



# Агроекологія, радіологія, меліорація

УДК 633.2:631.445.124

© 2021

## ПЕРСПЕКТИВИ ВИРОЩУВАННЯ БІОЕНЕРГЕТИЧНИХ КУЛЬТУР НА ОСУШУВАНИХ ТОРФОВИХ ҐРУНТАХ ЗАХІДНОГО ПОЛІССЯ В УМОВАХ КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН

Ю.О. Тараріко<sup>1</sup>, М.Д. Зосимчук<sup>2</sup>, М.Г. Стецюк<sup>3</sup>, О.А. Зосимчук<sup>4</sup>,  
В.П. Лукашук<sup>5</sup>, Г.А. Сербенюк<sup>6</sup>

<sup>1</sup>доктор сільськогосподарських наук, професор, академік НААН

<sup>2, 4-6</sup>кандидати сільськогосподарських наук

<sup>1, 5</sup>Інститут водних проблем і меліорації НААН

вул. Васильківська, 37, м. Київ, 03022, Україна

<sup>2-4</sup>Сарненська дослідна станція Інституту водних проблем і меліорації НААН

Дослідна станція, 32, м. Сарни, Рівненська обл., 34501, Україна

<sup>6</sup>Національний університет біоресурсів і природокористування України

вул. Героїв Оборони, 15, м. Київ, 03041, Україна

e-mail: <sup>1</sup>urtar@bigmir.net, <sup>2</sup>zosimchykm@gmail.com, <sup>3</sup>nick.stetsiuk@gmail.com,

<sup>4</sup>oksana.zosimchyk@gmail.com, <sup>5</sup>vita\_lukashuk@ukr.net, <sup>6</sup>bojruw@ukr.net

ORCID: <sup>1</sup>0000-0001-8475-240X, <sup>2</sup>0000-0002-7162-8300, <sup>3</sup>0000-0001-6773-2546,

<sup>4</sup>0000-0001-9656-0181, <sup>5</sup>0000-0003-0081-0962, <sup>6</sup>0000-0001-9187-0623

Надійшла 12.08.2021

**Мета.** Визначити найбільш перспективні види біоенергетичних культур і дослідити потенціал їхньої продуктивності на осушуваних торфових ґрунтах Західного Полісся в умовах змін клімату. **Методи.** Польовий — для спостереження за ростом і розвитком рослин, формуванням їхньої врожайності, лабораторний — для визначення кількісних і якісних характеристик агрохімічних і фізико-хімічних властивостей торфових ґрунтів, вимірювальний та вимірювально-ваговий — для визначення врожайності, водного режиму ґрунту, гамма-спектрометричний — для визначення вмісту радіонуклідів у ґрунті та рослинницькій продукції, розрахунково-порівняльний — для визначення енергетичної ефективності вирощування біоенергетичних культур на осушуваних торфових ґрунтах Західного Полісся. **Результати.** Установлено потенціал продуктивності найпоширеніших видів деревних, одно- та багаторічних трав'янистих біоенергетичних культур в умовах осушуваних торфових ґрунтів Західного Полісся. Досліджено можливість одержання власного насіннєвого та посадкового матеріалу основних видів біоенергетичних культур у зоні Західного Полісся. **Висновки.** Доведено, що найбільш перспективною і технологічною деревною біоенергетичною культурою для вирощування на осушуваних землях Полісся є верба прутовидна швед-

ської селекції, яка за оптимальних умов щороку може забезпечувати одержання до 28–30 т/га деревної біомаси, що в 10–14 разів перевищує за продуктивністю традиційні лісові насадження. Серед трав'янистих багаторічних біоенергетичних культур найбільш перспективними є міскантус та сіда, які забезпечують одержання до 25 т/га сухої біомаси, а серед трав'янистих однорічних культур — сорго цукрове, сорго віничне та кукурудза, що забезпечують одержання до 20 т/га сухої маси. Доведено, що на осушуваних торфових ґрунтах Західного Полісся за умов належної агротехніки можна успішно займатися насінництвом більшості досліджуваних біоенергетичних культур, зокрема таких теплолюбних, як кукурудза, сорго цукрове, віничне, суданське, пайза. Зважаючи на високий коефіцієнт розмноження насіння, ці культури можна швидко впровадити у виробництво на певній площі.

