

УДК: 630\*23:504.054:632.118.3(477.44)

Кравчук Г.І., кандидат с.-г. наук, доцент  
Дзюмак М.А., кандидат с.-г. наук, доцент  
Вінницький національний аграрний університет  
Кравчук О.О., аспірантка  
Інститут агроекології і економіки природокористування НААНУ  
Кушнір С.Л., старший викладач  
Тітаренко О.М., аспірантка  
Вінницький національний аграрний університет

### **ЕКОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ВИРОЩУВАННЯ ЛІСОВИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ КУЛЬТУР НА РАДІОАКТИВНО ЗАБРУДНЕНИХ ТЕРИТОРІЯХ ВІННИЧЧИНИ**

*Наведені результати досліджень радіоактивного забруднення Вінниччини, а також накопичення <sup>137</sup>Cs у фітомасі дерев різних порід, які зростали на радіоактивно забруднених територіях. Запропоновано використання радіоактивно забруднених територій для вирощування лісових енергетичних культур із подальшим отриманням біоетанолу.*

*Ключові слова:* лісові енергетичні культури, радіонукліди, біоетанол, радіоактивно забруднені території, фітомаса.

Формування та розвиток ринку енергетичних культур для виробництва рідких біопалив в зоні Лісостепу України вимагає нових підходів.

Проблеми дефіциту енергетичних ресурсів, зростаючих цін на викопне паливо і негативної дії продуктів його згорання на клімат виявили необхідність виробництва альтернативних джерел енергії. Так, у ряді країн швидкими темпами наростає виробництво альтернативних видів моторних палив. Серед них значне місце займає біоетанол. Сучасні технології з виробництва біоетанолу використовують як сировину цукро - і крохмалевмісні матеріали.

Виробництво біоетанолу з такої біомаси вельми просте в технологічному відношенні, конкурентноздатне і добре освоєно в промислових масштабах. Проте використання харчових ресурсів для виробництва енергоносіїв в майбутньому може бути недопустимим, у зв'язку з чим виникло завдання переходу до біоетанолу другого покоління, до виробництва якого залучається сировина нехарчового призначення. Найбільш перспективною в цьому напрямі є лігноцелюлозна біомаса, зокрема, деревина. Вирощування деревини потребує значних територій. Використання лісових та сільськогосподарських угідь під вирощування лісових енергетичних культур економічно не вигідно. Тим самим нам відомо, що після аварії на Чорнобильській АЕС, значна територія України була забруднена радіонуклідами. На цій території категорично заборонено вирощування сільськогосподарських культур та промислової деревини. Враховуючи вищевикладене постає проблема ефективного використання забруднених радіонуклідами угідь.

Метою досліджень було дослідити екологічну ефективність використання забруднених радіонуклідами територій для вирощування лісових енергетичних культур

на Вінниччині.

**Матеріали та методика досліджень.** Дослідження на вміст радіонуклідів проводились в обласній державній лабораторії ветеринарної медицини Управління ветеринарної медицини у Вінницькій області. Визначення природного гамма-фону здійснювалось пошуковим дозиметром-радіометром гамма-бета-випромінювань МКС-07 «ПОШУК» [1]. Також визначався вміст питомої активності цезію-137 та стронцію-90 у зразках ґрунту та деревині. Ці дослідження проводили за допомогою спектрометра бета-випромінювання серії СЕБ-XX [2]. Ґрунт для досліджень відбирався відповідно ДСТУ 4287:2004 [3].

**Результати досліджень.** Ретроспективний аналіз показав, що робота з вивчення радіаційної ситуації на сільськогосподарських угіддях Вінниччини розпочата з перших днів аварії на ЧАЕС і триває до сьогодні. Особлива увага приділена визначенню щільності забруднення сільськогосподарських угідь  $^{90}\text{Sr}$  і  $^{137}\text{Cs}$  та шляхів інтенсивного використання забруднених земель.

Дані про рівень забруднення радіонуклідами сільськогосподарських угідь Вінниччини наведені в табл. 1.

