., Krasnoselska A. Ecologization of Agricultural Production Based on the Use of Waste-Free Technologies to Ensure Energy Autonomy of AIC. *Global trends and prospects of socio-economic development of Ukraine: scientific monograph*. Publishing House «Baltija Publishing», Riga, Latvia. 2022. P. 59-87. DOI: <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-193-0-2>.
3. Національна комісія, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг. URL: <https://www.nerc.gov.ua/>.
4. Половина потужностей відновлюваної енергетики України під загрозою знищення через військову агресію рф. Українська асоціація відновлюваної енергетики. URL: <https://uare.com.ua/>.
5. Вовк В.Ю. Економічна ефективність використання безвідходних технологій в АПК. *Економіка, фінанси, менеджмент: актуальні питання науки і практики*. 2020. № 4 (54). С. 186-206.
6. Гончарук І.В., Вовк В.Ю. Понятійний апарат категорії сільськогосподарські відходи, їх класифікація та перспективи подальшого використання для виробництва біоенергії. *Економіка, фінанси, менеджмент: актуальні питання науки і практики*. 2020. № 3 (53). С. 23-38. DOI: 10.37128/2411-4413-2020-3-2.

ЗАБРУДНЕННЯ ҐРУНТІВ ВНАСЛІДОК ВІЙНИ

В.Р. Глушук, І.М. Трус

*Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»,
м. Київ, Україна
gvrmars@gmail.com*

Одним із найбільш драматичних способів впливу людини на властивості ґрунту є виконання військових дій. Порушення ґрунту, викликані війною, в основному бувають трьох типів – фізичні, хімічні та біологічні – і мають на меті спричинити прямі проблеми ворогам або, що частіше, є наслідками війни.

Фізичні порушення ґрунту включають ущільнення внаслідок будівництва оборонної інфраструктури, риття траншей або тунелів, ущільнення внаслідок руху техніки та військ або утворення кратерів від бомб [1].

Хімічні порушення складаються з надходження забруднюючих речовин, таких як нафта, важкі метали, нітроароматичні вибухові речовини,

фосфорорганічні нервово-паралітичні речовини, діоксини гербіцидів або радіоактивні елементи. Значне накопичення металів спостерігалось в районах полів битв, стрільбищ зі стрілецької зброї, артилерійських, мінометних і реактивних полігонів, а також гранатометних майданчиків [2].

Поряд з викидами органічних забруднювачів, включаючи поліароматичні вуглеводні (ПАУ), поліхлоровані біфеніли (ПХБ), а також гексахлорциклогексан (ГХГ), дихлордифенілтрихлоретан (ДДТ) і гексахлорбензол (НСВ) (Радонік та ін.) пов'язана військова активність [3].

Біологічні порушення виникають як ненавмисні наслідки впливу на фізико-хімічні властивості ґрунту або навмисного впровадження смертельних для вищих тварин і людей мікроорганізмів, таких як ботулін або сибірська виразка. Ґрунт являє собою безпечну нішу, де такі патогени можуть зберігати свою вірулентність десятиліттями [1].

Використання вибухових речовин призводить до широкого поширення 2,4,6-тринітротолуолу (ТНТ) та його побічних продуктів і продуктів розпаду в ґрунті на колишніх виробничих і випробувальних майданчиках. Вибухові речовини використовуються для кількох застосувань, як розбивання гірських порід у видобутку корисних копалин, знесення застарілих будівель і в основному для зброї. Бойові дії є однією з основних загроз для ґрунтових і водних ресурсів, оскільки вони впливають на фізичні, хімічні та біологічні властивості екосистеми.

Виробництво, випробування та неправильна утилізація вибухівки разом із нерозірваними боєприпасами призводять до того, що великі території забруднюються вибуховими речовинами. ТНТ був найбільш використовуваною вибуховою речовиною як у Першій, так і в Другій світовій війнах, що призвело до внесення нітроароматичних сполук у ґрунт на колишніх виробничих майданчиках [4]. Крім того, щонайменше від 2 % і до 42 % тротилу залишаються, як залишки на поверхні ґрунту після детонації високого та низького порядку снаряду, наповненого тротилом, що збільшує кількість уражених ділянок, особливо на колишніх полігонах.

Внаслідок нападу росії на Україну відомі докази сильного забруднення повітря та викидів парникових газів у результаті інтенсивних боїв. Біорізноманіття зазнає різкого впливу через інтенсивне вирубування лісів та знищення середовища проживання з потенційними наслідками для дикої природи. Бомбардування, розкопки траншей і тунелів, ймовірно, негативно вплинуть на деградацію ґрунту та морфологію ландшафту [4]. Це набуває особливого значення, оскільки Україна має одні з найбільш родючих ґрунтів у світі (чорнозем), які впливають на виробництво харчових продуктів. На доступність та якість води, ймовірно, вплине руйнування інфраструктури та транспортування забруднюючих речовин до водних запасів. Надані екосистемні послуги, ймовірно, будуть сильно пошкоджені, оскільки вирубка лісів зменшить здатність екосистем регулювати забруднення повітря. Деградація ґрунту зашкодить виробництву їжі та естетиці ландшафту, руйнування культурної спадщини та соціальної згуртованості різко впливає на культурні послуги. Нарешті, вплив на здоров'я людини вже є величезним. Війна все ще триває, і існує значна невизначеність щодо її наслідків.

ЛІТЕРАТУРА

1. Pereira P., Bašić F., Bogunovic I., & Barcelo D. Russian-Ukrainian war impacts the total environment. *Science of The Total Environment*. 2022. 155865. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.155865>
2. Salami L.A., & Folami N.A. Comprehensive Investigation of Soil Quality Status of Lagos State University, Epe, Lagos State, Nigeria. *Asian Basic and Applied Research Journal*. 2021. P. 37-45. <https://globalpresshub.com/index.php/ABAARJ/article/view/1089>
3. Skalny A.V., Aschner M., Bobrovniksky I.P., Chen P., Tsatsakis A., Paoliello M.M... & Tinkov A.A. Environmental and health hazards of military metal pollution. *Environmental Research*. 2021. № 201. 111568. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.111568>
4. Tešan Tomić N., Smiljanić S., Jović M., Gligorić M., Povrenović D., & Došić A. Examining the Effects of the Destroying Ammunition, Mines and Explosive Devices on the Presence of Heavy Metals in Soil of Open Detonation Pit; Part 2: Determination of Heavy Metal Fractions. *Water, Air, & Soil Pollution*. 2018. № 229 (9). P. 1-20. <https://doi.org/10.1007/s11270-018-3950-7>

ВОЄННИЙ ЕКОЦИД ТА ВПЛИВ РОСІЙСЬКОЇ ВІЙСЬКОВОЇ АГРЕСІЇ НА ДОВКІЛЛЯ

Н.Д. Гоцій¹, Н.З. Кендзьора², Т.І. Шуплат¹

¹ Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

² Національний лісотехнічний університет України,

м. Львів, Україна

natali_gocij@ukr.net

Екоцид (від грец. *οικος* – будинок і лат. *caedo* – вбиваю) – масове знищення рослинного або тваринного світу, отруєння атмосфери або водних ресурсів, а також вчинення інших дій, що можуть спричинити екологічну катастрофу.

Екоцид є кримінально караним діянням як в українському, так і в міжнародному праві. Згідно з кримінальним кодексом України карається позбавленням волі на строк від восьми до п'ятнадцяти років. В міжнародному праві сприймається як вплив на біосферу, літосферу, гідросферу та атмосферу Землі з метою зміни їх динаміки, складу чи структури, вплив на (або через) космічний простір, що може потягнути чи потягнуло масове знищення наповнення сфер Землі, інші тяжкі наслідки [1, 3].

Основи поняття екоциду, розробка механізму впливу на сторону агресії, у міжнародному праві регламентуються рядом таких документів:

- Римський статут міжнародного кримінального суду (1 липня 2002 року). Стаття 8. Військові злочини;
- Додатковий протокол до Женевських конвенцій від 12 серпня 1949 року, що стосується захисту жертв міжнародних збройних конфліктів (Протокол I, від 8 червня 1977 року);
- Конвенція про заборону військового чи будь-якого іншого ворожого використання засобів впливу на природне середовище (від 5 жовтня 1978 року).

Поняття екоциду поширюється на незаконні або безглузді дії, вчинені з усвідомленням того, що існує значна ймовірність серйозної та широкомасштабної або довгострокової шкоди навколишньому середовищу, спричиненої цими діями. Його особливість серед злочинів проти довкілля в тому, що він найбільш жорстокий, стосується великої території, є продовжуваним або відбувається одноразово, але має дуже значний вплив на довкілля.

В історії відомо багато випадків типового воєнного екоциду [8]:

- у IV ст. до н. е. при облозі міста Кіра отруєння річки призвело до масової загибелі захисників міста. Факти отруєння води відомі і в Стародавньому Римі (під час боротьби проти римських легіонів, германські воїни спеціально отруювали воду в криницях, аби зменшити чисельність римського війська);

- під час Першої Світової війни німецькі війська стали першими, хто застосував хімічну зброю масового ураження проти своїх ворогів – французів і англійців поблизу містечка Іпр (Бельгія) у 1915 році. Хімічні речовини (іприт та хлор) окрім вбивчого ефекту на людей, мали ще й фатальний вплив на довкілля;

- під час Другої Світової війни німецькі окупанти вивозили з Північної та Східної України потягами родючий чорнозем. Внаслідок цього було завдано непоправної шкоди ґрунтовій фауні на значних площах, знижено родючість ґрунту та знищено гумусний шар;

- під час В'єтнамської війни американські винищувачі розпорошили над Камбоджею і В'єтнамом понад 100 тисяч тон дефоліантів. В складі цих хімікатів мали місце арборициди з домішками діоксинів. Ці сполуки мали вбивчий вплив на дерева індокитайських джунглів. Через застосування цих хімічних отрут було виведено з обробітку майже половину орних земель В'єтнаму, а також знищено 2 млн. га лісів. Загибло 2/3 біологічних видів;

- під час війни в Перській затоці урядові війська Іраку навмисне підірвали 1200 нафтових родовищ, ряд нафтобаз та танкерів. Продукти згорання потрапили в атмосферу, ґрунти та Світовий океан, спричинивши безпрецедентні забруднення довкілля;

- американські війська у 2004 році використали фосфорні боеприпаси при бомбардуваннях іракського міста Фалуджа (провінція Анбар), що спричинило не лише масові жертви серед людей, але й катастрофічні забруднення навколишніх ґрунтів фосфорними сполуками.

Україна, на жаль, поповнила список країн, які стикнулись із екологічними небезпеками мілітарного характеру. Вже на початку російсько-української війни (2014–2015 рр.) проросійські терористи цілеспрямовано обстрілювали Авдіївський коксохімічний завод. Руйнування інфраструктури цього

підприємства становило величезну загрозу викидів небезпечних хімічних сполук у довкілля. Згідно з міжнародним правом, ці акти підпадають під визначення «воєнного екоциду» [1].

Загалом, агресія РФ проти України, наслідком якої стала окупація та анексія Криму, а також збройний конфлікт на сході України спричинили значну екологічну шкоду. У Донецькій та Луганській областях України у ході збройного конфлікту сталося значне забруднення довкілля хімічними токсичними речовинами, уламками металів і важкими металами внаслідок артилерійських обстрілів та застосування вибухівки. Утворилися численні воронки від влучання снарядів. Відбулося затоплення шахт, руйнування очисних споруд, будівництво оборонних споруд, копанок, пошкодження каналізаційних і водогінних мереж. Мінна небезпека призвела до обмеження можливості природокористування на значних територіях. Чимало об'єктів природно-заповідного фонду, розташованих у зоні бойових дій, зазнали значної шкоди [2, 4, 7].

Пропорційно збільшенню територій зайнятих військовими діями, в разі зросли масштаби та різноманіття екологічних небезпек, яким піддаються довкілля, населення, об'єкти критичної, промислової, транспортної, соціальної інфраструктури і житлового фонду нашої країни. Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України з початку повномасштабних воєнних дій веде дайджест ключових наслідків російської агресії для довкілля України. Згідно з їхніми даними [5], за 3 місяці війни зафіксовано 254 випадки екоциду. Сотні злочинів проти довкілля від російської агресії зібрали також працівники ГО «Екодія» з відкритих джерел [6].

З перших днів були зафіксовані обстріли та бомбардування промислових та енергетичних об'єктів, підпали лісів, підриви нафтобаз, забруднення Чорного та Азовського морів (в першу чергу через затоплення суден). Так, 24 лютого відбувся вибух ворожого снаряду на території Трипільської ТЕС, яка розташована на Дніпровському узбережжі в 45 км південніше Києва та є найбільшим постачальником електроенергії у Київську, Черкаську та Житомирську області.

22 березня був зафіксований підпал лісу в Чорнобильській зоні відчуження, але працівники ДСНС не могли дістатись туди через постійні

обстріли. Станом на 24 березня пожежа була локалізована. За даними Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України на кінець березня було зафіксовано понад 30 загорянь на площі понад 8700 га у Чорнобильській зоні. У зоні активних бойових дій знаходяться атомні станції, морські порти, склади небезпечних відходів (мінеральні добрива, пінополіуретан, лакофарбові та паливно-мастильні матеріали та ін.), промисловість, включно з хімічними та металообробними заводами. Зафіксовані пожежі на нафтобазах, АЗС, сміттєзвалищах, є факти пошкодження об'єктів тепло- та водопостачання (каналізаційні насосні станції, фільтрувальні станції, водогони).

Самі бойові дії призводять до не менших небезпек: розлите паливо, зруйнована техніка та відпрацьована зброя, підірвані ракети – все це забруднює ґрунт та ґрунтові води хімічними речовинами і важкими металами.

У розпал бойових дій важко побачити реальний масштаб та рівень забруднення навколишнього середовища. Реальну оцінку вдасться зробити лише після завершення активної фази війни. Оцінювання шкоди, завданої під час воєнних дій, стане важливим етапом у приверненні уваги світової спільноти до збереження і захисту довкілля та встановлення миру.

ЛІТЕРАТУРА

1. Буткевич О.В. Екоцид. *Українська дипломатична енциклопедія* (Т. 1). К: Знання України, 2004. 760 с.
2. Воєнні дії на сході України – цивілізаційні виклики людству. Львів: ЕПЛ, 2015. 136 с.
3. Дяків Р.С., Бохан А.В., Рибчич І.Й. та ін. *Українська екологічна енциклопедія*. Київ: ПП «ІнтелекТбізнес», 2005. 807 с.
4. Кравченко О., Василюк О., Войціховська А., Норенко К. Дослідження впливу військових дій на довкілля на Сході України. *Схід*. 2015. № 2. С. 118-123. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Skhid_2015_2_23
5. Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України. Офіційний сайт. URL: <https://mepr.gov.ua/news/39238.html>
6. Місяць війни. Злочини проти довкілля. URL: <https://www.epravda.com.ua/columns/2022/03/26/684714/>
7. Наслідки для довкілля внаслідок військових дій очима ЕПЛ. URL: <http://epl.org.ua/environment/naslidky-dlia-dovkillia-vnaslidok-viiskovykh-dii-ochyma-epl/>
8. Peter Hough. Trying to end the war on the world: the campaign to proscribe military ecocide *Global Security: Health, Science and Policy*, 2016. Vol. 1, № 1, P. 10-22. URL: <https://doi.org/10.1080/23779497.2016.1208055>

АНАЛІЗ ВПЛИВУ ЗБРОЙНОЇ АГРЕСІЇ росії НА ТЕХНОГЕННО-ЕКОЛОГІЧНИЙ СТАН В УКРАЇНІ

Д.І. Демчук, Г.В. Кірейцева

Державний університет «Житомирська політехніка»,

м. Житомир, Україна

Lyudvig1980@i.ua

Збройний конфлікт в Україні (далі – агресія), що триває вже вісім років, призводить до значного посилення взаємопов'язаних техногенних та екологічних загроз населенню та довкіллю країни, зокрема через порушення технологічного режиму численних небезпечних об'єктів. Концентрація великої кількості небезпечних об'єктів та висока щільність населення на території Донецької та Луганської областей сприяли формуванню значних загроз до загибелі населення від надзвичайних (аварійних) ситуацій навіть в умовах мирного часу.

До початку агресії на території Донецької та Луганської областей було зосереджено майже четверту частину промислового потенціалу України, до 80 % якого припадає на екологічно небезпечні виробництва, що найбільш негативно впливають на довкілля, зумовлюють комплексний, значною мірою, незворотний вплив на всі його складові. Успадкований від колишнього СРСР комплекс гірничодобувних, переробних, хімічних, енергетичних та інших об'єктів із значною кількістю промислово-міських агломерацій створює суттєві ризики виникнення техногенно-екологічних катастроф з масштабними транскордонними наслідками через воєнні дії в місцях їхньої дислокації. Найбільшу загрозу для довкілля серед цих об'єктів становлять: енергетичні станції, шахти, підприємства хімічної промисловості, продуктопроводи та гідротехнічні споруди, у тому числі – місця видалення небезпечних відходів. Переважаюча частина з них є об'єктами критичної інфраструктури, що експлуатуються із використанням застарілих технологій, за умов наднормативної зношеності. Загалом, на початку агресії у зазначеному регіоні функціонувало 218 виробничих об'єктів, на яких зберігалось або використовувалось у виробничій діяльності більше 84 тис. тон небезпечних

хімічних речовин. При цьому, 28 виробництв регіону склали майже половину усіх об'єктів України I-го (найвищого) ступеню хімічної небезпеки.

В умовах збройної агресії ці загрози значно посилюються. Це відбувається не лише через руйнування і пошкодження підприємств внаслідок потрапляння бойових снарядів під час військових дій. Значну негативну роль стосовно стану техногенно-екологічної безпеки відіграють порушення режиму належної експлуатації небезпечних об'єктів та відсутність заміни або оновлення їх основних виробничих фондів.

Одним із пріоритетів забезпечення прийняттого рівня техногенно-екологічної безпеки регіону є належний контроль, оцінка та прогнозування параметрів стану небезпечних об'єктів для попередження (зниження ризику) виникнення відповідних надзвичайних ситуацій та мінімізації їх наслідків. Саме тому виникає необхідність проведення масштабного аналізу впливу небезпечних об'єктів, зміненого в умовах збройної агресії, на компоненти довкілля України.

Наприклад, місто Щастя – фронтове місто Луганської області, розташоване на лівому березі річки Сіверський Донець в безпосередній близькості зіткнення.

З питання стану функціонування та зв'язків інфраструктурних об'єктів міста Щастя, на сьогоднішній день було проведено великий обсяг робіт з відновлення та нормального функціонування як мереж комунікацій міста, так і окремих об'єктів критичної інфраструктури. Щодо питання забезпечення міста питною водою із підземного водозабору питних підземних вод Щастинської ділянки Сіверо-Донецького родовища, то постійно ведеться спостереження як за станом об'єкту водозабору, так і за станом водорозподільної мережі, за якістю питної води, що подається населенню, проте на сьогодні – це зруйноване місто. Місто є однією з найбільш уразливих локацій в умовах збройної агресії через розташування одного з найпотужніших об'єктів теплоенергетики України – Луганської ТЕС, яка з вересня 2014 року працювала в режимі енергоострову. Само по собі підприємство є об'єктом підвищеної небезпеки із суттєвим

впливом на складові докiлля у штатному режимi роботи навіть в умовах мирного часу та потребує постійного контролю виробництва та експлуатацiї об'єкту в цiлому.