**Ключові слова:** вегетативна маса, суха біомаса, біопаливо, вихід енергії.

DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202112-09>

Останніми роками дедалі частіше виникає проблема подальшого використання перезволожених земель Західного Полісся з нерегульованим водно-повітряним режимом. Крім часткової ренатуралізації, 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]. Через нестачу коштів на проведення агрохімічної меліорації таких ґрунтів у регіоні стає дедалі більше. Вони часто виводяться з повноцінного сільськогосподарського використання, в кращому разі використовуються під малопродуктивні пасовища чи сінокоси, або просто облогуєть і заростають чагарниковою рослинністю. Тому важливим є питання їх подальшого використання [4].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** 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 [5–9]. Тобто ці культури повинні займати відповідну ґрунтово-територіальну нішу, щоб не створювати в регіоні вирощування конкуренції для основних продовольчих сільськогосподарських культур. Тому вирощування на осушуваних землях біоенергетичних культур, передусім невибагливих до водно-повітряного режиму, дасть змогу повернути ці землі для ефективного використання [5].

Дослідженнями встановлено, що серед відомих енергетичних культур найперспективнішими є верба прутівидна (*Salix viminalis* L.) та міскантус гігантський, що зумовлено невибагливістю до умов вирощування, високою продуктивністю та здатністю поліпшувати еколого-меліоративний стан ґрунтів і навколишнього середовища. Серед однорічних біоенергетичних культур перспективними є сорго цукрове та кукурудза [4, 10, 11].

Нині питання можливості вирощування біоенергетичних культур на осушуваних торфових ґрунтах Західного Полісся мало вивчене. Недостатньо вивченим є також вплив параметрів водно-повітряного та поживного режимів ґрунту на продуктивність біоенергетичних культур.

**Мета досліджень** — визначити найперспективніші види біоенергетичних культур і дослідити потенціал їхньої продуктивності на осушуваних торфових ґрунтах Західного Полісся в умовах змін клімату.

**Методика досліджень.** На Сарненській дослідній станції Інституту водних проблем і меліорації НААН останніми роками проводять дослідження з вивчення біологічної та енергетичної продуктивності трав'янистих одно- і багаторічних біоенергетичних культур, які за світовою практикою належать до найбільш перспективних. Їх проводять на осушуваному торфовому масиві «Чемерне» Сарненської дослідної станції (Рівненська обл.). За морфологічними ознаками, ботанічним складом, водно-фізичними та агрохімічними властивостями цей масив є типовим для Західного Полісся — глибоким середньозольним незаплавним гіпново-осоковим болотом низинного типу. Ґрунт дослідних ділянок добре забезпечений легкогідролізованим азотом, має низький уміст фосфору та дуже низький калію. Дослідні ділянки відзначаються слабкою реакцією ґрунтового середовища ( $\text{pH}_{\text{сол}} 4,8-5,0$ ).

**Результати досліджень.** Погодні умови в 2016–2020 рр. проведення досліджень були нетиповими для зони Західного Полісся. Так, вегетаційний період 2016 р. відзначався нерівномірним випаданням опадів із різкими перепадами температури. За вегетаційний період випало 176 мм опадів, що на 224 мм (56%) менше середньобаторічного значення. Середньомісячна температура повітря становила 16,2°C і була вищою на 1,5°C за багаторічний показник. Вегетаційний період 2017 р. був також дуже посушливим, однак, опади випадали більш рівномірно порівняно з 2016 р. За вегетаційний період 2017 р. випало 227 мм опадів, що на 173 мм (43,3%) менше середньобаторічного значення. Середньомісячна температура повітря становила 15,5°C і була вищою на 0,8°C порівняно з багаторічним показником.

За вегетаційний період 2018 р. випало 255 мм опадів, що на 145 мм менше за багаторічну норму, або 63,7% від норми. Особливу нестачу опадів відзначено в квітні та червні, коли випало 26 та 38% від норми. Середньомісячна температура повітря в 2018 р. становила 17,1°C, що на 2,5°C вище за середньобаторічну норму.

За вегетаційний період 2019 р. випало 317,2 мм опадів, що на 82,8 мм менше за багаторічну норму, або 79,3% від норми.

Середньомісячна температура повітря в 2019 р. становила 15,8°C, що на 1,2°C вище за середньобаторічну норму.