Таблиця 1. Результати аналізу розподілення зон забруднення  $^{137}\text{Cs}$  та  $^{90}\text{Sr}$  території Вінниччини

Щільність забруднення, $\text{кБк}/\text{м}^2$ , $\text{Cs}^{137}$	Вінниччина	Україна	Щільність забруднення, $\text{кБк}/\text{м}^2$ , $\text{Sr}^{90}$	Вінниччина	Україна
	га	га		га	га
до 37	160235	5575963	до 0,74	13718	267007
37-185 (4 зона)	77203	103491	0,75-5,55 (4 зона)	181037	3638227
185-555 (3 зона)	781	98940	5,55-111 (3 зона)	43464	307760
> 555 (2 зона)	–	27094	> 111 (2 зона)	–	1398
Загальна площа, га	238219	5805488	Загальна площа, га	238219	4214392

Площа забруднення на Вінниччині склала 238 219га, з них 77 984 га віднесені до 3 та 4 зон радіоактивного забруднення.

Результати дослідження забруднення радіонуклідами ґрунту на контрольних майданчиках Вінниччини наведено в таблиці 2.

Як видно із таблиці 2,- на контрольних майданчиках за останні десять років, найбільш забрудненими виявились ґрунти:

– Тиврівський район – с. Бушинка (середня щільність цезієм-137 – 4,5  $\text{Кі}/\text{км}^2$ , стронцієм-90 – 0,243  $\text{Кі}/\text{км}^2$ , гамма-фон – 49  $\text{мкР}/\text{год.}$ );

– Гайсинський район – с. Кунка (середня щільність забруднення цезієм-137 – 1,37 $\text{Кі}/\text{км}^2$ , стронцієм-90 – 0,140  $\text{Кі}/\text{км}^2$ , гамма-фон – 26  $\text{мкР}/\text{год.}$ );

– Тульчинський район – с. Крищенці (середня щільність забруднення цезієм-137 – 1,68  $\text{Кі}/\text{км}^2$ , стронцієм-90 – 0,172  $\text{Кі}/\text{км}^2$ , гамма-фон – 35  $\text{мкР}/\text{год.}$ );

– Чечельницький район – с. Вербка (середня щільність забруднення цезієм-137 –

1,32 Кі/км<sup>2</sup>, стронцієм-90 – 0,090 Кі/км<sup>2</sup>, гамма-фон – 28 мкР/год.).

Таблиця 2. Результати дослідження забруднення радіонуклідами ґрунту на контрольних майданчиках Вінниччини, n=210; M±m

Назва контрольних радіологічних майданчиків	Середня щільність забруднення цезієм-137 (Кі/км <sup>2</sup> )	Середня щільність забруднення строн-цієм-90 (Кі/км <sup>2</sup> )	Природний середній гамма-фон (мкР/год.)
Показник еталонного ґрунту	0,1	0,024	-
Результати радіологічних досліджень за 2000р. (контроль)			
с. Бушинка Тиврівський район (n=27)	4,75±0,07	0,266±0,003	50,25±2,7
с. Кунка Гайсинський район (n=25)	1,67±0,05	0,143±0,005	27,4±1,7
с. Крищенці Тульчинський район (n= 30)	1,79±0,07	0,175±0,006	36,0±0,93
с. Вербка Чечельницький район (n= 23)	1,44±0,08	0,117±0,004	29,3±0,05
Результати радіологічних досліджень за 2010р. (дослід)			
с. Бушинка Тиврівський район (n=28)	4,5± 0,08	0,243± 0,002	49± 2,6*
с. Кунка Гайсинський район (n=24)	1,37± 0,06	0,140± 0,007	26± 1,3*
с. Крищенці Тульчинський район (n= 25)	1,68± 0,07	0,172± 0,005	35± 0,78*
с. Вербка Чечельницький район (n= 28)	1,32± 0,05	0,090± 0,003	28± 0,09*
Зниження гамма-фону та зменшення забруднення ґрунту радіонуклідами за період 2000-2010 рр.			
с. Бушинка Тиврівський район	0,25	0,023	1,25*
с. Кунка Гайсинський район	0,30	0,003	1,4*
с. Крищенці Тульчинський район	0,11	0,003	1,0*
с. Вербка Чечельницький район	0,12	0,027	1,3*