Мiсто Торецьк у Бахмутському районi Донецької облaстi – потужний промисловий вузол Єнакієво-Горлівко-Торецької промислової агломерацiї облaстi. Тут зосередженi підприємства вугледобувної, хiмiчної, машинобудiвної промисловостi. Торецьк розташований у безпосереднiй близькостi зiткнення. Функцiонування об'єктiв вугледобувної промисловостi мiста тiсно пов'язане зi станом функцiонування та обслуговування об'єктiв вiдповiдної галузi сусiднiх мiст промислової агломерацiї – Горлівки та Єнакієвого, що обумовлено гiдрологiчним сполученням пiдземних гiрничих виробок. Припинення проведення робiт з вiдкачування шахтних вод з шахт на окупованих територiях має загрозливий вплив на стан водовiдливних систем шахт мiста Торецьк та на стан поверхневих водних об'єктiв, до яких здiйснюється скидання вiдливних шахтних вод. Наявнiсть радiацiйно-небезпечних об'єктiв на територiї мiста Горлівки пiдвищує загрозу забруднення поверхневих вод радiацiйним забрудненням. Для попередження забруднення поверхневих водних об'єктiв шахтними водами, що вiдкачуються, необхідно створити систему монiторингу якостi шахтних вод за показниками радiацiйного та хiмiчного забруднення.

Селище Сартана є накопичувачем небезпечних хiмiчних вiдходiв. До накопичувача завозилися/зливалися легкозаймистi вiдходи коксохiмiчного виробництва підприємств м. Маріуполь. Об'єкт був запроектований та зведений як повноцiнна iнженерно-технiчна споруда для накопичування зазначених рiдких вiдходiв. Питання значного негативного впливу на довкiлля вiд накопичувача активно пiдймалося наприкiнцi 90-х рокiв ХХ столiття. Були проведенi спроби з нейтралiзацiї небезпечних вiдходiв, що знаходяться у накопичувачi. Але лiквiдувати зазначений небезпечний об'єкт так i не вдалося. В реєстрi МВВ (мiсць видалення вiдходiв), який, до речi, знаходиться у закритому доступi, зазначений накопичувач має статус «закритий» (недiючий).

Проте, зливання та звалювання небезпечних відходів здійснюється огульно. Основна маса відходів має смолисту консистенцію, яка розтікається не тільки в межах наявного накопичувача, а й поза його межами та стікає по рельєфу місцевості у водний об'єкт – водойму, яка розташована у басейні річки Кальміус. Зовнішній вигляд місць зливання наведено на рис. 1.



Рис. 1. Накопичувач небезпечних відходів коксохімічного виробництва, Сартанська ОТГ, Донецька область

При цьому, відбувається забруднення токсичними речовинами ґрунтів, поверхневих водних об'єктів, підземних водних горизонтів та атмосферного повітря при випаровуванні рідкої фази. Потрапити на зазначений небезпечний об'єкт можна абсолютно безперешкодно: ані посту охорону, ані огорожі (та навіть попереджувальної таблички) тут немає.

Також, найбільше екологічних злочинів зафіксовано у Київській, Харківській та Миколаївській областях. У цих областях ворог зруйнував промислові та енергетичні об'єкти. Внаслідок ворожих обстрілів зафіксовані факти вибухів та пожеж на нафтобазах, АЗС, сміттєзвалищах, є факти пошкодження об'єктів тепло- та водопостачання (каналізаційні насосні станції, фільтрувальні станції, водогони), захоплення та пошкодження Каховської ГЕС, руйнування газопроводів та газорозподільних станцій, тощо.

На початку травня Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України ініціювало збір інформації про злочини проти довкілля, до ініціативи

долучились різні громадські організації. Реальні збитки та вплив буде підраховано після перемоги, але Державною екологічною інспекцією, яка постійно здійснює моніторинг довкілля, вже були озвучені перша сума збитків – 97 млн. доларів, і це лише за забруднення земельних ресурсів.

Агресія росії проти України несе величезні екологічні загрози для населення, але бойові дії в нашій країні можуть призвести до особливо катастрофічних наслідків для довкілля всієї Європи.

ЛІТЕРАТУРА

1. Закон України «Про відходи» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/>
2. Стан сфери поводження з побутовими відходами в Україні за 2021 рік [Електронний ресурс]. – Режим доступу <http://www.minregion.gov.ua/>
3. Удод В.М., Маджд С.М., Кулинич Я.І. Регіональні особливості структурно-функціональної організації розвитку техногенно змінених водних екосистем. *Вісник Кременчуцького національного університету*. 2017. № 3 (104). С. 93-99.
4. Франчук Г.М., Маджд С.М., Бондарук А.В. Комплексна оцінка якості водних екосистем, забруднених скидами. *Наукоємні технології*. 2014. № 2. С. 246-249.

АНАЛІЗ КОМПОНЕНТІВ ЗАБРУДНЕННЯ ҐРУНТІВ ПІД ЧАС ВИБУХІВ

Ю.Ю. Дідовець¹, В.Ю. Колосков¹, Г.М. Колоскова²

¹ *Національний університет цивільного захисту України*

² *Національний аерокосмічний університет ім. М.С. Жуковського*

«Харківський авіаційний інститут»,

м. Харків, Україна

koloskov_v@ukr.net

В умовах російської військової агресії особливої актуальності набуває завдання забезпечення екологічної безпеки місць, де відбувалися підриви боєприпасів та пов'язане з ними масштабне забруднення території нашої держави вибухонебезпечними предметами. Подібні впливи на землі різного призначення виключають їх подальше використання без реалізації заходів з їх рекультивациі, оскільки залишки вибухових речовин відносяться до найвищих класів небезпеки. Якщо створені відповідні умови, продукти деградації вибухових речовин можуть надалі проникати до підземних вод та забруднювати їх завдяки явищу міграції. Однак, найбільшого рівня негативний

вплив наноситься ґрунтам. Вказаний вплив визначається чинниками вибуху. У ньому можна виділити такі фізичні та хімічні компоненти [1-7]:

- 1) елементи боєприпасів, які утворюються під час вибухів та можуть розлітатися на достатньо велику відстань з подальшим заглибленням у ґрунт;
- 2) зміна рельєфу у місцях вибухів з утворенням кратерів або воронок;
- 3) компресійний вплив ударної вибухової хвилі, який призводить до зміни густини та структури ґрунту;
- 4) забруднення вибуховими речовинами або паливом – органічними речовинами,
- 5) забруднення важкими металами – компонентами боєприпасів;
- 6) забруднення хімічними речовинами, що є складовою частиною заряду боєприпасів.

Можливим також за певних умов є й наявність радіаційного забруднення, втім, його поява може бути пов'язана лише з наявністю радіоактивних речовин у складі боєприпасів або у складі об'єкту, ураженого вибухом. Також наслідком вибуху є непрямий негативний вплив на довкілля внаслідок виникнення загоряння трав'яного покриву або дерев.

Виходячи з виявленого широкого діапазону чинників негативного впливу на ґрунти, для їх відновлення потрібно буде використовувати комплекс технологій різного характеру, як то [1]:

- 1) технології цивільного будівництва, пов'язані, зокрема, зі створення покривних або бар'єрних споруд на території місця вибуху;
- 2) біотехнології, включаючи біоремедіацію ґрунтів з використанням мікроорганізмів або грибків та фіторемедіацію ґрунтів за допомогою рослин;
- 3) хімічні технології, пов'язані, наприклад, з промиванням ґрунтів з наступним виділенням з них розчинених компонентів;
- 4) фізичні технології, які також пов'язані з промиванням ґрунтів із наступним механічним виділенням невеликих фрагментів боєприпасів;
- 5) теплові технології, наприклад, термічна десорбція органічних вибухових речовин.

Вибір конкретного наповнення комплексу технологій, рекомендованих до використання, залежить від співвідношення рівнів негативного впливу за виділеними компонентами у кожному конкретному випадку забруднення.

ЛІТЕРАТУРА

1. 2021 BATA Explosions – Equatorial Guinea. Multi-Cluster/Sector Initial Rapid Assessment (MIRA). OCHA, 2021. 14 p.
2. Broomandi P., Guney M., Kim J. R., Karaca F. Soil Contamination in Areas Impacted by Military Activities: A Critical Review. *Sustainability*. 2020. Vol. 12, No. 9002.
3. Bulloch G., Green K., Sainsbury M. G., Brockwell J. S., Steeds J. E., Slade N. J. Land Contamination: Technical Guidance on Special Sites: Explosives Manufacturing & Processing Sites. R&D Technical Report P5-042/TR/03. Environment Agency, 2001. 68 p.
4. Environmental Impact of Munition and Propellant Disposal. Final Report of Task Group AVT-115. Research and Technology Organisation / North Atlantic Treaty Organisation, 2010. 86 p.
5. Guilbaud M. The Environmental Impact of an Explosion. White Paper. Geode, 2020. 43 p.
6. Hathaway J. E., Rishel J. P., Walsh M. E., Walsh M. R., Taylor S. Explosive particle soil surface dispersion model for detonated military munitions. *Environmental Monitoring and Assessment*. 2015. Vol. 187, No. 415.
7. Zwijnenburg W., te Pas K. Amidst the debris... A desktop study on the environmental and public health impact of Syria's conflict. Colophon, 2015. 84 p.

ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНІ ВТРАТИ ЛІСОВОГО ГОСПОДАРСТВА УКРАЇНИ ВІД РОСІЙСЬКОЇ ВІЙСЬКОВОЇ АГРЕСІЇ

І.М. Жежкун

*Український науково-дослідний інститут лісового господарства та
агролісомеліорації імені Г.М. Висоцького,
м. Харків, Україна
desna-90@ukr.net*

Внаслідок бойових дій на території України економіка зазнає прямих (зменшення людського капіталу через загибель, каліцтво населення, військових та масову еміграцію, знищення та пошкодження військової та цивільної інфраструктури, складів з продукцією, паливом, інших матеріальних ресурсів) та додаткових (недоотриманий дохід від призупинення господарської діяльності або знищених виробничих потужностей; суттєвого скорочення посівних площ сільськогосподарських земель, використання надр, робочих місць; зменшення обсягів інвестицій тощо) втрат [6, 7]. За прогнозами Світового банку падіння ВВП України у 2022 році до рівня попереднього року становитиме 45,1 %, а рівень інфляції сягне 15 % [9].

Бойові дії наносять значну шкоду не лише економіці, а й довкіллю та природним (в т.ч. і лісовим) ресурсам України. Головними складовими збитків довкілля від військової агресії Росії є: загрози ядерній та радіаційній безпеці під

час захоплення та обстрілів Чорнобильської та Запорізької атомних станцій; поширення техногенного забруднення земель та атмосферного повітря при ураженні інфраструктури та виникненні пожеж (на газогонах, нафтопроводах та сховищах пального, боєприпасів, складів та хімічно небезпечних виробництв тощо); пошкодження екосистем та нехтування збереженням Рамсарських угідь, площею 397,7 тис. га, що розташовані на узбережжі Азовського та Чорного морів й на територіях у нижній течії річок Дунаю та Дніпра, а також при веденні бойових дій на 900 об'єктах природно-заповідного фонду (ПЗФ) України, площею 1,24 млн. га (1/3 площ територій ПЗФ України); порушення морського та екологічного права у Чорному морі (забруднення моря нафтопродуктами та іншими небезпечними речовинами внаслідок нападів російських військових морських суден на торгові кораблі) [2].

Через бойові дії у частині лісів Київської, Чернігівської, Сумської, Луганської, Донецької, Харківської та Херсонської областей нанесені збитки рухомому (знищені або вкрадені виробничі машини та прилади, автотранспорт) та нерухомому (зруйновані будівлі контор лісгоспів та лісництв, споруд, цехів переробки, складів) майну лісогосподарських підприємств та лісовому фонду (пошкоджені або повністю знищені деревостани на ділянках лісу, наявні площі з нерозірваними боєприпасами, де неможлива господарська діяльність до їх знешкодження, заміновані лісові дороги тощо). Отже, до втрат лісового фонду в Україні внаслідок бойових дій відносяться втрати лісогосподарського виробництва, спричинені обмеженням прав землекористувачів та втрат лісокористувачів, заподіяні тимчасовим зайняттям земельних ділянок, встановленням обмежень щодо їх використання та неодержанням доходів у зв'язку з тимчасовим невикористанням земельних ділянок [6].

В умовах війни визначити в грошовому вимірі обсяги економічних та екологічних втрат економіки країни в цілому та її окремих галузей дуже складно. Державна служба статистики України на період дії військового стану призупиняє оприлюднення статистичної інформації щодо становища в економіці держави [8]. Тому оцінити еколого-економічні збитки лісового господарства та пов'язаних з ним галузей від наслідків російського вторгнення в Україну в теперішній час можливо лише узагальнено з використанням

непрямих (укрупнених та агрегованих) показників та макроекономічних статистичних методів розрахунків, а не точним методом підсумовування збитків за кожним інфраструктурним або господарським об'єктом. Для точної оцінки збитків, завданих Україні збройною агресією Росії Кабінет Міністрів України надав завдання відповідним міністерствам розробити методики розрахунків шкоди та втрат за 15 напрямками діяльності [6].

За даними з відкритих джерел [3, 5] від російського вторгнення в Україну збитків зазнали лісгосподарські підприємства 12 з 24 областей (без врахування тимчасово окупованого Криму), що розташовані у трьох з п'яти природних зон (табл. 1).

Таблиця 1

Вплив бойових дій на лісовий фонд за областями України

Область	Кількість ОТГ, шт.		Площа земель, вкритих лісовою рослинністю, тис. га / лісистість, % [3]	Площа земель, вкритих лісовою рослинністю під впливом агресії, тис. га**	Вартість за нормативною оцінкою [1] площ лісових земель, що є під військовим впливом, млн. грн.**
	Всього [5]	Під впливом бойових дій / % [5]			
1	2	3	4	5	6
Полісся					
Житомирська	66	н	1001,6 / 33,6	н	–
Чернігівська	57	н	665,7 / 20,9	н	–
Лісостеп					
Київська	69	н	624,1 / 22,2	н	–
Сумська	51	н	425,0 / 17,8	н	–
Харківська*	56	51 / 91,1	378,3 / 12,0	344,6	23093,4
Степ					
Дніпропетровська*	86	2 / 2,3	179,2 / 5,6	4,1	228,0
Запорізька*	67	49 / 73,1	101,0 / 3,7	73,8	3051,6
Донецька*	66	66 / 100,0	184,1 / 6,9	184,1	10762,5
Луганська*	37	37 / 100,0	292,4 / 11,0	292,4	13758,3
Миколаївська*	52	4 / 7,7	98,2 / 4,0	7,6	357,6
Одеська*	91	1 / 1,1	203,9 / 6,1	2,2	138,0
Херсонська*	49	49 / 100,0	116,3 / 4,1	116,3	4311,5
РАЗОМ*	396	259 / 65,4	1553,4 / x	1025,1	55700,9
Україна всього	1469	x	9573,9 / 15,9	x	x

Примітка: * – станом на 27.04.2022; ** – приблизні дані за нашими розрахунками; н – дані у відкритому доступі не знайдені

За даними Державного агентства лісових ресурсів України (ДАЛРУ) на кінець березня 2022 року тимчасово окупованими були 38 державних лісгосподарських підприємств та 289 лісництв на площі 1478 тис. га лісових

земель [4]. Отже на 20 % площі вести лісогосподарську діяльність було неможливо. Після деокупації Київської, Житомирської, Сумської та Чернігівської областей у квітні 2022 року площа вкритих лісовою рослинністю земель, що залишилась під впливом російської військової агресії зменшилась приблизно до 1025,1 тис. га, а за показниками нормативної грошової оцінки багаторічних насаджень у 8 областях [1] вартість окупованих в Україні станом на 27.04.2022 лісових земель за нашими розрахунками приблизно становить 55700,9 млн. грн.

Проте, оцінити загальні економічні збитки лісового господарства України у грошовому вимірі зараз неможливо через динаміку бойових дій у південних та східних областях та відсутності повного переліку втраченого й пошкодженого майна та земель лісового фонду. Дане завдання постане після повного звільнення території України від російських окупаційних військ.

ЛІТЕРАТУРА

1. Довідник показників нормативної грошової оцінки сільськогосподарських угідь в Україні станом на 01.01.2020 (гривень за гектар). Сайт Держгеокадастру України. URL: <https://land.gov.ua/icat/otsinka-zemel/> (дата звернення: 10.05.2022).
2. Інформація про наслідки для довкілля від російської агресії в Україні. Сайт Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України. URL: <https://mepr.gov.ua/news/39028.html> (дата звернення: 07.05.2022).
3. Напрями діяльності. Ліси України. Загальна характеристика лісів України. Сайт Державного агентства лісових ресурсів України. URL: <https://forest.gov.ua/napryamki-diyalnosti/lisi-ukrayini/zagalna-harakteristika-lisiv-ukrayini> (дата звернення: 08.05.2022).
4. Нова реальність для галузі: чим займаються лісівники під час війни. Сайт Державного агентства лісових ресурсів України. URL: <https://forest.gov.ua/news/nova-realnist-dlya-galuzi-chim-zajmayutsya-lisivniki-pid-chas-vijni> (дата звернення: 09.05.2022).
5. Перелік територіальних громад, що розташовані в районі проведення воєнних (бойових дій) або які перебувають в тимчасовій окупації, оточені (блоковані) станом на 25 квітня 2022 року. Затв. Наказом Міністерства з питань реінтеграції тимчасово окупованих територій України від 25.04.2022 р. URL: <https://minre.gov.ua/doc/doc/66> (дата звернення: 08.05.2022).
6. Порядок визначення шкоди та збитків, завданих Україні внаслідок збройної агресії Російської Федерації. Затв. Постановою Кабінету Міністрів України від 20 березня 2022 р. № 326. URL: <https://www.kmu.gov.ua/npas/pro-zatverdzhennya-poryadku-viznachennya-shkodi-ta-zbitkiv-zavdanih-ukrayini-vnaslidok-zbrojnoyi-agresiyi-rosijskoyi-federaciyi-326> (дата звернення: 08.05.2022).
7. Порядок подання інформаційного повідомлення про пошкоджене та знищене нерухоме майно внаслідок бойових дій, терористичних актів, диверсій, спричинених військовою агресією Російської Федерації. Затв. Постановою Кабінету Міністрів України від 26 березня 2022 р. № 380. URL: <https://www.kmu.gov.ua/npas/pro-zbir-obrobku-ta-oblik-informaciyi-pro-poshkodzhene-ta-znishchene-neruhome-majno-vnaslidok-bojovih-dij-teroristichnih-aktiv-diversij-sprichinenih-vijskovoyu-agresiyeyu-380> (дата звернення: 08.05.2022).
8. Сайт Державної служби статистики України. Новини. URL: <http://www.ukrstat.gov.ua/Noviny/new2022/zmist/news/koristuvachi.png> (дата звернення: 07.05.2022).
9. Тарасовський Ю. Новини. Forbes. 11 квітня 2022 р. URL: <https://forbes.ua/news/strimke-padinnya-vvp-dvoznachna-inflyatsiya-zrostannya-rivnya-bidnosti-svitoviy-bank-otsiniv-naslidki-viyini-dlya-ukraini-ta-uf-11042022-5368> (дата звернення: 07.05.2022)

ВІЙНА І СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКЕ ВИРОБНИЦТВО: СВІТОВИЙ ДОСВІД

І.М. Куліш

*ДУ «Інститут регіональних досліджень ім. М.І. Долишнього НАН України»,
м. Львів, Україна
reksi@email.ua*

Воєнні дії на будь-якій території чинять на сільське господарство здвоєний негативний вплив:

- 1) фізичні та матеріальні втрати;
- 2) спричинена війною невизначеність.

У першому випадку після припинення війни шкоду можна досить точно підрахувати, у другому – ситуація складніша і у певному сенсі небезпечніша. На сьогодні складно спрогнозувати обсяги збитків, очікувані внаслідок російської військової агресії, так само складно передбачити наскільки довготривалим буде вплив. З цієї точки зору дуже корисним є вивчення досвіду країн, на території яких військові дії велись із застосуванням зброї, близької за своїми технічними характеристиками до тієї, що застосовується Російською Федерацією проти України.