За вегетаційний період 2020 р. випало 334,7 мм опадів, що на 65,3 мм менше за багаторічну норму, або 83,7% від норми. Середньомісячна температура повітря в 2020 р. становила 15,4°C, що на 0,8°C вище за середньобаторічну норму.

Отже, погодні умови в роки досліджень відзначалися нестачею опадів і підвищеними середньодобовими температурами порівняно із середньобаторічними показниками.

Регулювання водного режиму на дослідних ділянках здійснювали за допомогою шлюзування. Загалом рівні ґрунтових вод на дослідних ділянках упродовж 2016–2020 рр. в квітні–травні були 51–63 см, червні–вересні — 65–97 см від поверхні ґрунту, що близько до оптимальних значень для більшості досліджуваних видів біоенергетичних культур.

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.

Серед однорічних біоенергетичних культур на осушуваних торфових ґрунтах найурожайнішим виявилось сорго цукрове, яке забезпечувало одержання 20,3 т/га сухої маси, що еквівалентно 345,4 ГДж/га. Із багаторічних біоенергетичних культур найбільш урожайним виявився міскантус — 29,1 т/га сухої біомаси, що еквівалентно 451,6 ГДж/га.

Проведені дослідження показали перспективність вирощування верби прутівидної на осушуваних торфових ґрунтах (табл. 2, 3).

Дослідженнями встановлено, що верба прутівидна і тритичинкова української селекції впродовж першого циклу 3-річного вирощування на осушуваних торфовищах забезпечили одержання 52,2 та 54,6 т/га сухої деревної маси, верба прутівидна шведської селекції — 84,1 т/га.

Упродовж другого циклу 3-річного вирощування верба прутівидна і тритичинкова

**1. Урожайність біомаси біоенергетичних культур на осушуваних торфових ґрунтах за внесення  $N_{60}P_{60}K_{120}$  (середнє за 2016–2020 рр.)**

Культура	Урожайність маси, т/га		Енергетична продуктивність, ГДж/га
	вегетативної	сухої	
<i>Однорічні трав'янисті культури</i>			
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
<i>Багаторічні трав'янисті культури</i>			
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

**2. Продуктивність деревних біоенергетичних культур на осушуваних торфових ґрунтах (1-й цикл 3-річного вирощування), т/га сухої маси**

Культура	Рік досліджень				Енергетична продуктивність, ГДж/га
	2015	2016	2017	Середнє	
Верба прутовидна, Україна (2015 р. садіння)	17,2	45,1	52,2	17,4	295,8
Верба тритичинкова, Україна (2015 р. садіння)	15,6	48,4	54,6	18,2	309,4
Верба прутовидна, Швеція (2015 р. садіння)	23,1	58,4	84,1	28,0	476,0

**3. Продуктивність деревних біоенергетичних культур на осушуваних торфових ґрунтах (2-й цикл 3-річного вирощування), т/га сухої маси**

Культура	Рік досліджень				Енергетична продуктивність, ГДж/га
	2018	2019	2020	Середнє	
Верба прутовидна, Україна (2015 р. садіння)	20,7	47,4	56,4	18,7	317,9
Верба тритичинкова, Україна (2015 р. садіння)	19,4	44,3	54,4	18,1	307,7
Верба прутовидна, Швеція (2015 р. садіння)	31,9	62,4	93,6	31,2	530,1

української селекції на осушуваних торфовищах забезпечили одержання 56,4 та 54,4 т/га сухої деревної маси, верба прутовидна шведської селекції — 93,6 т/га.

Дослідженнями 2015–2020 рр. установлено 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 прутovidної шведської селекції можна щороку одержувати до 30 т/га сухої деревної маси, що в 10–14 разів більше, ніж забезпечують традиційні лісові насадження.

Одним із показників продуктивності біоенергетичних культур є вихід біогазу з різних видів біоенергетичних культур. Як показали дослідження, потенційний вихід біогазу за умови переробки одержаного врожаю вегетативної маси більшості видів досліджуваних біоенергетичних культур становить понад 5 тис. м<sup>3</sup> з 1 га. Найбільший вихід біогазу з 1 га посіву забезпечують кукурудза та сорго цукрове — понад 8 тис. м<sup>3</sup>.