Серед таких країн, наприклад, В'єтнам, де бойові дії велись за допомогою вогнепальної зброї та гармат майже такого самого рівня, що й в теперішній війні, однак, є певні відмінності – авіація використовується менше, більше ударів завдають реактивні системи залпового вогню та крилаті ракети.

Досвід В'єтнаму свідчить, що, навіть через багато років, після припинення негативного впливу на сільське господарство і вжиття чисельних заходів з відновлення, його загальна продуктивність продовжує залишатись меншою, ніж у довоєнні періоди (майже на чотири відсотки) [1, с. 18], а врожайність основного продукту харчування – рису знизилась до 2,11 т/га [6, с. 6]. Така ситуація стала результатом бойових дій на території В'єтнаму, тому до сьогодні не відновлене біорізноманіття, ліси та землі деградовані, вода та повітря забруднені.

Війна 2011 року значно порушила налагоджену у Сирії систему зрошувального землеробства, обсяги якого зменшились на 15–30 % [5, с. 446].

Непоправних втрат сільському господарству завдає тривала громадянська війна у Колумбії, крім руйнування інфраструктури та фізичного знищення

людського капіталу, суттєво змінилась структура виробництва: фермери почали вирощувати набагато менше багаторічних культур, таких як кава, віддаючи перевагу сезонним, що пов'язане із меншими ризиками, хоч і менш прибуткове. Тому фермери Колумбії почали відводити щораз більші частки своєї землі під вирощування незаконних культур, таких як кока [3]. З часом фермерські господарства країни звикають до життя в умовах постійного конфлікту, однак слід констатувати, що дуже багато родючих земель залишаються необробленими [2].

Внаслідок тривалих воєнних дій (1977–1992 рр. – майже 30 років з малими перервами) значною мірою постраждали сільські території Мозамбіку. За оцінками ЮНІСЕФ, станом на 2010 р., майже через 20 років, валовий внутрішній продукт цієї країни складав лише половину від того, що було б без війни; 500 з 1195 сільських медичних закладів було знищено; зруйновано або закрито 60 % початкових шкіл; 3000 сільських об'єктів торгівлі припинили своє існування [4, с. 77].

Під час війни сільськогосподарським виробниками ризиковано тримати худобу, по-перше, виникають проблеми з реалізацією, по-друге, зростає загроза мародерства і пограбування.

Таким чином, світовий досвід показує, що сільськогосподарське виробництво в умовах війни занепадає, зростає відсоток нераціональних рішень, руйнуються ринкові зв'язки, а загальний клімат для агробізнесу суттєво погіршується. Відповідно відновлення завжди довготривале та вимагає великих матеріальних вкладень.

ЛІТЕРАТУРА

1. Appau S., Churchill S.A., Smyth R., Trinh T.A. (2021). The long-term impact of the Vietnam War on agricultural productivity. *World Development*. 146. 5-35.
2. Arias M.A., Ibáñez A.M., & Zambrano A. (2019). Agricultural production amid conflict: Separating the effects of conflict into shocks and uncertainty. *World Development*. 119. 165-184.
3. Bischler J., Parra-Peña S.R.I. (2015). How violence affects farmers in Colombia and beyond. OCHA <https://reliefweb.int/report/colombia/how-violence-affects-farmers-colombia-and-beyond>.
4. Hanlon J. (2010). Mozambique: «the war ended 17 years ago, but we are still poor». *Conflict, Security & Development*. 10 (1). 77-102.
5. Jaafar H.H., Zurayk R., King C., Ahmad F., & Al-Outa R. (2015). Impact of the Syrian conflict on irrigated agriculture in the Orontes Basin. *International Journal of Water Resources Development*. 31 (3). 436-449.
6. Thanh Ph.L., Tran T.A. (2020). Highly hazardous pesticides in Vietnam: a situational analysis. Report. International Pollutants Elimination Network. 38 p.

ЕКОНОМІКО-ЕКОЛОГІЧНІ ЗБИТКИ ВІД ПСУВАННЯ ЗЕМЕЛЬ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ПРИЗНАЧЕННЯ В РЕГІОНАХ АКТИВНИХ ВІЙСЬКОВИХ ДІЙ

Л.Є. Купінець

*ДУ «Інститут ринку і економіко-екологічних досліджень НАН України»,
м. Одеса, Україна
lek_larisa@ukr.net*

Війна неминуче надає руйнівний вплив землям сільськогосподарського призначення. Відповідно до Додаткового протоколу до Женевських конвенцій від 12.08.1949 р., що стосується захисту жертв міжнародних збройних конфліктів (Протокол I), від 08.06.1977 р. «...заборонено застосовувати методи або засоби ведення воєнних дій, які мають на меті завдати або, як можна очікувати, завдадуть широкої, довгочасної і серйозної шкоди природному середовищу» [1]. Але за попередніми оцінками продуктивні землі зазнали псування природного стану, яке здійснювалось шляхом забруднення токсичними речовинами, в т. ч. тими, що викидаються в атмосферне повітря внаслідок активних бойових дій, засмічення вибухонебезпечними предметами та залишками знешкодженої техніки, порушенням родючого шару ґрунту внаслідок будівництва польових фортифікаційних споруд, що унеможлиблює господарську діяльність або викликає порушення режиму, нормативів і правил використання земель та погіршення їх природної родючості [2].

Порядок визначення шкоди, завданої землям (ґрунтам) сільськогосподарського призначення внаслідок військових дій та ідентифікація видів ушкодження, які підлягають економіко-екологічній оцінці, дозволили визначити типологію збитків (табл. 1).

Шкода масивам земель сільськогосподарського призначення в період активних бойових дій завдається в результаті їх прямого та опосередкованого впливу, що проявляється в засміченні, забрудненні екосистемних (виробничих) активів та інших формах псування земель, зокрема понівеченням однорідності родючого шару.

Збитки, обумовлені факторами прямої та непрямой дії

Збитки, обумовлені факторами прямої дії: засмічення і понівечення земель
<i>1. Збитки від засмічення та псування масивів земель сільськогосподарського призначення:</i>
- розмінування масивів земель сільськогосподарського призначення; - вилучення знищеної військової техніки; - утворення вирв та понівечення однорідності поверхні масивів земель сільськогосподарського призначення внаслідок обстрілів та вибухів на територіях екосистемних активів (полів, земельних ділянках).
<i>2. Збитки від руйнування меліоративних споруд</i>
- руйнування об'єктів інженерної інфраструктури зрошувальних міжгосподарських та внутрішньогосподарських систем.
<i>3. Збитки власникам землі та землекористувачам:</i>
- вартість житлових будинків, виробничих та інших будівель і споруд, включаючи незавершене будівництво; - вартість плодючих та інших багаторічних насаджень; - вартість захисних лісосмуг; - вартість водних джерел (колодязів, ставків, водоймищ, свердловин тощо), зрошувальних і осушувальних систем, протиерозійних і протиселевих споруд; - понесені або необхідні витрати на поліпшення якості земель за період використання земельних ділянок з урахуванням економічних показників, на незавершене сільськогосподарське виробництво (оранка, внесення добрив, посів, інші види робіт), на розвідувальні та проектні роботи; - вартість вкраденої сільськогосподарської продукції та вивезеної з України; - інші збитки власників землі і землекористувачів, у т.ч. орендарів (вартість вкраденої сільськогосподарської техніки); - недержані доходи (якщо вони обґрунтовані).
Збитки, обумовлені факторами непрямой дії: порушення і забруднення ґрунтів, які мають екологічні наслідки
<i>1. Збитки від порушення ґрунтів:</i>
- порушення структури ґрунтів (штучне ущільнення) внаслідок проїзду важкої військової техніки, в т.ч. гусеничної.
<i>2. Збитки від хімічного забруднення ґрунтів:</i>
- витік (просочення) палива та паливно-мастильних матеріалів, пожежі від знищення техніки та забруднення на місцях її тимчасового базування.
<i>3. Збитки ґрунтам від небезпечних викидів в атмосферу під час обстрілів:</i>
- закислення ґрунтів кислотними дощами від дії вибухових боєприпасів в ході бойових дій, вибухів на військових об'єктах (арсеналах, сховищах боєприпасів), руйнування об'єктів критичної інфраструктури після ураження із реактивних систем залпового вогню (паливні склади, підприємства хімічної промисловості).
<i>4. Збитки об'єктам екологічної інфраструктури (несільськогосподарські угіддя):</i>
- вирубування лісозахисних смуг з метою будівництва укріплень та траншей.
<i>5. Збитки, завдані екосистемним активам (земельні ресурси):</i>
- вартість екосистемних послуг.
<i>6. Витрати на оцінювання збитку:</i>
- визначити компонентну структуру витрат, враховуючи витрати при розрахунку збитків по всім елементам псування сільськогосподарських земель.

Землі вважаються засміченими, якщо на відкритому ґрунті наявні уламки та залишки летального озброєння, гільзи та неушкоджені снаряди, що призвело

або може призвести до забруднення навколишнього природного середовища. Землі сільськогосподарського призначення вважаються забрудненими, якщо в їх складі виявлені негативні кількісні або якісні зміни, що сталися в результаті бойових дій або тимчасового розміщення бойової техніки окупанта, внаслідок чого на поверхні (глибині) ґрунтів з'явилися токсичні речовини, яких раніше не було (за даними агрохімічного паспорту земельної ділянки) і не могло бути, враховуючи їх специфіку. Визначення обсягу засмічення (забруднення) та інших проявів псування земель сільськогосподарського призначення у кожному випадку є самостійним завданням через різноманітність ґрунтів та особливостей умов їх відновлення [3-5].

Особливим видом збитків є збитки від порушень ґрунтів, які мають екологічні наслідки (табл. 1). Розрахунок фактичного збитку найчастіше здійснюється опосередковано, шляхом визначення додаткових витрат на проведення робіт з відновлення ґрунтів у рекомендований для конкретного пошкодження спосіб. Активні бойові дії призвели до масштабного знешкодження обома сторонами важкої військової техніки як в ході бойових дій, так і в місцях її тимчасового базування. Це призвело до масштабного забруднення ґрунтів паливно-мастильними матеріалами, технічними речовинами та, в деяких випадках, тривалого вигорання родючого шару. Руйнівна дія вибухів бойових комплектів, які застосовуються військовими підрозділами, ураження складів (сховищ) боєприпасів та складів продукції хімічної промисловості мають не тільки прямий, але й опосередкований вплив на земельні ресурси, оскільки викид небезпечних речовин в атмосферу в результаті потужних та чисельних вибухів та пожеж суттєво збільшується, рівень забруднення зростає, утворюється пилогазова хмара, зворотня дія якої проявляє себе у вигляді опадів (кислотних дощів, снігу, граду, туману) та «сухого осадження» пилу та газів. Характер аномальних кислотних опадів та осаджень залежить від складових вибухової речовини, яка внаслідок вибуху та при певних умовах його здійснення утворює небезпечні речовини, що погіршують кислотність ґрунтів, впливають на урожайність культур, знищують

лісосмуги. Оцінці підлягають і матеріальні екосистемні послуги від земельних активів. Не всі можливо розрахувати. Оцінити послугу можна через можливі втрати й збитки від її недоотримання, які складуть розмір компенсації від втрати екосистемних функцій. Загальна вартісна оцінка збитків стане основою доказової бази та майбутніх відшкодувань.

ЛІТЕРАТУРА

1. Додатковий протокол до Женевських конвенцій від 12 серпня 1949 року, що стосується захисту жертв міжнародних збройних конфліктів (Протокол I), від 8 червня 1977 року. Частина III. Розділ I «Методи та засоби ведення війни». Стаття 35 «Основні норми», п. 3). URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995_199#Text
2. ЗУ «Про державний контроль за використанням та охороною земель» від 19.06.2003 №963-IV, редакція від 27.05.2021). Ст. 1. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/963-15#Text>
3. Наказ від 04.11.2020. № 241 «Про затвердження Змін до Методики визначення розмірів шкоди, зумовленої забрудненням і засміченням земельних ресурсів через порушення земельного законодавства».
4. Постанова КМ України «Про затвердження Методики визначення розміру шкоди, заподіяної внаслідок самовільного зайняття земельних ділянок, використання земельних ділянок не за цільовим призначенням, псування земель, порушення режиму, нормативів і правил їх використання» від 25.07.2007. № 963 зі змінами, внесеними згідно з Постановою КМ України від 16.02.2022. № 131.
5. Постанова КМ України «Про внесення змін до Методики визначення розміру шкоди, заподіяної внаслідок самовільного зайняття земельних ділянок, використання земельних ділянок не за цільовим призначенням, зняття ґрунтового покриву (родючого шару ґрунту) без спеціального дозволу» від 09.09.2020. № 800.

ЕКОЛОГІЧНЕ КАРТОГРАФУВАННЯ ЗОН ТЕХНОГЕННОГО ЗАБРУДНЕННЯ ДОВКІЛЛЯ, СПРИЧИНЕНОГО РОСІЙСЬКОЮ ВІЙСЬКОВОЮ АГРЕСІЄЮ

Н.В. Льовіна

*Державний біотехнологічний університет,
м. Харків, Україна
nalia.lovina@gmail.com*

Широкомасштабне російське вторгнення в Україну створило численні екологічні ризики, які загострюються і загрожують глобальною катастрофою. На даний час в Україні відбувається зростання екологічних і техногенних загроз, забруднення токсичними речовинами ґрунтів, спричинених російською агресією. Війна вже призвела до тисяч жертв, та серйозної шкоди для економіки, інфраструктури, довкілля та природної спадщини України, тож важливо мати детальні екологічні карти із зображенням рівня розвитку екологічної кризи у межах конкретних територіальних одиниць для подальшого їх вирішення та запобігання появи нових [1].

Найбільш актуальними проблемами екологічного забруднення є:

1) пошкодження ядерних установок, загрози ядерній та радіаційній безпеці. Ядерна та радіаційна безпека об'єктів у Чорнобильській зоні відчуження залишається предметом серйозного занепокоєння. Повна інформація про стан цих об'єктів наразі недоступна. Останні дані із Автоматизованої системи контролю радіаційного стану показали перевищення радіаційного фону у 8 разів. Причина – порушення забрудненого радіонуклідами ґрунту внаслідок переміщення військових угруповань [2];

2) лісові пожежі в Чорнобильській зоні відчуження. Внаслідок захоплення окупантами Чорнобильської зони відчуження радіаційна катастрофа загрожує не лише через аварії на промислових об'єктах, а й внаслідок випалювання лісів та перелогів, які після катастрофи 1986 року накопичили у собі значну кількість радіонуклідів. За місяць російського вторгнення та окупації Зони відчуження там було виявлено понад 30 осередків великих загорянь площею близько 10287 га. Остання велика пожежа була площею 176 га;

3) нещодавні атаки на інфраструктурні та промислові об'єкти. РФ постійно здійснює ракетні обстріли сховищ нафтопродуктів по всій території України. Руйнування нафтобаз та великі пожежі призводять до токсичного забруднення атмосферного повітря, забруднення земель і водних ресурсів шкідливими речовинами по всій Україні;

4) хімічне забруднення. Російські війська все частіше використовують заборонені запалювальні боєприпаси з білим фосфором. Це загрожує масштабними пожежами та хімічним забрудненням ґрунтів. На Луганщині під час обстрілів Попасної та Рубіжного застосували фосфорні бомби. Також фосфорні бомби були скинуті на місто Мар'янка Донецької області та на околицях Києва спричинивши десяток пожеж.

Шкода довкіллю від російського вторгнення є величезною і зростає з кожним днем. Розливи палива, забруднення від знищеної військової техніки та озброєння, а також розірвані ракети та авіабомби – все це забруднює ґрунт і підземні води хімічними речовинами та важкими металами, що тимчасово

унемоżliвлнює подальше використання цих територій. По Україні вже було запущено понад 1370 ракет, також знищено близько 4000 одиниць російської військової техніки різних типів. Це призводить до накопичення канцерогенного сміття. Після війни наслідки для довкілля будуть проявлятися роками;

5) шкода заповідникам та екосистемам, що охороняються. Сьогодні понад третина території заповідних зон використовується російськими військами у бойових діях проти Українського народу. На даний час десятки природно-біосферних заповідників і національних природних парків зазнали значної шкоди внаслідок російської агресії. Агресор веде бойові дії на території 900 об'єктів природно-заповідного фонду площею 1,24 млн га. Під загрозою знищення знаходяться близько 200 територій Смарагдової мережі площею 2,9 млн га [3];

6) шкода водним ресурсам. Під час обстрілів і бомбардувань міст та інфраструктури було завдано значної шкоди системам водопостачання, водовідведення та комунікаціям. Це загрожує запасам прісної води, спричиняє забруднення річок, які є джерелами водопостачання для промислових, комунальних підприємств та окремих домогосподарств. Через це неочищені стічні води із Сєвєродонецька, Лисичанська, Рубіжного, Попасної та частини Запоріжжя забруднюють водні ресурси;

7) шкода Чорному та Азовському морям. У випадку з Чорним морем є грубі порушення Бухарестської конвенції про захист Чорного моря від забруднення.

Ми бачимо очевидну неможливість подальшого розгляду екологічних питань без залучення всього комплексу інформації про діяльність людини і особливостей компонентів довкілля та ландшафтів загалом.

Будь-яка природоохоронна діяльність здійснюється в межах конкретних територій [4]. Планування, реалізація і контроль результатів природоохоронних заходів вимагають об'єктивної інформації про екологічну ситуацію в її динаміці. Отримання і територіальна інтерпретація такої інформації – завдання екологічного картографування і моніторингу. Екологічне картографування в основному орієнтується на географічне забезпечення державних і регіональних

програм природоохоронної спрямованості. Його метою є узагальнення всієї потрібної інформації з її точною територіальною прив'язкою в найбільш зручній для зіставлення та аналізу формі [5].

Як показано вище, екологічне картографування є необхідністю для подальшого ведення будь-якої діяльності на території України.

ЛІТЕРАТУРА

1. Довгий С.О., Лялька В.І. Інформація аерокосмічного землезнавства. Київ. Наук, думка, 2001. 126 с.
2. Копач П.І. Комплексний кадастр природних ресурсів території як інформаційна основа вибору стратегії сталого розвитку. *Екологія і природокористування*: зб. наук. праць. Вип. 2. Дніпропетровськ, 2009. С. 162-165.
3. Опара В.М., Тишковець В.М. Особливості екологічного картографування в Україні. *Проблеми безперервної географічної освіти і картографії*: зб. наук. праць. Вип. 15. 2012. С. 102-105.
4. Тітова С.В., Новосвітна А.О. Картографічний метод та системний підхід у наукових дослідженнях. *Картографія та вища школа*: зб. наук. праць. К., 2008. С. 158-169.
5. Тітова С.В., Дудун Т.В. Картографічні методи в екології: навчально-методичний посібник К.: ННЦ Інститут біології, 2015. 139 с.

ДО ПИТАННЯ ЩОДО ЕКОЛОГІЧНИХ НАСЛІДКІВ, СПРИЧИНЕНИХ ВІЙСЬКОВИМИ ДІЯМИ НА ТЕХНОГЕННО НАВАНТАЖЕНИХ ТЕРИТОРІЯХ УКРАЇНИ

Н.С. Остапенко, Л.В. Бондаренко, В.А. Кириченко, С.В. Крючкова

Інститут геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України,

м. Дніпро, Україна

ianatali1978@gmail.com

З екологічної точки зору, військові дії завжди супроводжуються негативними змінами в компонентах навколишнього середовища, аж до їх руйнування. При плануванні та веденні бойових дій турбота про природне середовище стоїть на останньому місці, незважаючи на довгострокові негативні наслідки для всіх її складових та населення. Військові зіткнення призводять до цілого ряду небезпечних впливів на землі та ландшафти, рослинність, поверхневі та підземні води, а також значно збільшують ризик виникнення аварійних ситуацій на промислових підприємствах та інфраструктурних об'єктах. Саме цим і зумовлена актуальність своєчасної оцінки порушень

екологічного стану компонентів довкілля, у тому числі й щодо знищення біорізноманіття, на територіях ведення бойових дій, особливо у техногенно перевантажених регіонах України. Основні екологічні наслідки, спричинені військовими діями залежно від масштабності застосування озброєння та їх видів наведено у таблиці 1.

Таблиця 1

Характер екологічних наслідків військових дій

№	Події збройних сил	Екологічні наслідки	
		прямі	непрямі
1	Пересування підрозділів у зв'язку з воєнними діями	неупорядковане, стихійне, лінійне та смугастоподібне руйнування ґрунтово-рослинного покриву (трава, чагарник, лісосмуги тощо)	виникнення вогнищ дефляції, порушення водотока солеперенесення, локальне забруднення ґрунтів та поверхневих вод
2	Військово-інженерні (земляні) роботи з будівництва оборонних та інших об'єктів (окопи, блокпости тощо)	зміна рельєфу, утворення штучних виїмок та відвалів, поверхневий та глибинний вплив на ґрунт, підстилаючу породу та рослинність, знищення рослинного покриву	вітрова та водна ерозія, порушення водно-повітряного режиму ґрунтів, порушення природного ґрунтового процесу відновлення тощо
3	Тимчасова та довгострокова дислокація збройних сил	знищення та порушення ґрунтів і рослинності, вирубування деревних порід та чагарників, забруднення ґрунтів, поверхневих та підземних вод стоками, відходами	площинна, поверхнева та приповерхнева зміна умов розвитку ґрунтів та рослинного покриву; біологічне забруднення ґрунтів та водоєм
4а	Дії збройних сил: щодо знищення противника, військової техніки, оборонних об'єктів, складів тощо;	руйнування ґрунтово-рослинного покриву, загибель фауни, втрата біорізноманіття, скорочення кількості мікроорганізмів, деформація та ущільнення ґрунтів, скорочення пористості та вологості,	аккумуляція важких металів, вилюговування поживних речовин із ґрунтів та їх виснаження, збільшення мутності води, засолення, заболочування, розвиток яружно-балкової мережі, опустелювання, зростання зсувів; отруєння джерел питної води та підземних вод
4б	по руйнуванню господарських і природних об'єктів та інфраструктури (у разі «екологічних війн»)	видозміна рельєфу, знищення лісів, забруднення повітря, ґрунтів, поверхневих та ґрунтових вод	
5	Створення мінних полів та «позаштатне» спрацювання боєзапасу	порушення ґрунту та рослинного покриву, загрози для фауни	накопичення важких металів, отруєння підземних вод та джерел питної води; вилучення земель із сівозміни
6	Масові поховання	забруднення повітря, ґрунтів, поверхневих та підземних вод, небезпека від патогенних мікроорганізмів	отруєння підземних вод та джерел питної води, створення умов розвитку патогенної мікробіоти

Вплив військових дій на ґрунтово-рослинний покрив, і в цілому на навколишнє середовище, можна класифікувати за такими ознаками: а) прямий і непрямий вплив; б) первинність і вторинність виникнення; в) масштабність; г) тривалість і повторюваність. Прямий вплив пов'язаний із безпосередньою зміною поверхні внаслідок вибуху, а непрямий – викликається ударною хвилею та порушенням стійкості ґрунтового покриву. На рівнинах непряма дія відносно незначна, а в гірських умовах – значна і залежить від крутості схилу, маси ґрунту, що переміщується через активізацію ерозійних процесів. Не менш небезпечне і хімічне забруднення ландшафту, причому не тільки отруйними речовинами, а й цілою низкою важких металів, що містяться в снарядах, мінах та ін. Обмеження на використання певних шкідливих речовин, що діють для цивільних об'єктів, часто не поширюються на збройні сили. Крім того, важливі й наслідки від використання власне зброї: звичайні кулі в основному складаються зі свинцю; кулі, що пробивають танкову броню, містять уран; вибухові речовини мають у своєму складі вуглець та азот, а іноді й меркурій.

До наслідків військових дій для земельних угідь можна віднести ерозію і відсутність відновлення навколишнього середовища (або зростання рослинності, що значно відрізняється від ендемічної) в результаті знищення лісів, сповзання пісків. В результаті руйнування інфраструктури можуть спостерігатися такі наслідки воєнних дій: хімічні та радіоактивні викиди зі зруйнованих заводів та складів; підпалювання нафтових свердловин; бактеріальне забруднення води (в результаті ушкодження каналізаційних систем); затоплення земель внаслідок руйнування гребель та іригаційних систем. Також одним із серйозних видів екологічних збитків є матеріальні залишки воєнних дій, так зване «відлуння війни». Лихо не закінчується з настанням миру: в землі залишаються міни, авіаційні бомби, що не розірвалися, снаряди та інші боєприпаси.

Внаслідок заподіяння прямої шкоди виробничій інфраструктурі та обладнанню, аварійних зупинок підприємств через пошкодження та відсутність сировини, енергоносіїв та електроенергії значно зростають ризики негативного впливу на природне середовище регіону. В одних випадках це призводить до аварійних залпових викидів та скидів шкідливих речовин, в інших – до тривалої

дії на навколишнє середовище за рахунок зниження ефективності очищення та використання для виробництва низькоякісної, часто нестандартної сировини.

В промислово розвинених регіонах бойові дії часто впливають на природне середовище побічно – за рахунок пошкодження виробничої та інженерної інфраструктури, а також порушення встановленої технологічної та господарської діяльності підприємств. Зафіксовано випадки відключення вугледобувних підприємств від електропостачання – при цьому відключення від живлення вентиляційних систем призводило до промислових аварій та залпових викидів шахтних газів, включаючи метан та шкідливі домішки. Порушення електропостачання насосних станцій в системах водовідведення шахтних вод у ряді випадків призвело до повного затоплення шахт, підтоплення прилеглих територій та забруднення підземних вод. Внаслідок підтоплення територій, збільшення викидів шкідливих речовин, а також при масштабному розливі та згоранні паливно-мастильних матеріалів відбувається забруднення ґрунтів на досить значних територіях, при цьому важливо мати довгострокові прогнози розвитку природно-заповідного фонду з урахуванням мінерально-сировинної бази України, як основи подальшого промислового розвитку на державному та регіональному рівнях та найважливішої складової техногенного навантаження, а також оцінку збалансованості розвитку території України, з виділенням зон з недостатньою забезпеченістю об'єктами природно-заповідного фонду.

РИЗИК РАДІОАКТИВНОГО ЗАБРУДНЕННЯ СПРИЧИНЕНОГО РОСІЙСЬКОЮ ВІЙСЬКОВОЮ АГРЕСІЄЮ

М.М. Ступницька¹, Л.Ю. Матвійчук²

¹ *Волинський національний університет імені Лесі Українки*

² *Луцький національний технічний університет,*

*м. Луцьк, Україна
mariya2002@ukr.net*

Від початку російського вторгнення в Україну, майже щодня фіксується ряд воєнних злочинів проти довкілля на території України. Збитки, пов'язані із забрудненням довкілля вражають, а організації повідомляють, про документування більше ста військових злочинів. Ризик ядерної небезпеки, через захоплення Чорнобильської та Запорізької атомних електростанцій,

шокувала весь світ. Відповідно до міжнародних норм та правил (Женевські конвенції), застосування методів або засобів ведення війни, що можуть завдати шкоду довкіллю, категорично заборонено міжнародним правом. Проте, ситуація в Україні щодо ризиків екологічного забруднення через агресивні дії Росії, залишається складною та потребує додаткового вивчення.

Катастрофа на Чорнобильській АЕС у 1986 році була масштабною і мала значний вплив не тільки на територію України, а й на весь світ, її наслідки ще будуть відчутні багато років. Аварія на ЧАЕС визнана найбільшою катастрофою за всю історію ядерної енергетики. Довгий час, забруднена територія була заборонена для відвідування, але нещодавно вона перетворилась в потужну атракцію для туристів. Так, атракція відігравала як туристичну, так і історичну роль, демонструючи жахливі наслідки від недолугого керування техногенними об'єктами [2].

Під час вторгнення російські війська захопили Чорнобильську атомну електростанцію та інші атомні об'єкти в Чорнобильській зоні відчуження. З того часу на території фіксується підвищений радіаційний фон, оскільки важка бронетехніка та інший транспорт переміщуються по забрудненим ґрунтам і підіймають радіоактивний пил у повітря [1].

Внаслідок пошкодження російськими військами високовольтної лінії 750 кВ ЧАЕС – Київська, Чорнобильська АЕС і всі ядерні об'єкти Зони відчуження залишилися без електропостачання. Крім того, окупанти розграбували і знищили новітню Центральну аналітичну лабораторію, яка була унікальним комплексом послуг на будь-якому етапі поводження з радіоактивними відходами, від кондиціонування до захоронення.

Через інтенсивні обстріли з боку російських військ у зоні відчуження в районі ЧАЕС почалися масові пожежі. Вогонь охопив більше 10 тис. гектарів лісу, роботу пожежників було ускладнено діями російських окупантів.

Так, внаслідок створення фортифікаційних споруд, розгортання ґрунту та руху техніки російські військові порушили верхній ґрунтовий шар, що містить радіонукліди та отримали дозу опромінення за час перебування у Зоні

відчуження. Крім того, вже відомі факти щодо смерті російських військових від променевої хвороби.

Варто зазначити, що ризик радіоактивного забруднення внаслідок російської збройної агресії, відбувся через захоплення частини Запорізької області, окупанти захопили найбільшу АЕС Європи, яка розташована саме в цій області, і продовжували вести бої на її території, що могло спричинити ще більш масштабнішу трагедію, ніж була у 1986 році.

Білоруські засоби масової інформації неодноразово повідомляли про підвищений радіаційний фон, після вищезгаданих подій. Доказом цього є вириті загарбниками окопи в зоні відчуження, сліди важкої техніки в рудому лісі (близько 10 км² вкритої лісом території, прилеглої до Чорнобильської АЕС, яка взяла на себе найбільшу частку викиду радіоактивного пилу під час вибуху реактора в 1986 році). Неодноразово з'являлася інформація, що в білоруському науково-практичному центрі радіаційної медицини та екології людини в місті Гомель регулярно прибували російські солдати, що дислокувались в Чорнобильській зоні відчуження [3].

Таким чином, зазначене свідчить про наявність ризику радіоактивного забруднення спричиненого російською військовою агресією. Сучасні події в Україні та поведінка Росії вимагає негайного втручання міжнародної спільноти в повному обсязі. Для усунення зазначених ризиків, потрібно негайно зупинити агресора та ядерного терориста – Російську федерацію та притягнути до відповідальності за усі спричинені злочини.

ЛІТЕРАТУРА

1. Всеукраїнська екологічна ліга. 26 квітня – роковини Чорнобильської катастрофи. Міжнародний день пам'яті жертв радіаційних аварій і катастроф. URL: <https://www.ecoleague.net/pres-tsentr-vel/novyny>
2. Фізичне забруднення довкілля. Радіоактивне (радіаційне) забруднення. URL: <https://ecologyknu.wixsite.com/ecologymanual/11-7>
3. Інформація про наслідки для довкілля від російської агресії в Україні 24 лютого – 18 березня 2022 року. URL: <https://mepr.gov.ua/news/39062.html>

ПОШИРЕННЯ АДВЕНТИВНОГО ВИДУ *IVA XANTHIIFOLIA* NUTT.
В УКРАЇНІ

Є.Д. Ткач, А.А. Бунас, Т.В. Пилипчук

Інститут агроекології і природокористування НААН України,

м. Київ, Україна

Bio-206316@ukr.net

В умовах сьогодення наукові спільноти світу серйозно стурбовані проблемою збільшення адвентивних видів у складі регіональних флор, адже чужорідні види зустрічаються у всіх куточках світу, окрім Антарктиди. Середня частка адвентивних видів флори становить 5–15 % у регіональних флорах, 11 % на континентах, 31 % – на островах, 50 % – в урбосистемах та сільському господарстві, 22 % – ліси помірної пояси [1].

Глобалізація світу спричиняє посилення розвитку процесів синантропізації рослинного покриву. Поширення адвентивних видів (у тому числі фітоінвазій) визнано однією з головних загроз знищення біорізноманіття різних екосистем. На даний час у флорі України не знайти жодного флорокомплексу, у якому б не брали участь адвентивні рослини [2, 5]. Основними процесами антропогенної трансформації природних ландшафтів є занесення, розповсюдження та натуралізація адвентивних рослин, що вкорінюються не лише в антропогенно трансформовані екосистеми, а й у природні, створюючи цим загрозу існуванню автохтонних видів.

Проблема фітоінвазій в Україні, де адвентивні види судинних рослин становлять 14 % стає дуже гострою. Серед флори України до високоінвазійних видів належать: амброзія полинолиста (*Ambrosia artemisiifolia* L.), циклохена (*Iva xanthiifolia* Nutt.), золотарник канадський (*Solidago canadensis* L.), борщовик Сосновського (*Heracleum sosnowskyi* Mandem.) та багато ін. [3, 6, 7].

Відомо, що різні вікові стани одного і того самого виду мають різний вплив як на культурну рослину, так і на інші види в угрупованні. При оцінюванні негативного впливу карантинних видів важливо поряд з видовим різноманіттям, траплянням та щільністю популяцій (рясністю) знати спектр їх вікових онтогенетичних станів. На основі цього Л.А. Животовський

запропонував визначати енергетичну ефективність окремої популяції [4]. Адже, вивчення особливостей онтогенезу та структури ценопопуляції дозволяє говорити про процвітання або пригнічення того чи іншого виду в конкретному місцезростанні. Для встановлення потенціалу заносних видів цей показник має велике значення.

За еколого-біологічною характеристикою *Iva xanthiifolia* Nutt. – евкенофіт північноамериканського походження, епекофіт, аколотофіт, агрофіт-екофіт, терофіт, рудерант, мезофіт, полігемероб, адвент. Характеризується вид високим класом частоти трапляння та рясності.

У наших дослідженнях визначено енергетичні навантаження виду *Iva xanthiifolia* Nutt. на угруповання напівприродних фітоценозів агроландшафтів. Це дозволило визначити потенціал антропофітів в агроландшафтах та окреслити їх екологічну загрозу поширення. В ценопопуляціях з *Iva xanthiifolia* Nutt. проведено облік чисельності особин різних вікових станів на 10 облікових ділянках площею 1 м². Досліджували лісосмуги, луки, старі сади, балки, долини ставів та степові урочища – як еталонні ділянки.

У вертикальній структурі досліджуваних фітоценозів популяції цихлахени нетреболистої в період описів займали середній та верхній яруси, виступаючи едифікаторами або домінантами. Щільність популяцій в угрупованнях (чисельність на 1 м²) варіювала від 3 до 14 особин в степових ділянках, від 26 до 75 особин в лісосмугах, луках, долинах ставів, балках та старих садах та від 61 до 93 особин на 1 м² в агроценозах кукурудзи.

В фітоценозах популяції *Iva xanthiifolia* Nutt. були присутні вікові стани догенеративного та генеративного етапу – сходи, ювенільні, іматурні, віргінільні, початок цвітіння, масове цвітіння, масове цвітіння та плодоношення. За такої різноманітності вікових спектрів та щільності виду енергетичне навантаження популяцій циклахени має значний вплив на популяції інших видів в угрупованні.

Найбільшого впливу зазнавали фітоценози лісосмуг та балок, де енергетичне навантаження ценопопуляції циклахени відповідно становило 43,7 та 47,9. Ценопопуляції заносного виду значно впливали на угруповання

лучних екосистем та старих садів – енергетичне навантаження відповідно коливалося від 34,5 до 35,1 та від 34,2 до 37,4. Найменшого енергетичного навантаження від ценопопуляцій циклахени зазнали степові угруповання напівприродної різноманітності, енергетичне навантаження було в межах 2,4–6,2. Ценопопуляції *Iva xanthiifolia* Nutt. в агроценозах коливалися від 34,6 до 62,5 (рис. 1).

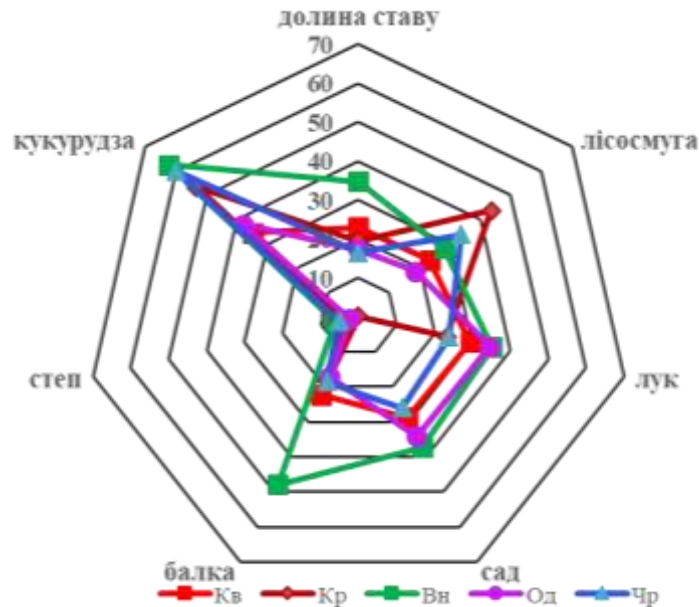


Рис. 1. Ценопопуляції *Iva xanthiifolia* Nutt. в напівприродних фітоценозах агроландшафту

Примітка: Кв – Київська область; Кр – Кіровоградська область, Вн – Вінницька область, Од – Одеська область, Чр – Черкаська область.

Така висока енергетична ефективність виду навантаження вказує на значний вплив виду на агроценоз. Але в зв'язку з тим, що дослідження стану ценопопуляцій вивчалось у період, коли культура домінувала у вертикальній структурі агроценозу, вплив циклахени вже був незначним, тобто, адвент не пригнічував ріст і розвиток кукурудзи. Так як візуального впливу на стан посівів адвент не мав, скоріш за все, основний його вплив буде відзначатися на урожайності культури.

Аналіз результатів дослідження популяцій циклахени за їх енергетичним навантаженням (співвідношенням фізичної і ефективною щільності) свідчить, що в популяціях цього виду різниця між цими показниками суттєва. А це свідчить про те, що ценопопуляції заносного виду є незрілими і здатними до подальшої експансії.

ЛІТЕРАТУРА

1. Oitsius, L.V.; Volovyk, P.H.; Doletskyi, S.P.; Lysytsya, A.V. Distribution of adventive species *Solidago canadensis*, *Phalacrolooma annuum*, *Ambrosia artemisiifolia*, *Heracleum sosnowsky* in phytocenoses of Volyn' Polissya (Ukraine). *Biosyst. Divers.* 2020, № 28, P. 343-349.
2. Tkach E., Dovgych K., Starodub V. Taxonomic and typological analysis of adventive flora fraction of semi-phytocenoses. *Агроекологічний журнал.* 2014. № 1. С. 83-88.
3. Богословська М.С., Стародуб В.І., Ткач Є.Д. Особливості поширення *Ambrosia artemisiifolia* L. у фітоценозах селітебних територій Вінничини. *Наукові доповіді НУБіП України.* 2012. №7 (37).
4. Ткач Є.Д., Стародуб В.І., Богословська М.С., Довгич К.І. Екологічна оцінка заносних видів рослин в агроландшафтах центрального Лісостепу. *Агроекологічний журнал.* 2011. № 4. С. 82-86.
5. Лук'янчук Н.Г. Моніторинг поширення адвентивної флори у паркових фітоценозах Львова. *Екологічна безпека об'єктів туристично-рекреаційного комплексу: матеріали I міжн. наук.-практ. конф. Львів: ЛДУБЖД, 2019. С. 38-39.*
6. Tkach E.D., Starodub V.I., Shavrina V.I., Krizanivsky A.B., Mudrak G.V. Segetal fitobiota agrotcenozov Forest-Steppe of Ukraine. *American Journal of Agricultural Economics.* 2017. Is. 5 (2), Vol. 99. P. 1233-1239.
7. Ткач Є.Д., Шерстобоева О.В. Екологічні аспекти інвазії *Iva xanthiifolia* Nutt. в агрофітоценози. *Агроекологічний журнал.* 2013. № 3. С. 75-81.