Для успішного впровадження нових культур у виробництво слід сформувавши надійну насіннєву базу. Через особливості рельєфу і теплового режиму на осушуваних торфовищах вегетаційний період дещо коротший порівняно з прилеглим суходолом. Тому деякі теплолюбні рослини в цих умовах не завжди дають фізіологічно стигле насіння. Так, у дослідях, проведених на станції в кінці 50-х років ХХ ст., насіння пайзи та сорго суданського не достигало. У тих самих дослідях ранньостиглі сорти та гібриди кукурудзи достигали лише до фази молочно-воскової стиглості зерна [13–15]. Тобто на той час не було достатніх теплових ресурсів для одержання фізіологічно стиглого насіння зазначених вище культур.

Останніми десятиліттями в зоні Полісся, як і по всій Україні, відбуваються істотні зміни клімату. Зокрема, на Поліссі відзначено підвищення значень середньодобової температури повітря та суми активних температур вище 5, 10 та 15°C, що значно розширює видовий склад сільськогосподарських культур, придатних для вирощування в цій зоні. Однією з умов успішного впровадження будь-якої нової культури у виробництво є можливість одержання фізіологічно стиглого насіння, що значно здешевлює її вирощування. З цією метою нами паралельно було проведено дослідження з вивчення можливості одержання насіннєвого матеріалу досліджуваних біоенергетичних

культур у специфічних умовах меліорованих органомінеральних ґрунтів.

Отримані результати насіннєвої продуктивності досліджуваних культур наведено в табл. 4.

За наведеними даними, для переважної більшості досліджуваних біоенергетичних культур можна організувати власну насіннєву базу в регіоні вирощування, оскільки вони продукують досить високий урожай фізіологічно стиглого насіння. Отже, на осушуваних

#### **4. Насіннєва продуктивність біоенергетичних культур в умовах осушуваних торфовищ Західного Полісся (торфоболотний масив «Чемерне», середнє за 2015–2020 рр.)**

Культура	Урожайність насіння, т/га	Можлива площа посіву одержаним насінням, га
Сорго:		
віничне	6,21	290–300
цукрове	4,95	240–250
суданське	4,92	240–260
Трава Колумба	3,01	150–160
Пайза	2,18	220–230

#### **5. Показники накопичення радіонукліда <sup>137</sup>Cs у рослинах біоенергетичних культур і коефіцієнти його переходу в ланці ґрунт – рослина**

Культура	Накопичення <sup>137</sup> Cs, Бк/кг	КП <sup>137</sup> Cs
<i>Однорічні</i>		
Сорго:		
віничне	30	0,55
цукрове	17	0,31
суданське	16	0,29
зернове	7	0,13
Пайза	5	0,09
<i>Багаторічні</i>		
Очеретянка звичайна	73	1,34
Топінамбур	55	1,01
Світчґрас	42	0,77
Трава Колумба	26	0,48
Сіда	13	0,24
<i>Деревні</i>		
Верба:		
прутовидна, Україна	80	1,49
тритичинкова, Україна	76	1,39
прутовидна, Швеція	67	1,23



торфових ґрунтах Західного Полісся за умови належної агротехніки можна успішно займатися насінництвом більшості досліджуваних біоенергетичних культур, зокрема й таких теплолюбних, як кукурудза, сорго цукрове, віничне та суданське, пайза. Зважаючи на високий коефіцієнт розмноження насіння, ці культури можна швидко впровадити у виробництво на певній площі.

У зоні Західного Полісся особливу увагу потрібно приділяти критичним щодо радіаційного забруднення органогенним ґрунтам. Саме на цих ґрунтах за невисокої щільності забруднення трапляється перевищення чинних гігієнічних нормативів у сільськогосподарській продукції. До того ж за умови перезволоження міграційна здатність радіонуклідів істотно підвищується [2, 16].

З огляду на те, що дослідження проводили на радіоактивно забруднених торфових ґрунтах, нами було проведено аналіз проб рослинницької продукції (суха маса) на виявлення вмісту радіонукліда  $^{137}\text{Cs}$  (табл. 5).

Проведений спектрометричний аналіз

сухої маси біоенергетичних культур показав, що серед трав'янистих біоенергетичних культур найвищі показники забрудненості радіонуклідом  $^{137}\text{Cs}$  відзначено в топінамбура — 51–60 Бк/кг, найнижчі — у пайзи — 5–11 Бк/кг. Щодо деревних біоенергетичних культур, то забруднення вегетативної маси верби прутovidної радіонуклідом  $^{137}\text{Cs}$  становило до 80 Бк/кг.