ЕКОЛОГІЧНІ НАСЛІДКИ БОЙОВИХ ДІЙ ДЛЯ СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА УКРАЇНИ

Д.В. Чуйко

*Державний біотехнологічний університет,
м. Харків, Україна
chuiko93ua@gmail.com*

Ведення активних бойових дій є руйнівним наслідком для багатьох галузей України. В тому, числі для сільського господарства та навколишнього середовища, які тісно пов'язані між собою. Зараз складно говорити про масштаби наслідків війни, але їх можна чітко спрогнозувати.

Будь-які військові дії несуть величезні екологічні загрози для населення, втім бойові дії в Україні можуть призвести до катастрофічних наслідків для навколишнього середовища.

Серед основних загроз повномасштабного вторгнення агресора на території України уже відмічаються незворотні наслідки для екології такі як: зміни ландшафтного середовища; руйнування інфраструктури; втрата біорізноманіття і загроза червонокнижній флорі та фауні; пожежі в

екосистемах, які виникають через ведення активних бойових дій та природних факторів і неможливості їх локалізації; хімічне забруднення ґрунтів, водою та повітря від обстрілів артилерії й ракетної зброї, забруднення нафтопродуктами.

Аналізуючи загрози можна спрогнозувати додаткові наслідки для сільського господарства, а саме: неконтрольоване розмноження карантинних бур'янів, шкідників та хвороб рослин на сільськогосподарських землях, де є неможливим повноцінний догляд за посівами або, де ведення сільського господарства взагалі неможливе. Згідно з даними Міністерства аграрної політики та продовольства України у 2022 році близько на 20 % сільськогосподарської землі (без урахування тимчасово окупованих територій АР Крим, Донецької та Луганської області в межах до 24 лютого) ведення сільськогосподарських робіт неможливо [1, 2].

Важкі наслідки буде мати хімічне забруднення територій залишками ракетного палива та низкою інших хімічних речовин таких як: бурий газ (NO), оксид азоту (N₂O), діоксид азоту (NO₂), формальдегід (CH₂O), пари ціанистої кислоти (HCN), азот (N₂). Вибухи від застосування реактивних систем залпового вогню та артилерії руйнують ландшафт територій, відбувається руйнація верхнього шару, що може пришвидшувати процес ерозії ґрунту.

Попри те, що РФ є підписантом Женевської конвенції в якій вказано, що «заборонено застосовувати методи або засоби ведення воєнних дій, які мають на меті завдати або, як можна очікувати, завдають широкої, довготривалої й серйозної шкоди природному середовищу». Втім, на цей момент не відмічається дотримання РФ даної конвенції.

Відновлення довкілля після закінчення війни, буде довготривалим та займе десятки років. Для початку процесу відновлення постраждалих територій потрібно буде залучати всі наукові та технічні можливості. На сьогодні є багато наукових досліджень, що базуються на застосуванні сучасних біопрепаратів та методів вирощування сільськогосподарської продукції на землях забруднених важкими металами та іншими токсичними речовинами. Перевагою застосування яких є їхня здатність підвищувати ефективність використання рослиною

поживних речовини та максимально реалізувати генетичний та фізіологічний потенціал, бути не токсичними для рослини та середовища і нейтралізувати дію важких металів в ґрунті [4, 5].

Також, розглядаючи варіанти для відновлення територій, які постраждали від вибухів боєприпасів та ракет, доцільним було б створення так званих «куточків природи», де будуть насаджені лісові масиви.

Російська збройна агресія створює не лише техногенні й екологічні катастрофи, але також руйнує природні території, які є середовищем існування рідкісних видів, які знаходяться під загрозою зникнення. За даними Української природоохоронної групи, 44 % найцінніших територій природно-заповідного фонду опинилися в зоні бойових дій, під тимчасовим контролем російських загарбників або є недоступними для України [3].

ЛІТЕРАТУРА

1. Головна. Головна | Міністерство аграрної політики та продовольства України. URL: <https://minagro.gov.ua/> (дата звернення: 30.05.2022).
2. Природа та війна: як військове вторгнення Росії впливає на довкілля України. *Екодія*. URL: <https://ecoaction.org.ua/prygoda-ta-vijna.html> (дата звернення: 30.05.2022).
3. Військова токсикологія, радіологія та медичний захист: підручник / за ред. Ю.М. Скалецького, І.Р. Місули. Тернопіль : Укрмедкнига, 2003. 361 с.
4. Gruznova K.A., Bashmakov D.I., Miliuskienė J., Vaštakaitė V., Duchovskis P., Lukatkin A.S. The effect of a growth regulator Ribav-Extra on winter wheat seedlings exposed to heavy metals. *Zemdirbyste-Agriculture*. 2018. Vol. 105, № 3. P. 227-234.
5. Брагін О.М., Чуйко Д.В. Способи підвищення продуктивності ліній соняшника та інших сільськогосподарських культур з використанням регуляторів росту. *Вісник ХНАУ. Серія: Рослинництво, селекція і насінництво, плодоовочівництво*. 2019. № 1. С. 107-117.
6. Економічна правда. Місяць війни. Злочини проти довкілля. Економічна правда. URL: <https://www.epravda.com.ua/columns/2022/03/26/684714/> (дата звернення: 30.05.2022).

MORPHOLINE: A MAN MADE MICRO-POLLUTANT AND ITS IMPACT ON ENVIRONMENT

Rupak Kumar

Central Drugs Standard Control Organization,

New Delhi, India

rupakraman@gmail.com

Several arrays of pollutants have been identified so far which briefly could be grouped into three main classes based on the nature of source: physical (particulate matter), chemical (various classes of synthetic organic and inorganic compounds), and biological (pathogenic micro-organisms). Most of these agents have grabbed attention as being hazardous to health in turn accounting for initiation and progression of certain life-threatening diseases and its related complications.

Synthetic chemicals are considered as one of the leading attributes of man-made cause of chemical pollutant. Because of their weird physico-chemical nature, they are recalcitrant and persistent towards the environment. Morpholine and its derivatives (MAID) are one such class of synthetic chemicals which are found in effluents of textile and other industries like paper, iron, agriculture, personal care, pharmaceutical, nuclear power plant and rubber contributing to water pollution [1]. Morpholine is simple heterocyclic secondary amine, colorless, hygroscopic liquid bearing characteristic amine odor, and high solubility in water so that significantly used in different industrial application [2]. Due to its broad applications in various manufacturing processes, it is one of the major contributors of water pollutant as a source of chemical oxygen demand indicator in different industrial discharges. In the environment, the majority of morpholine exposure comes through water and leads to formation of human carcinogen namely N-nitrosomorpholine (NMOR) by the process of natural nitrosation [3]. Also, it is pertinent to mention that this nitrosation process may be carried out in the biological system when it is directly consumed, ingested, inhaled, or applied to the skin. In addition, NMOR is known to act as a mediator for various debilitating cancers associated with organs like the digestive tract, respiratory tract, kidney, and liver [4]. It eventually biomagnifies through different trophic levels of biota by its application or intake of polluted water, so later perturb into the food-

chain. In this concern, it is better to provide a solution for its effective removal by different physical and chemical process. However, in addition to these removal processes, it is better to find a feasible solution for removing MAID by cost effective, nature friendly biological tools powered by microbes, called «remediation». In this study, it has been demonstrated the efficacy of a novel bacterial isolate in reducing morpholine content in culture filtrate as well as in runoff industrial effluents sample, which may serve as a tool to enable a cleaner, greener, and safer industry footprint on the environment.

LITERATURE

1. Rupak Kumar, Suman Kapur, Srinivasa Rao Vulichi. A Xenobiotic Pollutant Detection for a Zero Pollution Environment, 1st International Conference Strategies towards Green Deal Implementation organized by Mineral and Energy Economy Research Institute, Polish Academy of Science, Poland on 15th December, 2020; 74-90.
2. Mjos, K. Cyclic amines. In: Mark, H.F., Othmer, D.F., Overberger, C.G., Seaborg, G.T., Grayson, M., eds, *Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology*, 1978; 3rd ed., Vol. 2, New York, John Wiley & Sons, pp. 295-308.
3. Sielaff B; Andreesen JR; Schröder T. A. Cytochrome P450 and a ferredoxin isolated from *Mycobacterium* sp. strain HE5 after growth on Morpholine, *Appl Microbiol Biotechnol.* 2001; 56 (3-4), 458-64. DOI: 10.1007/s002530100634
4. Kitano M, Takada N, Chen T, Ito H, Nomura T, Tsuda H, Wild CP, Fukushima S. Carcinogenicity of methylurea or morpholine in combination with sodium nitrite in rat multi-organ carcinogenesis bioassay. *Jpn J Cancer Res.*; 1997; 88(9):797-806. DOI: 10.1111/j.1349-7006.1997.tb00454.x

ФІТОРЕМЕДІАЦІЯ ҐРУНТІВ

ФІТОРЕМЕДІАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В АГРОЛАНДШАФТНИХ ЕКОСИСТЕМАХ

І.М. Бузіна

*Державний біотехнологічний університет,
м. Харків, Україна
nezabudka120187@gmail.com*

Проблема охорони ґрунтів від забруднення важкими металами ставить завдання їхньої рекультивації. Останніми роками ведеться пошук прийомів, спрямованих на скорочення концентрацій рухомих форм сполук важких металів у ґрунті.

Метод фітореємедіації полягає в очистці ґрунтів від забруднення, ґрунтується на властивостях зелених рослин стабілізувати, іммобілізувати, екстрагувати чи поглинати окремі види забруднювачів, що містяться у ґрунтах. Метод досить ефективний для окремих видів забруднювачів [5].

Сучасне визначення терміну фітотехнології – це значна кількість спеціальних заходів, які включають в себе багато методик, обумовлених певними умовами території та характером її забруднення. Тому, у зв'язку з нинішнім різноманіттям хімічних сполук та видів рослин, для кожного випадку потрібно проводити спеціальні дослідження, аналізуючи кількісний та якісний склад забруднення і реакцію даних рослин на забруднюючі речовини. Незважаючи на великий спектр заходів фітотехнологій, використання їх дещо обмежене певними чинниками: впровадження можливе лише у місцях, де рослини добре пристосовані, де концентрації поллютантів не являються токсичними для підібраних видів та де шкідливі елементи розташовані не надто глибоко. Отже, фітотехнології є найбільш зручними для середньо- та слабозабруднених територій, де шкідливі речовини не потрапляють глибоко у ґрунти, або для сильно забруднених ділянок, які проходять другу та третю фазу очищення, крім того, вони перспективні для формування буферних зон [5].

Найбільш розповсюджені методи ремедіації забруднених ґрунтів *in situ*, базуються на видаленні важких металів або їх зв'язуванні, супроводжуються різним впливом на структуру та функціонування ґрунтів. Логічна систематизація основних способів ремедіації ґрунтів *in situ* за механізмами дії та ступенем порушення ґрунтових функцій, запропоновані в проектах SUMATECS [6].

Серед основних різновидів фіторемердіації найбільш зручним та доступним у даний час є метод фітоекстракції. Вченими розробляються дві основні стратегії фітоекстракції: хелатова фітоекстракція, яку ще називають індукованою фітоекстракцією, і довгострокова або безперервна фітоекстракція (рис. 1) [1].

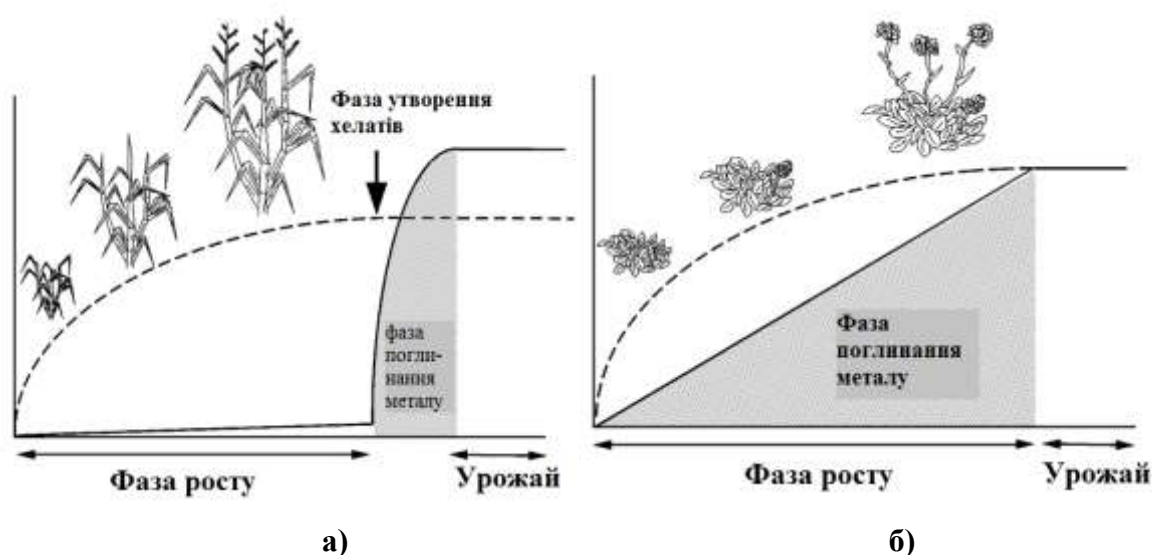


Рис. 1. Схематичне зображення хелатової фітоекстракції (а) та безперервної фітоекстракції (б): суцільна лінія показує концентрацію металів у біомасі; пунктирна лінія – ріст біомаси

Дослідження показали, що за рівнем зменшення стійкості до впливу токсичної дії важких металів рослини можна розташувати у такий ряд: трави, злакові зернові, картопля, цукрові буряки.

За однакової концентрації пльомбуму в ґрунті картопля й томати менше накопичають даного елемента, аніж морква чи редиска, які акумулюють його в кількостях, що в 1,5–2 рази можуть перевищити гранично допустимі. Особливо негативно реагують на забруднені ґрунти листові овочі – салати, шпинат, щавель, цибуля та ін. Не доцільно також використовувати такі території і для

виращування кормових культур, оскільки багато металів потрапить до організму тварин [3].

На сьогодні, в економічно розвинених країнах нагромаджено значний досвід фітомеліорації та рекультивації земель, порушених твердими побутовими відходами. Також певні напрацювання є і у вітчизняних наукових установ та підприємств, які займаються проблемами рекультивації сміттєзвалищ. Проте, дотепер чіткого систематичного підходу щодо виконання робіт із фітомеліорації та рекультивації територій, порушених твердими побутовими відходами, в Україні немає.

Технологічний процес відновлення ґрунтового покриву та рослинності на територіях, порушених складуванням твердих побутових відходів, є надзвичайно складний та здебільшого дороговартісний [4].

Технологія відновлення земель, порушених несанкціонованими звалищами побутових відходів, передбачає два етапи – технічний і біологічний з обов'язковим виконанням таких робіт:

- технічний етап: комплексне обстеження порушеної території; переміщення відходів на непридатні для використання землі; нанесення (за потреби) родючих ґрунтів;

- біологічний етап: створення рослинного покриву; здійснення агротехнічних заходів догляду за рослинністю.

Значно складнішим є технологічний процес фітомеліорації та рекультивації полігонів твердих побутових відходів, оскільки роботи із відновлення таких територій треба виконувати згідно з розробленим проектом [4].

Під час біологічного етапу відновлення земель, порушених твердими побутовими відходами, надзвичайно важливим є процес підбору видового складу рослинності, який необхідно здійснювати за зональним географічним принципом, з врахуванням біологічної придатності ґрунтів та біологічних характеристик трав'яних і деревно-чагарникових видів. Введення культурних рослин у невласиві для них умови значно утруднить процес створення рослинного покриву на таких територіях.

До теперішнього часу відомо близько 400 видів рослин-гіперакумуляторів, які ростуть на багатих металами територіях в тропіках і середніх широтах та належать до широкого спектру не пов'язаних між собою родин. Домінують рослини-гіперакумулятори нікелю (320 видів), які ростуть на ґрунтах, що утворилися з порід, збагачених металами (Mg, Fe, Ni).

ЛІТЕРАТУРА

1. Salt D.E., Smith R.D., Raskin I. Phytoremediation. Published By Chemistry Department, Northern Arizona University. 2012. 643-668.
2. Білецька В.А., Яцечко Н.Є., Павличенко А.В. Дослідження процесів трансформації водорозчинних форм важких металів при детоксикації промислових відходів природними сорбентами. *Науково-технічний збірник «Розробка родовищ»*. 2013. Режим доступу: <http://rr.nmu.org.ua/pdf/2013/20131016-52.pdf>.
3. Вирощування екологічно чистої продукції рослинництва. За ред. Е.Г. Дегодюка. Київ: Урожай, 1992. 320 с.
4. Генік Я.В. Еколого-біологічні основи відновлення ландшафтів, порушених звалищами та полігонами твердих побутових відходів. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2009. Вип. 19.2. Львів: Нац. лісотехн. ун-т України, 2009. С. 77-82.
5. Задніпровська А.В. Маловитратні технології для оздоровлення довкілля. *Коммун. хоз-во городів*: науч.-техн. сб. 2008. № 86. С. 159-166.
6. Петришина В.А. Агроекологічне обґрунтування фітореMediaційної спроможності дикорослих видів рослин: дис. ... канд. с.-г. наук: 03.00.16 / Віталіна Анатоліївна Петришина. К., 2009. 143 с.

ФІТОРЕМЕДІАЦІЙНІ АСПЕКТИ ВИРОЩУВАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ КУЛЬТУР В УМОВАХ ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

М.А. Галицька, М.І. Кулик

*Полтавський державний аграрний університет,
м. Полтава, Україна
maryna.galytska@pdaa.edu.ua*

Зростання цін на енергоносії, очищення земель від важких металів, зниження рівня використання непоновлюваних джерел енергії та залучення альтернативи до паливно-енергетичного комплексу України нині є нагальними питаннями, які потребують невідкладного вирішення [4]. Тому виникає потреба у всебічному вивченні найбільш поширених на території нашої країни таких енергетичних культур, як верба, міскантус, світчграс – фітореMediaнтів та рослинної енергетичної сировини [5]. В Україні є всі необхідні можливості, передусім ґрунтово-кліматичні, які сприяють отриманню високоврожайної

енергоємної біомаси енергетичних культур, та наявність значних площ, непридатних для вирощування сільськогосподарських культур (маргінальні землі). Сьогодні науковці інтенсивно вивчають і вдосконалюють технологію вирощування енергетичних культур. Серед дослідників вітчизняні вчені: М.В. Роїк, В.Л. Курило, Д.Б. Рахметов, В.А. Доронін, М.Я. Гументик, О.М. Ганженко та ін. [1-3]. Поряд з агрономічно-обґрунтованим менеджментом вирощування енергетичних культур, актуальним та недостатньо вивченим питанням залишаються екологічні аспекти вирощування цих рослин на маргінальних землях [5]. У контексті тенденцій, що панують у сфері світової і державної енергетичної політики та безпеки використання енергетичних культур, міскантус гігантський (*Miscanthus giganteus*), просо прутоподібне (*Panicum virgatum* L.), енергетична верба (*Salix*) та ін., пропагуються як сировина для виробництва екологічно чистого, вуглецево-нейтрального та дешевого біопалива. Тому місце вирощування цих рослин та вид землекористування стають важливими критеріями для виробництва альтернативних видів палива.

Використання деградованих або забруднених земель сприяє частковому вирішенню проблеми використання сільськогосподарських угідь для отримання рослинної сировини на енергетичні цілі. Території з відсутнім або недостатнім рослинним покривом є регулярним додатковим джерелом забруднення через процеси вилуговування або ерозії ґрунту, що завдає шкоди природним ресурсам. Повторне використання таких територій для виробництва біоенергетичних культур може бути корисним рішенням з екологічної точки зору. Максимальний фітореMediaційний ефект на забруднених землях спостерігається у швидкорослих видів деревних рослин, при цьому дуже мало уваги приділяється використанню трав'яних енергетичних культур, і лише у кількох джерелах описано використання багаторічних культур другого покоління біопалива для фітореMediaції забруднених земель [4]. Наявне різноманіття енергетичних культур сприяє виробництву біопалива та очищенню забруднених ділянок. Для успішного впровадження та використання

багаторічних енергокультур необхідно зрозуміти і проаналізувати поточний стан проблеми та розробити ефективні стратегії використання багаторічних трав як фітореMediaційний засіб, уникаючи негативних наслідків для суспільства й навколишнього середовища. Не в повній мірі вивчено особливості використання енергетичних культур для фітореMediaції різних типів забруднених земель на фоні різних забруднювачів [5].

Відновлення функціональних та екосистемних властивостей забруднених земель дозволить повернути їх до сільськогосподарського використання [3-4]. Варіанти фізико-хімічної реабілітації забруднених ґрунтів зазнають критики через їх високу вартість та недостатню ефективність. Використання рослин і супутніх з ними мікроорганізмів може бути стійким та економічно вигідним засобом зменшення впливу забруднюючих речовин на ґрунтовий комплекс. Фітоменеджмент має бути спрямований на використання непродовольчих культур для пом'якшення екологічних і санітарних ризиків, спричинених забруднювачами, та відновлення властивостей екосистеми. Культури, що використовуються для відновлення ґрунтів, повинні бути толерантними до забруднюючих речовин, унеможливлувати їх перенесення в харчовий ланцюг і ефективно виробляти товарну біомасу [6]. Виходячи зі здатності енергетичних культур накопичувати неорганічні забруднювачі в кореневій системі та розкладати стійкі органічні забруднювачі в ґрунті, ці види рослин є оптимальними для фітостабілізації та фітодеструкції. Вирощування енергетичних культур на забруднених та деградованих ґрунтах вважаємо перспективним варіантом з метою уникнення використання орних земель сільськогосподарського призначення та зменшення конкуренції між продовольчим та біоенергетичним землекористуванням [2, 3].

ФітореMediaційна технологія заснована на здатності рослин видаляти токсичні речовини з навколишнього середовища або перетворювати їх у безпечні сполуки – метаболіти. Літературних даних та наукових досліджень про ремедіаційну здатність енергетичних культур сьогодні бракує, але низка дослідників відмічає, що очищення ґрунтів від поллютантів ефективніше

відбувається шляхом фітостабілізації. Відзначимо, що експерименти здебільшого проводяться в лабораторних умовах, а не в польових. Це, ймовірно, пов'язано з тим, що вказані культури є новими, інтродукованими до інших кліматичних умов, тому основні дослідження спрямовані на вивчення їх генетичних, адаптивних, агрономічних та фізіологічних властивостей на незабруднених землях [4]. Посилаючись на проведені переважно за кордоном окремі дослідження, констатуємо, що за високих концентрацій іонів важких металів пригнічується ріст і накопичення вегетативної біомаси в рослинах [5]. Дослідження європейських наукових інститутів [6] свідчать про те, що високі концентрації важких металів пригнічувально впливають на ріст та розвиток деяких видів енергетичних культур через пошкодження коренів та зниження мінерального живлення, особливо азоту і фосфору. На противагу цьому, в польових умовах (протягом двох сезонів) інших досліджень енергетичні культури формували потужну фітомасу та високу врожайність на промислово забруднених землях. Енергетичні рослини неоднаково взаємодіють з поживним середовищем, а рівні опору до стресових факторів залежать від умов вирощування і можуть відрізнятися в різних видів і популяції.

Отже, енергетичні культури мають високу здатність поглинати важкі метали і частково акумулюють їх у своїх підземній та надземній частинах. По завершенні вегетації надземна вегетативна маса рослин може підлягати відповідній переробці, є додатковим джерелом кольорових металів, біопаливом для енергетичних цілей. Найбільш поширеними забруднювачами ґрунтів в Лісостепу України є кобальт, молібден, у західній частині Лісостепу – мідь, показники вмісту яких перевищують не лише фонові значення, а й ГДК. Уміст цинку на більшості території країни відповідає регламентованим нормам. Інтенсивність переходу важких металів у системі «ґрунт–рослина» енергетичних культур має вигляд: $Cd \rightarrow Cu \rightarrow Zn \rightarrow Pb$. Вирощування енергетичних рослин як фіторемедіантів на забруднених землях дозволить не лише знизити рівень деградації, а й підвищити агрономічну цінність цих ґрунтів. Висока продуктивність біомаси енергетичних культур (до 30 т/га) може

перетворити технологію фітореMediaції в прибуткову галузь для біоенергетичної промисловості. Енергетичні культури накопичують органіку в ґрунті, збільшуючи вміст карбону в ньому, інтенсивно поглинають вуглекислий газ і зменшують наслідки глобального потепління

ЛІТЕРАТУРА

1. Курило В.Л., Рахметов Д.Б., Кулик М.І. Біологічні особливості та потенціал урожайності енергетичних культур родини тонконогових в умовах України. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2018. 1. 1-7. <https://doi.org/10.31210/visnyk2018.01.01>
2. Kulyk M.I., Galytska M.A., Samoylik M.S., Zhornyk I.I. Phytoremediation aspects of energy crops use in Ukraine. *Agrology*. 2019. 2. 65-73. <https://doi.org/10.32819/2617-6106.2018.14020>.
3. Metwally M.S., Shaddad S.M., Liu M., Yao R.J., Abdo A.I., Li P., et al. Soil properties spatial variability and delineation of site-specific management zones based on soil fertility using fuzzy clustering in a hilly field in Jianyang, Sichuan, China. *Sustainability*. 2019. 11. 70-84. <https://doi.org/10.3390/su11247084>.
4. Pandey V.C., Bajpai O., Singh N. Energy crops in sustainable phytoremediation. *Renew Sustain Energy Rev*. 2016. 54. 58-73. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.09.078>.
5. Писаренко П.В. Сучасний стан родючості ґрунтів Полтавської області 2012.
6. Писаренко П.В., Диченко О.Ю. Одночасність (синхронність) зміни динаміки шкідників буряків цукрових у Центральному Лісостепу України. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2014. № 3. С. 33-35.
7. Yamori W., Nikosaka K., Way D.A. Temperature response of photosynthesis in C3, C4, and CAM plants: temperature acclimation and temperature adaptation. *Photosynth Res*. 2014. 119. 101-117. <https://doi.org/10.1007/s11120-013-9874-6>.

ВИРОЩУВАННЯ КУКУРУДЗИ ДЛЯ ФІТОРЕМЕДІАЦІЇ СІРОГО ЛІСОВОГО ҐРУНТУ ЗАБРУДНЕНОГО СВИНЦЕМ

І.І. Клименко, Г.В. Давидюк, Л.І. Шкарівська, Н.І. Довбаш
Національний науковий центр «Інститут землеробства НААН України»
смт. Чабани, Україна
Ira_Klimenko@i.ua

Стрімкий розвиток цивілізації спричиняє надходження в біосферу важких металів, у т.ч. свинцю, який не утилізується та не включається в біогеохімічні цикли, що призводить до накопичення його в агроландшафтах. Відновлення родючості техногенно забруднених ґрунтів – одна з найбільш складних проблем не лише в Україні, а й у світі.

Свинець характеризується складною і багатофакторною схемою розподілу за площею та рівномірним накопиченням. Виявлено, що гранично допустима концентрація (ГДК) цього поллютанта у ґрунтах України для валових форм становить 32,0 мг/кг, для рухомих – 6,0 мг/кг ґрунту [2]. За фонового

вмісту свинцю у ґрунті вегетативна маса рослин може накопичувати його від 0,1–5,0 мг на 1 кг сухої речовини. Уміст 10 мг/кг є критичним, а понад 60 мг/кг – фітотоксичним. Кількість цього поллютанту в зернових культурах, вирощуваних у різних країнах світу, змінюється від 0,01 мг/кг до 10 мг/кг [3].

Одним із методів очищення забруднених ґрунтів є фіторемедіація, що передбачає вирощування рослин, толерантних до важких металів, які можуть зменшити вміст елементів-забруднювачів за рахунок відчуження їх з ґрунту. Серед сільськогосподарських культур, здатних до фіторемедіації, заслуговує на увагу кукурудза.

Метою дослідження було встановити можливість використання кукурудзи на зерно для фіторемедіації ґрунтів забруднених свинцем та отримання зерна придатного як для кормових, так і технічних цілей (виробництва біоетанолу).

Дослідження проводили в умовах Правобережного Лісостепу (дослідне поле ННЦ «Інститут землеробства НААН», Київська обл.) у тривалому досліді на сірому лісовому ґрунті. Облікова площа ділянки 4 м² за чотириразового повторення. У досліді передбачено варіанти з природним фоном (10 мг/кг ґрунту) міцнозв'язаної фракції свинцю (№ 1 – контроль) та зі штучно створеними фонами: № 2 – перевищення природного фону елемента в 10 разів, № 3 – у 100 разів, № 4 – у 5 разів.

Вирощували кукурудзу на зерно з 2012 р. у беззмінному посіві за щорічного внесення мінеральних добрив (N₁₂₀P₉₀K₁₂₀). У 2015 р. та 2020 р. проведено вапнування дослідних ділянок за повною нормою гідролітичної кислотності. Щорічно на всіх ділянках досліді вносили післяжнивну побічну продукцію (подрібнені стебла кукурудзи, оброблені біодеструктором) у якості органічних добрив.

У 2021 р. найнижча врожайність кукурудзи (7,9 т/га) була отримана за 100-разового перевищення фону, а на інших варіантах вона була в межах 8,9–9,8 т/га (НІР_{0,5} 0,82 т/га, коефіцієнт варіації (V) – 10,9 %). Уміст «сирого» протеїну найвищим був на контролі та становив 9,5 %. На варіантах з

перевищенням фонового умісту свинцю цей показник відрізнявся за варіантами і був у межах 7,5–8,8 %. Уміст жиру був найвищим на контролі (4,2 %) та за 10-разового перевищення фону (4,3 %), а за 100-разового перевищення фону його кількість була найменшою і становила 3,7 %. Уміст крохмалю у зерні кукурудзи не мав чіткої залежності за варіантами.

За дослідженнями науковців, кукурудза має високу життєздатність та буферний бар'єр по відношенню до поллютантів і здатна частково акумулювати та фіксувати метали кореневою системою, виносячи до товарної частини урожаю лише незначну їх частку, що не перевищує ГДК [1]. За даними наших досліджень, уміст свинцю у зерні кукурудзи за 5-ти, 10-ти та 100-разового перевищення природного фону цього елемента в ґрунті становив 0,7–0,9 мг/кг, що не відповідало ГДК – 0,5 мг/кг для продовольчого зерна. Проте, за нормативами щодо кормової сировини (ГДК – 5,0 мг/кг) воно може бути використане для кормових і технічних цілей, зокрема, для виробництва біоетанолу. Також виявлено, що з побічною продукцією кукурудзи за перевищення природного фону сірого лісового ґрунту за вмістом свинцю у 5–100 разів може відчужуватись 18,9–106,2 мг/кг цього поллютанту, що свідчить про фітореMediaційні властивості цієї культури.

Отже, дослідження показали можливість вирощування кукурудзи на зерно на забруднених свинцем територіях з метою отримання сільськогосподарської продукції, придатної на кормові та технічні цілі і в якості фітореMediaнта.

ЛІТЕРАТУРА

1. Самохвалова В. Л., Фатєєв А. І., Зуза С. Г., Зуза В. О. Спосіб ремедіації ґрунту техногенно забрудненого важкими металами. *Агрохімія та ґрунтознавство*. 2013. Вип. 80. С. 101-110.
2. Фатєєв А. І., Пащенко Я. В. Фоновий вміст мікроелементів у ґрунтах України. Харків, 2003. 117 с.
3. Tóth G., Hermann T., Da Silva M. R., Montanarell L. Heavy metals in agricultural soils of the European Union with implications for food safety. *Environment International*. 2016. 88. P. 299-309.

БІОРЕМЕДІАЦІЯ ҐРУНТОВИХ СИСТЕМ ВІД ВАЖКИХ МЕТАЛІВ, ПЕСТИЦИДІВ ТА НАФТОВИХ ЗАБРУДНЕНЬ

О.М. Климчик

Поліський національний університет,

м. Житомир, Україна

olga-su@ukr.net

В природі, що не зазнає втручання людини, екосистеми налаштовані на самоочищення. Діяльність людини чинить на навколишнє середовище потужну техногенну дію, зокрема забруднення ґрунту відходами сільськогосподарського і промислового виробництва, в результаті чого пригнічується природна біота, змінюється напрям метаболізму і, як наслідок – порушуються природні процеси самоочищення. У довкілля потрапляють різноманітні хімічні забруднення, так звані ксенобіотики. До таких належать пестициди, важкі метали та нафтопродукти. Джерелами їх надходження в навколишнє середовище, зокрема в ґрунтового, є викиди транспортних засобів, хімічні виробництва та промислові відвали, внесення мінеральних добрив і засобів хімічного захисту рослин тощо. Тому з метою вирішення багатьох екологічних проблем і відновлення стійкості екосистем застосовують біотехнологічні методи [1].

Наразі одним із сучасних методів, що використовується при розробці екологічно чистих технологій захисту довкілля та відновлення природних ресурсів, є біоремедіація – найбільш щадний метод збереження біорізноманіття.

Так, до найбільш успішних технологій біоремедіації належать ті, в яких використовуються організми, що присутні в природних умовах, в тому числі й в забрудненому середовищі. Багато бактерій, рослин і грибів, що зустрічаються в природі, здатні руйнувати хімічні забруднювачі [2]. Наразі біоремедіаційні технології засновані на механізмах і потенціалах майже всіх видів життєвих форм, тобто мікроорганізмів (мікробна ремедіація), тварин (зооремедіація) і рослин (фіторемедіація). Біоремедіація має великі потенційні можливості для запобігання забруднення навколишнього середовища і боротьби з вже наявним забрудненням. Причому, в порівнянні з іншими методами очищення довкілля, цей метод набагато дешевше. А при розсіяному забрудненні на величезних

площах, як у випадку з використанням пестицидів, забруднення нафтою та нафтопродуктами альтернативи біоремедіації просто не існує.

Фіторемедіація, як один із напрямків біоремедіації, ґрунтується на використанні фотосинтезуючих організмів в біотехнологіях, що дозволяє збільшувати енергетичні ресурси екосистеми. Цим вона найбільш близька до природних процесів. Нині активно розробляються декілька галузей фіторемедіації: фітоекстракція, фітодеградація, фітофільтрація (ризофільтрація і бластофільтрація), фітоволіталізація, фітостабілізація та фітостимуляція [3, 5].

Встановлено, що деякі види рослин, наприклад, гірчиця сарептська, овес польовий, бобові трави, війник наземний, рапс тощо здатні не тільки витримувати наявність важких металів в ґрунтах, але й поглинати та накопичувати іони свинцю, ртуті, цинку та інших токсичних металів, які нагромаджуються переважно в наземній частині рослин [4]. Тобто вони виступають акумуляторами важких металів, сприяючи їх винесенню з ґрунтів.

Більшість пестицидів, що потрапляють в навколишнє середовище в результаті використання їх для обробки сільськогосподарських культур, розщеплюється бактеріями та грибами. Перетворення вихідного пестициду в менш складну сполуку достатньо ефективно відбувається під впливом мікробних угруповань. Деякі мікроорганізми мають здатність ферментативно змінювати молекулу шкідливого ксенобіотика таким чином, що вона потім легко руйнується під дією інших організмів, зокрема рослинних. Саме завдяки процесу кометаболізму відбувається деградація складних хімічних сполук, до яких належать пестициди [2]. Вельми ефективно справляються з ґрунтовими забруднювачами гриби. Вони можуть руйнувати такі речовини, як пентахлорбензол, пентахлорфенол. Для проведення експерименту близько 10000 т ґрунту з території деревопереробного комплексу, вміст пентахлорфенолу у якому досягав 700 мг/кг, був засіяний грибами. За рік діяльності грибів концентрація цієї сполуки знизилась до 10 мг/кг [5]. Причому застосування грибів дозволяє істотно скорочувати строки деградації забруднень.

З метою ліквідації наслідків аварійного розлиття нафти використовують біотехнологічні способи відновлення забруднених територій за допомогою

біопрепаратів, що містять вуглеводоокиснюючі мікроорганізми та біологічно активні речовини. На сьогодні розроблено декілька технологій ремедіації нафтозабруднених середовищ (рис. 1). Крім того, в процесі фіторемедіації нафтозабрудненого ґрунту, наприклад, рослинами *H. rhamnoides* збільшується кількість і видова різноманітність олігонітрофілів, у тому числі азотфіксаторів.



Рис. 1. Сучасні апробовані технології ремедіації нафтозабруднених середовищ [5]

Технологія фіторемедіації має як переваги, так і недоліки. Останні пов'язані з невеликою біомасою рослин-аккумуляторів, їх низькою швидкістю росту, а також з проблемами утилізації отриманої біомаси. Проте, застосування біологічних методів очистки, порівняно із хімічними, має значні переваги: неструктивний характер стосовно навколишнього середовища; можливість цілеспрямованого застосування в потрібному місці в потрібний час; екологічна та гігієнічна безпека. Використання технологій біоремедіації зумовлює екологічне оздоровлення та детоксикацію забруднених земель в результаті прискорення процесів самоочищення, їх рекультивацію і відновлення. Нині, коли погіршення екологічних умов має особливо глибокий резонанс через високу щільність населення та виробництва, а на даний момент ще й внаслідок ведення активних бойових дій на території України, застосування біоремедіації значно сприятиме поліпшенню екологічної обстановки та умов проживання людей, будучи резервом екологічного благополуччя.

ЛІТЕРАТУРА

1. Климчик О.М. Біотехнології як засіб захисту довкілля. *Екологія – шляхи гармонізації відносин природи та суспільства* : зб. тез VIII Всеукр. наук.-практ. інтернет-конференції, присвяченої 175-річчю заснування Уманського національного університету садівництва (16 жовтня 2019 р., м. Умань / під ред. О.О. Непочатенко. Умань, 2019. С. 34-35.
2. Климчик О.М. Застосування екотехнологій для очищення навколишнього середовища від хімічних забруднень. *Сталий розвиток країни в рамках Європейської інтеграції* : зб. тез учасн. Всеукр. наук.-практ. конф. здобувачів вищої освіти і молодих учених, 11 лист. 2021 р., м. Житомир. Житомир : Житомирська політехніка, 2021. С. 33.
3. Дурсун Ш., Симочко Л.Ю., Манколлі Х. Біоремедіація важких металів з ґрунту: огляд принципів і критеріїв використання. URL : <http://journalagroeco.org.ua/article/view/211521> (дата звернення 25.05.2022).
4. Гирля Л.М. Фіторемедіація – ефективний шлях зниження вмісту важких металів у ґрунтах. URL : <https://dspace.mnau.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/240/3.pdf> (дата звернення 25.05.2022).
5. Цвілінюк О.М., Буньо Л.В., Карпин О.Л., Пенцак А.Я. Фіторемедіація нафтозабруднених ґрунтів за допомогою рослин *Carex hirta* L. URL : <http://srd.pgasa.dp.ua:8080/xmlui/handle/123456789/3038> (дата звернення 28.05.2022).