Загалом показники забрудненості вегетативної маси досліджуваних біоенергетичних культур радіонуклідом  $^{137}\text{Cs}$  були значно нижчими за допустимі рівні (600 Бк/кг) [17, 18]. Зважаючи на це, одержану рослинницьку продукцію біоенергетичних культур можна використовувати для виробництва біопалива без обмежень.

Слід зазначити, що перспективність вирощування в регіоні більшості досліджуваних культур зростає з урахуванням сучасних змін клімату — коротші й тепліші зими, збільшення тривалості вегетаційного періоду й його теплозабезпеченості за достатньої кількості вологи.

## **Висновки**

*Дослідженнями 2016–2020 рр. встановлено, що найбільш перспективною і технологічною деревною біоенергетичною культурою для вирощування на осушуваних торфових ґрунтах Західного Полісся є верба прутovidна шведської селекції, яка за оптимальних умов може забезпечувати щороку одержання понад 28–30 т/га деревної маси, що за продуктивністю в 10–14 разів перевищує традиційні лісові насадження.*

*Установлено, що серед трав'янистих біоенергетичних культур для вирощування на осушуваних торфових ґрунтах Західного Полісся найбільш перспективними є сіда та міскантус, що забезпечують одержання 21,1–29,1 т/га сухої маси, або 324,7–495,0 Гдж/га. Серед однорічних біоенергетичних культур найперспективнішими є сорго цукрове і віничне та кукурудза, що формують урожайність*

*17,0–20,3 т/га сухої маси, або 288,5–345,4 Гдж/га.*

*Доведено, що на осушуваних торфових ґрунтах Західного Полісся за умови належної агротехніки можна успішно займатися насінництвом більшості досліджуваних біоенергетичних культур, зокрема й таких теплолюбних, як кукурудза, сорго цукрове, віничне та суданське, пайза. З урахуванням високого коефіцієнта розмноження насіння ці культури можна швидко впровадити у виробництво на певній площі.*

*Радіологічними дослідженнями встановлено, що за щільності радіоактивного забруднення торфового ґрунту до 55,0 кБк/м<sup>2</sup> у всіх досліджуваних видів біоенергетичних культур відзначено незначні рівні забруднення радіонуклідом  $^{137}\text{Cs}$  вегетативної маси (до 80 Бк/кг), що дає можливість використовувати їх сировину для виробництва біопалива без обмежень.*

**Tarariko Yu.<sup>1</sup>, Zosymchuk M.<sup>2</sup>, Stetsiuk M.<sup>3</sup>, Zosymchuk O.<sup>4</sup>, Lukashuk V.<sup>5</sup>, Serbeniuk G.<sup>6</sup>**

<sup>1,5</sup>Institute of Water Problems and Land Reclamation

of NAAS, 37 Vasylykivska Str., Kyiv, 03022, Ukraine,  
<sup>2–4</sup>Sarny Research Station of the Institute of Water Problems and Reclamation of NAAS, 32

Experimental station, Sarny, Rivne oblast, 34501, Ukraine, <sup>6</sup>National University of Bioresources and Nature Management of Ukraine, 15 Heroiv Oborony Str., Kyiv, 03041, Ukraine; e-mail: <sup>1</sup>urtar@bigmir.net, <sup>2</sup>zosimchykm@gmail.com, <sup>3</sup>nick.stetsiuk@gmail.com, <sup>4</sup>oksana.zosimchyk@gmail.com, <sup>5</sup>vita\_lukashuk@ukr.net, <sup>6</sup>bojruw@ukr.net; ORCID: <sup>1</sup>0000-0001-8475-240X, <sup>2</sup>0000-0002-7162-8300, <sup>3</sup>0000-0001-6773-2546, <sup>4</sup>0000-0001-9656-0181, <sup>5</sup>0000-0003-0081-0962, <sup>6</sup>0000-0001-9187-0623