ЗМІНА РОДИЮЧОСТІ РОЗКРИВНИХ ГІРСЬКИХ ПОРІД У ПРОЦЕСІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ОСВОЄННЯ СКЛАДНИМИ АГРОФІТОЦЕНОЗАМИ

О.О. Мицик, О.О. Гаврюшенко

*Дніпровський державний аграрно-економічний університет,
м. Дніпро, Україна
askold1904@ukr.net*

Основними показниками, що характеризують агрономічні властивості розкривних гірських порід і порушених ґрунтів, є їх гранулометричний і хімічний склад, вміст основних біофільних елементів, органічної речовини та легкорозчинних солей, агрофізичні властивості. Істотна роль в підвищенні родючості рекультивованих гірських порід належить проведенню агротехнічних заходів.

За результатами попередніх та наших досліджень встановлено, що у техногенних агроєкосистемах, на перших етапах їхнього біологічного освоєння, спостерігаються досить швидкі темпи накопичення органічної речовини (гумусу).

Молоді ґрунти на ранніх стадіях розвитку, у силу дуже інтенсивного протікання ряду елементарних ґрунтових процесів, відносно швидко набувають ознаки і властивості, що притаманно зональному типу ґрунтоутворення в степовій зоні України [1].

Гумус – найбільш стійкий та істотний показник, що відрізняє ґрунт як природно-історичне тіло від гірських порід. В органічній речовині ґрунту

зосереджені основні енергетичні ресурси ґрунтових мікроорганізмів, а також фізичних, хімічних і фізико-хімічних процесів, потенційні запаси найважливіших елементів живлення рослин, фізіологічно активних речовин. Тому валові запаси органічної речовини розглядаються як найбільш важливий критерій оцінки і визначення потенційної родючості як ґрунтів, так і гірських порід. Свіжа органічна речовина, яка щорічно надходить у гірські породи у вигляді надземних пожнивних залишків і кореневої системи рослин, має винятково важливе значення (навіть більше, ніж гумус) для підвищення їх ефективної родючості. У першу чергу, це пов'язано з більшою його енергоємністю, а отже, і спроможністю більш швидкого розкладу ґрунтовими мікробіоценозами.

У процесі сільськогосподарського освоєння та використання техноземів відбулись зміни в деяких фізичних властивостях, зокрема, щільності складення. На породах, на яких протягом 15 років тривав фітомеліоративний процес і було проведено лише чотири основні обробітки у вигляді оранки, щільність складення збільшилася на 9–11 % з охопленням всього метрового профілю. Головною причиною зростання щільності складення є усадочні процеси в порушених гірських породах, які найбільш інтенсивно відбуваються у перші роки після відсипання відвалів [2].

Результати аналізу водної витяжки фітомеліорованих гірських свідчать про відсутність надлишку легкорозчинних солей в шарі 0–60 см. Найбільша кількість легкорозчинних солей спостерігалася в шарі 60–80 см і становила 21,0 мг-екв на 100 г породи, із яких на долю сульфат-іону приходилось 9,59 мг-екв на 100 г породи, на іони кальцію і магнію відповідно 4,87 і 44,37 мг-екв на 100 г породи.

На підставі локалізації аніонів та порівняння характеристик профілів можна зробити висновок про те, що початково засолені гірські породи в процесі фітомеліорації зазнають розсолення, відбувається процес міграції легко розчинних солей з верхньої частини профілю гірських порід в нижні.

За роки сільськогосподарського освоєння в гірських породах істотно збільшується вміст органічної речовини. У шарі 0–20 см вміст гумусу в середньому зріс з 0,25 до 0,76 %. Уміст загального азоту в шарі 0–20 см збільшився в 1,5–1,9 разів; у шарі 20–40 см – у 1,1–1,3 рази; рухомого фосфору відповідно в 1,4–1,8 і 2,1–2,3 рази [3] (табл. 1).

**Уміст гумусу, загального азоту, рухомого фосфору, обмінного калію
в фітомеліорованих породах (у розрахунку на шар 0–20 см)**

Конструкції техноземів*	Роки**	Уміст гумусу, %	Уміст макроелементів			Сума ввібраних основ, мг-екв./100 г
			Загальний азот, %	Рухомий фосфор, мг/100 г	Обмінний калій, мг/100 г	
1	1973	2,13	0,177	1,13	27,6	21,8
	1982	2,77	0,191	1,25	30,5	23,5
	1996	2,94	0,227	2,56	36,8	24,0
	2012	3,04	0,235	2,69	32,5	24,3
	2020	3,11	0,241	2,76	32,1	25,4
2	1973	0,45	0,039	1,41	19,2	18,1
	1982	0,52	0,064	1,48	10,7	19,3
	1996	1,14	0,116	1,80	19,6	22,6
	2012	1,31	0,121	2,03	20,0	22,9
	2020	1,37	0,124	2,06	19,8	22,3
3	1973	0,25	0,030	0,41	36,0	20,8
	1982	0,30	0,040	1,22	33,1	24,2
	1996	0,81	0,080	1,89	34,4	32,4
	2012	1,16	0,092	1,61	36,4	33,3
	2020	1,21	0,095	1,77	34,8	34,2
4	1973	0,18	0,031	0,42	64,0	22,4
	1982	0,33	0,117	0,81	62,1	36,0
	1996	1,07	0,133	2,26	59,8	35,2
	2012	1,24	0,131	3,34	63,7	38,5
	2020	1,29	0,132	3,28	61,1	37,8

*Примітка. *Варіанти конструкцій техноземів*: 1) родючий шар зонального ґрунту (технічна суміш горизонтів Н та НР); 2) лесоподібні суглинки; 3) суміш червоно-бурих глин і суглинків; 4) сіро-зелені мергелясті глини.

**Примітка. За 1973 рік приведені дані з роботи М.Д. Горобця, за 1982 р. – М.Т. Масюка, за 1996 р. – В.О. Забалуєва, за 2012–2020 рр. – власні дослідження

Таким чином, гірські породи в процесі сільськогосподарського освоєння набувають сприятливих властивостей, підвищуючи тим самим свою потенційну та ефективну родючість до рівня мезотрофних едафотопів із середньорічною продуктивністю 26,2–29,3 ц/га кормо-протеїнових одиниць.

ЛІТЕРАТУРА

1. Мицик О.О. Сільськогосподарське використання рекультивованих земель Керченського залізорудного родовища: дис. канд. с.-г. наук. 03.00.16 – екологія. Дніпропетровськ, 1998. 170 с.
2. Гаврюшенко О.О. Агроекологічне обґрунтування динаміки едафічних характеристик рекультивованих земель при їх сільськогосподарському освоєнні в Нікопольському марганцеворудному басейні : дис. ... канд. с.-г. наук : [спец]. 03.00.16. – екологія / Олександр Олександрович Гаврюшенко. Дніпропетровський державний аграрно-економічний університет. Дніпро ДДАЕУ, 2017. 138 с.
3. Kharytonov M.M., Gonchar N.V., Gavryushenko O.O. Ecological assessment of the state of rocks in the of reclamation process in the Nikopol Manganese Ore Basin. *Resource-saving technologies of raw-material base*. 2020.

ФІТОРИЗОРЕМЕДІАЦІЯ ДЕВАСТОВАНИХ ЗЕМЕЛЬ
(на прикладі території біля залізничних шляхів на ділянці колії Львів-Самбір)

В.П. Оліферчук, Н.З. Кендзьора, М.І. Самарська

Національний лісотехнічний університет України,

м. Львів, Україна

victorijaoliferchuk@gmail.com

Способи ремедіації, тобто очистки забруднених земель від полютантів, як правило, мають на меті підвищення ефективності та скорочення витрат на заходи з очищення. Проте, недоліками відомих способів є те, що серед широкого спектра засобів основними є сорбенти та реагенти – сполуки, призначені для збору або іммобілізації шкідливих речовин та спрямовані на окремі види забруднювачів.

Останнім часом активізовано пошук способів мікробної деградації забруднювачів, які об'єднані під загальною назвою «біоремедіація». Ці способи являють собою методи розкладання полютантів за допомогою мікроорганізмів-деструкторів.

До найбільш перспективних способів відновлення ґрунтів відносять фіторемедіацію [5-8]. Основними перевагами фіторемедіації є те, що вона відкриває можливості для рекультивації великих територій, характеризується відносно невеликою вартістю в порівнянні з іншими технологіями, високою ефективністю та екологічністю. Відомі способи рекультивації [1] передбачають висаджування рослин – акумуляторів забруднювачів. Проте, вони обмежені у застосуванні, так як види рослин мають вибрані властивості відносно конкретних забруднювачів. Більш перспективним є спосіб біологічної рекультивації девастованих земель [2], суть якого полягає у використанні мікоризованого садивного матеріалу, який має потенціал до трансформації різного типу забруднюючих речовин, які в свою чергу, не пригнічують ріст і розвиток рослин за рахунок формування мікоризи. Однак, і цей спосіб має низку суттєвих недоліків: необхідність попередньої технічної підготовки території; використання як ремедіативів сіянців і саджанців листяних і хвойних

порід, що здорожчує спосіб; неможливість використання земель після проведення ремедіації, що призводить до обмеженості використання території; трудомісткість процесу підготовки спорового препарату; додатковий обробіток і догляд за лісопосадковим матеріалом.

Застосований нами спосіб фіторизоремедіації девастрованих земель [3, 4] усуває ці недоліки та забезпечує очищення середовища, формування гумусу та рослинного покриття без використання додаткового лісопосадкового матеріалу методом *in situ*. Суть його полягає у введенні спорового препарату симбіотичних грибів та вирощених мікоризних грибів, які домінують у забрудненому ґрунті, для формування надорганізмової системи симбіотичних партнерів, що здійснюють ефективну біоремедіацію ґрунту *in situ*. Препарат спор у формі водного розчину вносять на девастровані землі шляхом поливу. Властивості мікоризи проявляються у збільшенні поглинаючої поверхні кореня і посиленні надходження в рослину води та поживних речовин.

Експеримент проводили на території біля залізничних шляхів на ділянці колії Львів-Самбір протягом п'яти років. На девастрованих землях території, де сформовані захисні лісові насадження, та прилеглих ділянках після детального обстеження провели забір ґрунтових проб для визначення вмісту забруднювачів (в т.ч. органічних, неорганічних, ксенобіотиків та радіонуклідів) та дослідження структури міцелію у техноземах на наявність темно- та світлозабарвленого міцелію.

Вивчення ґрунтів у межах ділянки колії Львів-Самбір охоплювало морфологічний опис ґрунтових профілів, встановлення таксономічної приналежності ґрунтів з використанням класифікації ґрунтів техногенних ландшафтів і визначення фізичних, фізико-хімічних та агрохімічних властивостей ґрунтів. Для мікологічного аналізу території було закладено 42 стаціонари, з яких і відбирали ґрунтові зразки (у п'ятикратній повторюваності на глибині 12 см від поверхні). У відборі грибів, після їх ідентифікації, враховували літературні дані про токсичність, алергічні реакції, інтенсивність спороносіння. Для штучної мікоризації рослин використовували

штами мікроміцетів, які домінують у культурі та формують стійкі комплекси, а саме *Phoma* sp., *Phoma pomorum*, *Phoma glomerata*, а також гриб, який відповідає за утворення мікоризи у хвойних (*Suillus luteus*) та листяних (*Tuber melanosporum*) видів рослин. Спорові суспензії цих видів змішували у рівних кількостях та розводили у воді з розрахунку 70 тис. спор на 1 л води. Види грибів «місцевої» мікоризи вирощували на рідкому середовищі Чапека за температури + 25 °С. Як живильне середовище використовували (г на 1 л води): глюкоза – 8, K₂HPO₄ – 0,3; KH₂PO₄ – 0,9; MgSO₄ – 0,2; K₂SO₄ – 0,1; FeSO₄ і MnSO₄ – сліди, аспарагін – 0,01.

Основна властивість симбіотрофних грибів рослин – потреба у ростових речовинах у короткий період проростання з рослинної тканини у живильне середовище та при проростанні з насіння в корінь. Як ростові речовини використали витяжки із гіменоміцетів, зокрема з актиноміцету *Actinomyces lavendulae*, які отримані в лабораторії НДІ ім. Холодного НАН України (м. Київ), та препарат Симбіонт 1, запатентований у 1982 р. Ф.Ю. Гельцер. Кількість доданих у середовище ростових речовин становить від 0,5 до 1 мл на 1 л середовища, залежно від застосованого препарату.

Як енергетичні речовини, ендоефіти добре засвоюють глюкозу, сахарозу і крохмаль, але не можуть засвоювати органічні кислоти (крім янтарної), целюлозу та лігнін. Після проростання міцелію ендоефітів, яке відбулося через 5–12 діб, для вивільнення від коріння міцелій пересівали в колби з вказаним живильним середовищем без додавання гормональних речовин, які гриби синтезують самостійно. Отриманим препаратом обробляли досліджувану ділянку, протягом 6 місяців не частіше 1 разу в місяць.

Результати порівняння до і після обробітку ґрунту доводять, що застосування препарату змінює співвідношення темно- і світлозбарвленого міцелію ґрунту. Значно знизився відсоток темнозбарвлених видів, натомість у ґрунті збільшилося видове різноманіття мікроміцетів, що суттєво активізує процеси відновлення ґрунтової мікробіоти та стабілізацію ґрунтоутворних процесів, ремедіації ґрунту від органічних, неорганічних забруднювачів та ксенобіотиків.

ЛІТЕРАТУРА

1. Пат. UA 16345 U. Спосіб очищення ґрунтів, забруднених нафтою. Джура Н.М., Терек О.І., Цвілинюк О.М.; заявник і власник Львівський національний університет імені Івана Франка – № у 2005 11816; заявл. 12.12.05; опубл. 15.08.06, Бюл. № 8.
2. Пат. UA 88686 U. Спосіб біологічної рекультивації дегазованих земель. Тарас У.М., Оліферчук В.П., Параняк Р.П., Назаровець У.Р., Матюхіна Т.З.; заявник і власник Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького – № у 2013 12807; заявл. 04.11.13; опубл. 25.03.14, Бюл. № 6.
3. Пат. UA 111249 С2. Спосіб фіторизоремедіації дегазованих ґрунтів. Оліферчук В.П., Паславський М.М., Руда М.В.; заявник і власник Державний вищий навчальний заклад «Національний лісотехнічний університет України» – № а 2014 06794; заявл. 16.06.2014; опубл. 11.04.2016, Бюл. № 7.
4. Пат. UA 111393 С2. Спосіб ризоремедіації дегазованих земель. Оліферчук В.П., Паславський М.М., Руда М.В.; заявник і власник Державний вищий навчальний заклад «Національний лісотехнічний університет України» – № а 2014 06776; заявл. 16.06.2014; опубл. 25.04.2016, Бюл. № 8.
5. Cunningham S.D., Berti W.R., Huang J.W. Phytoremediation of contaminated soils. *TIBTECH*. 1995. Vol. 13. P. 393-397.
6. Cunningham S.D., Anderson T.A., Schwab A.P., Hsu F. Phytoremediation of soils contaminated with organic pollutants. *Advances in Agronomy*. 1996. Vol. 56. P. 55-114.
7. Flathman P.E., Lanza G.R. Phytoremediation: current views on an emerging green technology. *J. of Soil Contamination*. 1998. Vol. 7, № 4. P. 415-433.
8. Janouskova M., Havilkova D., Vosatka M. Potential contribution of arbuscular mycorrhiza to cadmium immobilization in soil. *Chemosphere*. 2006. Vol. 65, № 11. P. 1959-1965.

ОЧИСТКА ТА ВІДНОВЛЕННЯ ТЕХНОГЕННО ЗАБРУДНЕНИХ ҐРУНТІВ БІОЛОГІЧНИМИ МЕТОДАМИ

П.В. Писаренко, М.С. Самойлік, О.Ю. Диченко

Полтавський державний аграрний університет,

м. Полтава, Україна

ksenijadichenko84@ukr.net

Питання скорочення площ техногенно забруднених ґрунтів, зокрема забруднених твердими побутовими відходами (ТПВ) та нафтопродуктами (НП), а також їх відновлення і повернення в господарський обіг досліджувалися багатьма вітчизняними та зарубіжними вченими.

Головним завданням досліджень стало оцінити фітотоксичність ґрунту, забрудненого важкими металами та нафтопродуктами, до і після очистки води пробіотичними препаратами.

На першому етапі експерименту проведено дослідження ґрунту біля звалища ТПВ, відібраного на різних відстанях від нього (у шарі ґрунту 0–20 см). Оцінка результатів кількісного хімічного аналізу проб ґрунту показала завищений уміст важких металів та нафтопродуктів (рис. 1).

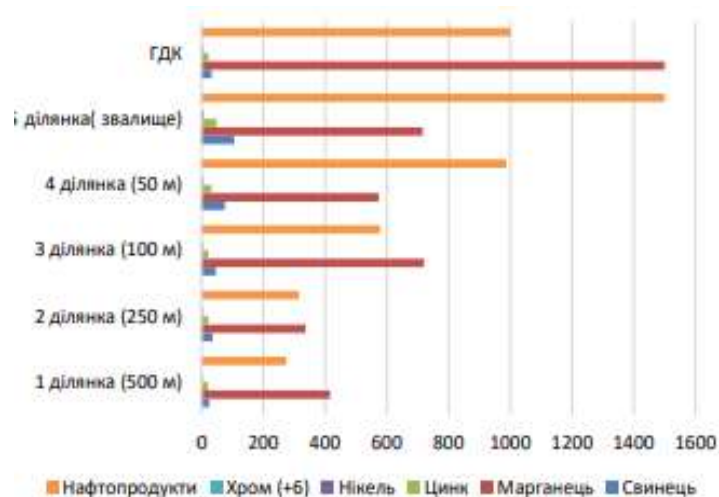


Рис. 1. Валовий уміст важких металів у ґрунті та нафтопродуктів на різних відстанях від звалища ТПВ

У лабораторних умовах проведено оцінку фітотоксичного ефекту відібраних проб ґрунту до і після очистки пробіотичними препаратами (Світеко-Агробіотик-01, розбавлення 1:1000) за використання гороху посівного (табл. 1).

Таблиця 1

Фітотоксичний ефект ґрунту (ФЕ), забруднений та відновлений за допомогою пробіотику

Час експозиції, діб (від внесення пробіотику)	Ділянка	ФЕ, %									
		по проростанню		по довжині коренів		по масі коренів		по довжині наземної частини		по масі наземної частини	
		забруднений ґрунт	з очищеною пробіотиком	забруднений ґрунт	з очищеною пробіотиком	забруднений ґрунт	з очищеною пробіотиком	забруднений ґрунт	з очищеною пробіотиком	забруднений ґрунт	з очищеною пробіотиком
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Горох посівний (<i>Pisum sativum</i>)											
2	1 ділянка	2,6	-1,2	5	-2,5	0,8	-1,1	6,7	-1,1	0	-1,2
	2 ділянка	2,6	-1,6	9,3	-1	-0,8	-0,5	-5,7	-5,1	-3,4	-5,2
	3 ділянка	-2,6	-3,2	14,3	2,4	-0,5	-0,6	3,7	-2,1	-5,2	-4,5
	4 ділянка	10,4	2,5	11,4	3,6	-9,3	-5,5	9,8	3,1	-9,3	-10,2
	5 ділянка	16,9	3,1	15	5,1	-11,9	-5,6	13,6	4,2	-11,9	-5,2
20	1 ділянка	2,7	-0,6	-3,9	-0,5	2,6	-0,1	1,7	-1,2	0,7	-2,1
	2 ділянка	13,3	-0,4	1,9	1,2	7,6	1,2	11,3	-3,1	4,3	1,2
	3 ділянка	9,3	1,2	3,9	1,5	5,7	1,5	24,8	1,1	10,1	5,1
	4 ділянка	9,3	3,5	5,8	1,5	9,8	0,2	22,6	12,1	13	7,8
	5 ділянка	13,3	5,7	8,3	2,2	-3,8	-1,1	-0,2	-1,1	-6,5	-2,5
180	1 ділянка	18	2,5	14	2,8	25	5,1	1,8	-2,1	2	-1,1
	2 ділянка	28,8	7,8	53,7	10,1	39,1	6,1	21,2	5,1	12,6	5,3
	3 ділянка	42,4	10,2	57,4	12,2	55,1	6,8	35,9	10,1	28,3	9,1
	4 ділянка	67	15,1	72,8	15,5	75,1	15,1	65,2	12,1	60,3	14,3
	5 ділянка	78,3	18,2	49,3	18,1	78,2	21,5	51,8	15,3	79,8	22

Середній ефект чистки пробіотиком за висівання гороху посівного становив 75 %. Одержані результати біоремедіації за допомогою пробіотику детально наведені в табл. 2.