**Prospects of growing bioenergy crops on dried peat soils of the Western Polissia in conditions of climate change**

**Goal.** To identify the most promising types of bioenergy crops, and explore the potential of their productivity on drained peat soils of Western Polissia in climate change. **Methods.** Field — to monitor the growth and development of plants, the formation of their yields, laboratory — to determine the quantitative and qualitative characteristics of agrochemical and physicochemical properties of peat soils, measuring and weighing — to determine yields, soil water regime, gamma-spectrometric — to determine the content of radionuclides in soil and crop products, calculation and comparison — to determine the energy efficiency of growing bioenergy crops on drained peat soils of Western Polissia. **Results.** The productivity potential of the most common species

of woody, annual and perennial herbaceous bioenergy crops in the conditions of drained peat soils of Western Polissia was determined. The possibility of obtaining the own seed and planting material of the main types of bioenergy crops in the area of Western Polissia was studied. **Conclusions.** It is proved that the most promising and technological wood bioenergy crop for growing on drained lands of Polissia is a violet willow of Swedish selection, which under optimal conditions can provide up to 28–30 t/ha of wood biomass annually, which is 10–14 times higher than traditional productivity of forest plantations. Among herbaceous perennial bioenergy crops, the most promising ones are miscanthus and sedge, which provide up to 25 t/ha of dry biomass, and among herbaceous annual crops — sugar sorghum, broom sorghum, and corn, which provide up to 20 t/ha of dry tables. It is proved that on the drained peat soils of Western Polissia, with proper agricultural techniques, it is possible to successfully engage in seed production of most of the studied bioenergy crops, including heat-loving ones such as corn, sugar sorghum, broom sorghum, Sudan sorghum, paise. Due to the high rate of seed propagation, these crops can be quickly introduced into production in a certain area.

**Key words:** vegetative mass, dry biomass, biofuel, energy yield.

**DOI:** <https://doi.org/10.31073/agrovissnyk202112-09>

**Бібліографія**

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. Ткачов О.І. Панфільська дослідна станція ННЦ «Інститут землеробства НААН». Яготин, 2012. 172 с.
5. Гелетуха Г.Г. Сучасний стан та перспективи розвитку біоенергетики в Україні. Аналітична записка БАУ. 2014. № 10. 32 с.
6. Nikolaisen L., Nielsen. M. Straw for energy production. Technology — environmental-economy. *The Centre Biomas Technology*. Denmark, 1998.
7. Suadican K., Evald H., Jakobsen. Wood chips for energy production. Technology — Environment — Economy. *The Centre for Biomas Technology*. Denmark, 1998.
8. Wachendorf. Thermal use of agricultural biomas. Bova course Energy crops and biogas production, 3–7 march 2008, Tartu, Estonia.
9. Heller M., Keoleian, Volk T. Life cycle assessment of a willow bioenergy cropping system. *Biomas and bioenergy*. 2003. № 25. P. 147–165.
10. Пахольчук В.Д. Науково обґрунтована система ведення агропромислового виробництва у Волинській області. Луцьк, 2008. 539 с.
11. Блюм Я.Б. Новітні технології біоконверсії. Київ: Аграр Медіа груп, 2010. 232 с.
12. Гелетуха Г.Г. Перспективи вирощування та використання біоенергетичних культур в Україні. Аналітична записка БАУ. 2014. № 10. 33 с.
13. Вавилов П.П. Растениеводство. Москва: Агропромиздат, 1986. 636 с.
14. Бугай С.М. Рослинництво. Київ: Урожай, 1965. 414 с.
15. Осушение и освоение низинных болот Полесской зоны УССР. *Сборник научных трудов коллектива научных сотрудников Сарненской НИС*. Киев: Урожай, 1964. 274 с.
16. Методика комплексного радіаційного обстеження забруднених внаслідок Чорнобильської катастрофи територій (за винятком території зони відчуження). Київ: Атіка Н, 2007. 60 с.
17. Державні гігієнічні нормативи. Допустимі рівні вмісту радіонуклідів <sup>137</sup>Cs і <sup>90</sup>Sr в продуктах харчування і питній воді. Київ, 2006. 13 с.
18. Рівні вмісту радіонуклідів <sup>137</sup>Cs та <sup>90</sup>Sr у тваринній і рослинній сировині для забезпечення отримання продукції гарантованої якості. Режим доступу до ресурсу: [http://dsns.gow.ua>RVR\\_10](http://dsns.gow.ua>RVR_10)