Таблиця 2

Результати ремедіації ґрунту за різної концентрації забруднення НП

Час експозиції, діб	Початкова концентрація НП, мг/кг	Ефективність очистки, %				
		по проростанню	по довжині коренів	по масі коренів	по довжині наземної частини	по масі наземної частини
1	2	3	4	5	6	7
<i>Горох посівний (Pisum sativum)</i>						
2	1000	146,15	150,00	237,50	116,42	0,00
	2000	161,54	110,75	37,50	10,53	-52,94
	5000	-23,08	83,22	-20,00	156,76	13,46
	10000	75,96	68,42	40,86	68,37	-9,68
	20000	81,66	66,00	52,94	69,12	56,30
20	1000	122,22	87,18	103,85	170,59	400,00
	2000	103,01	36,84	84,21	127,43	72,09
	5000	87,10	61,54	73,68	95,56	49,50
	10000	62,37	74,14	97,96	46,46	40,00
	20000	57,14	73,49	71,05	-450,00	61,54
180	1000	86,11	80,00	79,60	216,67	155,00
	2000	72,92	81,19	84,40	75,94	57,94
	5000	75,94	78,75	87,66	71,87	67,84
	10000	77,46	78,71	79,89	81,44	76,29
	20000	76,76	63,29	72,51	70,46	72,43
середнє		84,22	79,57	78,91	61,84	70,65

На наступному етапі експеримент із біоремедіації проводили в умовах польового досвіду на об'єктах із низьким і середнім рівнями забруднення ґрунту: одна ділянка на відстані 50 м від звалища ТПВ, друга ділянка – 500 м. Для біоремедіації використовувався Світеко-Агробіотик-01, розбавлення 1:1000. Строк проведення експерименту – 3 місяці. Визначено вміст нафтопродуктів до і після біоремедіації методом ІК-спектрометрії (рис. 2).

У подальшому для поліпшення якості ґрунтів, забруднених нафтопродуктами, а також зниження концентрації різних забруднень у ґрунті можливо використовувати додаткові біологічні методи – рослини. Для експерименту вибрано дві суміші: люцерну і віко-вівсяну суміш. Через три дні після посіву на зразках із незабрудненим і забрудненим ґрунтами зійшли паростки рослин рівномірно по всій площі. При цьому спостерігалось знижена вологоємність ґрунту. У зразках з умістом нафтопродуктів 10000 мг/кг паростки зійшли на

п'яту добу. Аналогічно закладався експеримент з поливом. Остаточні результати місячного експерименту з оцінки ефективності фітореMediaції на 30-ту добу представлено в табл. 3.

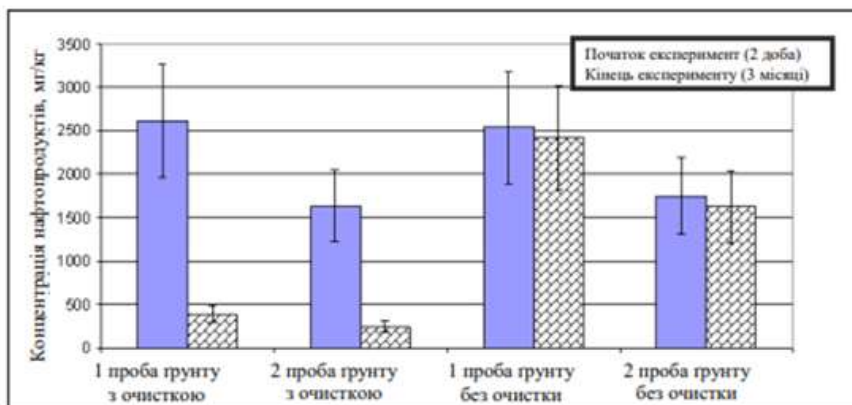


Рис. 2. Уміст НП у ґрунті до і після проведення біоремедіації ґрунту

Таблиця 3

Оцінка ефективності фітореMediaції ґрунту від НП в лабораторних умовах

Початкова концентрація НП у ґрунті, мг/кг	Контроль	1000	2000	5000	10000
Віко-вівсяна суміш	39±10	76±19	246±62	1144±286	5423±1356
Люцерна	37±9	40±10	201±50	999±250	5189±1297

У всіх зразках ґрунтів із двома різними травами удалося знизити вміст нафтопродуктів до допустимого рівня забруднення (рис. 3).

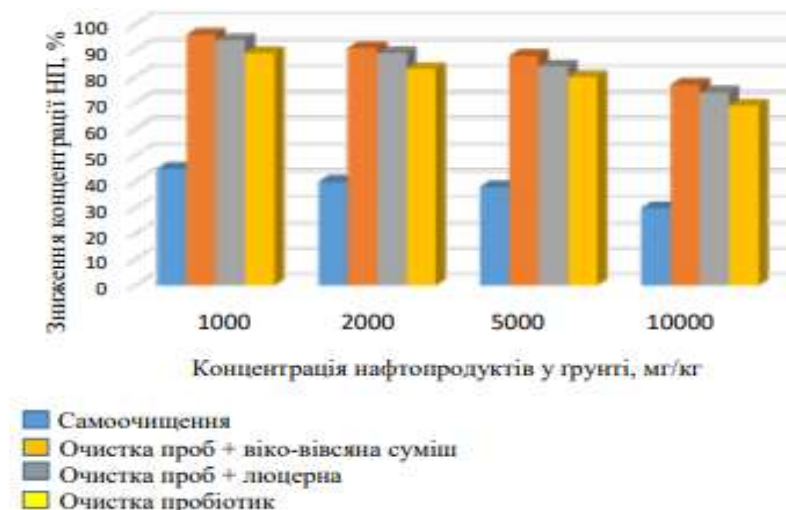


Рис. 3. Порівняльна характеристика зниження концентрації нафтопродуктів у ґрунті в умовах її самоочищення і фітореMediaції пробіотиком та травами

Таким чином, на основі одержаних результатів спостерігаємо, що використання самих пробіотичних препаратів дає достатньо високий ефект, але нижчий, аніж комплексне використання з рослинами, орієнтовно на 10–12 %.

A STUDY OF INVASIVE PLANT *ANDROPOGON GAYANUS* AND
PENNISETUM PEDICELLATUM FOR RECLAIMING NIGERIAN MINED SITES

Bappah M., Alexiou-Ivanova T.

Czech University of Life Sciences Prague

Prague, Czech Republic

bappah@ftz.czu.cz

Nigeria is one of the wealthiest countries in Africa that is blessed with diverse and abundant natural resources, including crude oil, natural gas, iron ore, lead, zinc, and gold, whose existence is in different locations across the country. There are 700 million tones of bentonite, 42 billion tones of bitumen, 40 million tones of talc, 7.5 million tones of barite, and over 3 million tones of iron ore deposits across the country's states. Proper exploitation of those resources will surely help boost the country's economy. There is abundant exploitation of natural resources in Nigeria, leading to the destruction of many agricultural lands. Reclamation of those mined sites can improve agricultural activities in those areas and revitalize biodiversity. Unlike Gamba grass (*Andropogon gayanus*), an invasive plant with short rhizomes and robust stem covered with dense white hair, Nigerian grass (*Pennisetum pedicellatum*) is a noxious plant with many leafy branches with cylindrical panicles and dense flowered and polished flat leaves. These pasture grasses are natives of tropical Africa, drought-resistant, and able to withstand several cuts or grazing. Judging by their energy value, the grasses can serve as feedstocks for biofuel production. Utilization of these grasses for mined soil reclamation will improve the land as well as provide an alternative source for energy generation. Interaction between man and his natural environment depends on man's activities to provide himself with all social needs through harnessing environmental resources. The economic and industrial development of a country can be associated with its ability to exploit its abundant mineral resources. Economic opportunities and prospects for development are open for developing countries with many or abundant resources [1]. Nigeria is the most populated African country with the largest economy and abundant mineral resources [2, 3], most of which are not yet explored [3]. It is the largest

producer of gemstones in west Africa, with increased mining activities in different parts of Bauchi, Plateau, and Nasrawa states [3], thereby making the land unbearable for agricultural activities. A range of solid minerals, including baryte, gold, bitumen, iron ore, lead/zinc, coal, and limestone, with significant potential for the country's economic development, are exported into the global market [3]. One of the significant challenges facing mining sectors in Nigeria is the illegal mining activities, which are associated with environmental and community risks [3]. Though, data on how natural resources contribute to polluting the environment are very scanty [4]. The essential components for controlling any pollution depend on the systematic gathering and monitoring of pollutants information and pollution level [4]. Most West African countries lack regulations and minimum standards for pollution, and studies are not carried out before establishing industries, including mining industries. The government's main priority is industrial and economic development without considering the negative effect it may force on the environment [4]. Minerals of economic value are extracted or exploited using surface or underground mining from the underground mineral deposit. Surface mining, usually called strip mining, involves excavating the soil to form an open pit, quarry, or open-cast using mechanical or aqueous excavators [5], covering 80% of the global mining activities. At the same time, underground mining, which is more profitable, considers enforced economic, safety, and environmental restrictions, thereby generating less waste [6]. Solid mineral exploration in Nigeria dates back to the pre-colonial era. In the 1940s, Nigeria was promoted to the leading columbite, coal, and tin producer, following an organized mining operation of the British colonial government that covered the northern and southern protectorates. Commercial activities were increased, resulting in an influx of mining companies, which exposed the country to the world [7]. Mining activities cause 7% of global deforestation in sub-tropics [6]. Even though the exact amount of land affected by mining in Nigeria is not available, there is evidence of deforestation in areas with mining and quarrying activities. The mining process is considered the major cause of deforestation in Nigeria [6] and significantly affects biodiversity. The environment is exposed to a high amount of waste, including heavy

metals, through mining activities. It is prone to deleterious impact, making the immediate community unfeasible for health, environment, and socio-economic activities [7]. Heavy metals production from mineral exploration are the major concern for toxic metal accumulation, thereby threatening human health [8]. The properties which an ideal plant for phytoremediation is expected to possess are deep roots, fast-growing, easy harvest, high biomass, tolerant to heavy metals, and the ability to accumulate a range of heavy metals in their harvestable and aerial parts. Though no plant has been proven to fulfill all the criteria, some plants may possess some properties and can serve as an alternative for phytoremediation. The present study focuses on the evaluation of the phytoremediation as well as fuel-energy potential of gamba grass and Nigeria grass. Gamba grass (*Andropogon gayanus*) is a perennial [9] invasive plant of tropical African origin [9-11] that grows up to the height of 4m [10, 12]. It is a tall tropical pasture grass [13] with short rhizomes, robust stems covered in dense, soft white hairs, and green leaves of about 1m long. The grass has the potential to grow in a broader environmental range [11]. The grass quickly produces large culms if it is not burned, cut, or heavily-grazed [10, 11], thereby accumulating abundant biomass [10, 11, 14]. It can grow in a broader soil type range and topography [11]. It also has high seeds viability and infestation ability [9]. Gamba grass is characterized by the fibrous vertical root of over 1m beneath the soil surface, which could be attributed to its drought resistance [15]. Nigerian grass (*Pennisetum pedicellatum*) is an annual plant that grows up to 1 m, associated with many leafy branches. It has cylindrical panicles, dense flowered and polished flat leaves of 4-10 mm wide and 15-25 cm long [16]. The grass is native to West Africa and spreads to other parts like Northern Australia and Southeast Asia through India [16, 17]. It is a drought-tolerant grass that grows in areas with 30-35 °C average day temperature and 4-6 months of the rainy season (600-1500 mm) [16]. The weed, which is difficult to bury or control, invades millet and sorghum crops in Asia and tropical Africa [16, 17]. The grass is temporarily used as pasture [18]. Due to its ability to withstand several cuts, the grass is used for silage and hay.

LITERATURE

1. Jackson T.C.B., Ifeoma B., and Tombra R. Natural resource exploitation and socio-economic development in Nigeria (1981-2015). *International Conference on Natural Resources and Africa's Development (ICNRAD)*. 2016. vol. 8. no. 1-4. pp. 77-101.
2. Olade M. Mineral Deposits and Exploration Potential of Nigeria, no. May. Houston: Prescott Resource Publishers, 2020.
3. MMSD. Nigeria's Mining and Metal Sector: Investment Promotion Brochure. Abuja, 2017. [Online]. Available: www.minesandsteel.gov.ng/wp-content/uploads/2017/10/Nigeria-Ministry-of-Solid-Minerals-INvestment-BrochureV14.pdf
4. Olade M. Heavy Metal Pollution and the Need for Monitoring: Illustrated for Developing Countries in West Africa. *Lead, Mercury, Cadmium and Arsenic in the Environment*. no. August, T. Hutchinson and K. Meema, Eds. Chichester, UK: John Wiley and Sons, 2002, pp. 335-341.
5. Hartman H.L. and Mutmanský J.M. Introductory mining engineering second edition, 2002. [Online]. Available: www.wiley.com.
6. Senouci O. Environmental and Health Impacts of Mining in Nigeria: A Review, 2020. [Online]. Available: www.researchinventy.com
7. Odoh Chuks Kenneth B., Uchenna Kalu A., Francis A., O. Chuks Kenneth α , and A. Uchenna Kalu σ Anyah Francis ρ . Environmental Impacts of Mineral Exploration in Nigeria and their Phytoremediation Strategies for Sustainable Ecosystem. *Type Double Blind Peer Rev. Int. Res. J. Publ. Glob. Journals Inc.* vol. 17. 2017.
8. Chaturvedi A.D., Pal D., Penta S., and Kumar A. Ecotoxic heavy metals transformation by bacteria and fungi in aquatic ecosystem. *World J. Microbiol. Biotechnol.* vol. 31. no. 10. pp. 1595-1603. Oct. 2015. doi: 10.1007/s11274-015-1911-5.
9. Luck B.L., Bellairs S.M., and Rossiter-rachor N.A. Residual herbicide treatments reduce *Andropogon gayanus* (Gamba Grass) recruitment for mine site restoration in northern Australia. pp. 1-8. 2019. doi: 10.1111/emr.12376.
10. Adams V.M. and Setterfield S.A. Estimating the financial risks of *Andropogon gayanus* to greenhouse gas abatement projects in northern Australia Estimating the financial risks of *Andropogon gayanus* to greenhouse gas abatement projects. no. January 2014, 2013. doi: 10.1088/1748-9326/8/2/025018.
11. Murphy H., Ford A., Bradford M., Vogler W., Setter S., and Warren C. Management options for gamba grass (*Andropogon gayanus*) in conservation areas of Cape York Peninsula. *CSIRO*. Australia, 2021.
12. Setterfield S.A., Rossiter-rachor N., Douglas M.M., and McMaster D. The impacts of *Andropogon gayanus* (gamba grass) invasion on the fire danger index and fire management at a landscape scale danger index and fire management at a landscape scale. *Nineteenth Australasian Weeds Conference*, 2014. no. September. pp. 125-128.
13. Maia B. *et al.*, Revista Brasileira de Zootecnia Morphogenetic and structural characteristics of andropogon grass submitted to different cutting heights 1 Características morfogênicas e estruturais do capim-andropógon submetido a diferentes alturas de corte. pp. 2141-2147. 2010.
14. Stainy S., Sanchês C., Rodrigues R.C., and Silva R.R. Morphogenetic and structural characteristics of gamba grass subjected to nitrogen fertilization and different defoliation intensities. *Biosci. J.* vol. 36. no. 5. pp. 1676-1686. 2020. doi: 10.14393/BJ-v36n5a2020-47944.
15. Bowden B.N. Studies on *Andropogon Gayanus* Kunth : III. An Outline of its Biology Published by: British Ecological Society Stable. URL : <https://www.jstor.org/stable/2257594>. vol. 52. no. 2. pp. 255-271. 1964. [Online]. Available: <https://www.jstor.org/stable/2257594>
16. Heuzé V. and Hassoun P. Nigeria grass (*Pennisetum pedicellatum*). *Feedipedia, a programme by INRAE, CIRAD, AFZ and FAO*, 2015. [Online]. Available: <https://www.feedipedia.org/node/396>
17. Schmelzer G.H. Review of *Pennisetum* section *Brevivalvula* (Poaceae). *Euphytica*. vol. 79. no. 1921. pp. 1-20. 1996. [Online]. Available: <http://www.documentation.ird.fr/hor/fdi:010012150>
18. Ecocrop. Nigeria grass (*Pennisetum pedicellatum*). *FAO, Feedipedia*, 2010. [Online]. Available: <http://ecocrop.fao.org/ecocrop/srv/en/home>

USING VETIVER GRASS WETLANDS FOR IMPROVED COFFEE WET
PROCESSING WASTEWATER TREATMENT

Ing. et Ing. Duque-Dussán, Eduardo, MBA^{1,2,*}

Bc. Rázková, Zuzana³

prof. Ing. Banout, Jan, Ph.D.¹

¹ *Czech University of Life Sciences,
Prague, Czech Republic*

² *National Coffee Research Center - CENICAFE,
Manizales, Caldas, Colombia*

³ *Czech University of Life Sciences,
Prague, Czech Republic
duque_dussan@ftz.czu.cz*

When coffee is wet-processed, it produces large amounts of wastewater containing high levels of BOD, COD, total and suspended solids, NTK, phosphorus, and other pollutants. There are several processes developed by the National Coffee Research Center (Cenicafé) to treat the effluent produced. Acidogenic/hydrolytic reactors, followed by methanogenic reactors, are among the most efficient ones. It has been demonstrated that the process can correct the outlet stream by 78.67%, but only if all variables are controlled. Consequently, a triple-pass vetiver grass wetland was proposed in this study to be located after the methanogenic reactor, allowing even higher remediation levels without considering the characteristics of the incoming stream. A sequential modular approach was used to simulate the process, and the final discharge flow showed a remediation efficiency of 97.75%. The methanogenic reactor can produce biogas that can be cleaned and used for a range of applications, including drying coffee and household purposes.

**ПЕРСПЕКТИВИ ВИРОБНИЦТВА БІОСІРОВИНИ
ЕНЕРГЕТИЧНИХ КУЛЬТУР НА РЕКУЛЬТИВОВАНИХ ЗЕМЛЯХ**

МАТЕРІАЛИ МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ

м. Дніпро, 23–24 червня 2022 року

Комп'ютерна верстка Н.В. Гончар

Дніпровський державний аграрно-економічний університет

49600, м. Дніпро, вул. Сергія Єфремова, 25

Підписано до друку 15.06.2022. Формат 60×84/16

Обл.-вид. арк. 25,76. Папір офсетний. Друк офсетний.

Наклад 200 прим.