В цілому по контрольних майданчиках спостерігається тенденція до зниження гамма-фону та зменшення забруднення ґрунту радіонуклідами. Наприклад, в селі Кунка Гайсинського району гамма-фон за десять років зменшився на 1,4 мкР/год, щільність забруднення цезієм-137 – на 0,30 Кі/км<sup>2</sup>, стронцієм-90 – на 0,003 Кі/км<sup>2</sup>; Тульчинський район с. Кришенці – гамма-фон зменшився на 1,0 мкР/год, щільність забруднення цезієм-137 – на 0,11 Кі/км<sup>2</sup>, стронцієм-90 – на 0,003 Кі/км<sup>2</sup>; Тиврівський район с. Бушинка – гамма-фон зменшився на 1,25 мкР/год, щільність забруднення цезієм-137 – на 0,25 Кі/км<sup>2</sup>, стронцієм-90 – на 0,023 Кі/км<sup>2</sup>.

Як видно з результатів досліджень у Вінницькій області забруднено радіонуклідами 238219 га. Перспективним заходом, який істотно вплине на міграцію радіонуклідів в довкіллі і дасть безумовно прибуток є використання даних земель під технічні культури. В тому числі і під швидко ростучі породи дерев.

Ми пропонуємо на даній території вирощувати лісові енергетичні культури, які в подальшому будуть депонувати радіонукліди і використовуватись для отримання біоетанолу. Такі насадження можна дуже швидко виростити з таких порід дерев, як верба прутovidна (*Salix viminalis*), тополя берлінська (*Populus berolinensis*), робінія псевдоакація (біла акація) (*Robinia pseudoacacia*). Після зрізу ці енергетичні плантації відростають знов. Слід врахувати, що щільність насаджень при цьому досить значна, а врожаї отримують через кожні 3 роки.

Діаметр рослин за цей час рідко перевищує 3-5 см. Тому зрізати деревину можна за допомогою техніки. З річним приростом в 12-22т/га сухої маси, що відповідає 33 м<sup>3</sup> деревини, вихід біомаси дуже високий. Причому інтенсивно депонуються і радіонукліди з різними показниками у компонентах фітомаси.

Результати досліджень накопичення радіонуклідів у деревині різних порід, які зростали на забрудненій території наведено в таблиці 3.

Таблиця 3. Питома активність <sup>137</sup>Cs, у лісових енергетичних культурах, які зростали на радіоактивно забрудненій території

Компонент фітомаси	Питома активність Бк/кг			Допустимі рівні <sup>137</sup> Cs [Бк/кг]
	Верба прутovidна, ( <i>Salix viminalis</i> )	Тополя берлінська ( <i>Populus berolinensis</i> )	Робінія псевдоакація (Біла акація) ( <i>Robinia pseudoacacia</i> )	
Внутрішня кора (луб)	380	350	400	1500
Гілки тонкі	435	450	500	600
Гілки товсті	270	330	360	600
Деревина стовбурна	120	100	150	1500

Як видно із таблиці 3, що вміст <sup>137</sup>Cs у компонентах фітомаси верби прутovidної, тополі берлінської, робінії псевдоакації (акації білої) не перевищує встановлених нормативів. В результаті досліджень встановлено, що найбільше накопичує радіонуклідів акація, а саме: у внутрішній корі (луб) 400 Бк/кг; гілки тонкі – 500; гілки товсті – 360; деревина стовбурна – 150. Найменше радіонуклідів накопичує верба червона, відповідно: внутрішня кора (луб) – 380 Бк/кг; гілки тонкі – 435; гілки товсті – 270; деревина стовбурна – 120. Результати досліджень накопичення <sup>137</sup>Cs стовбурною

дервиною наведені на рисунку 1.

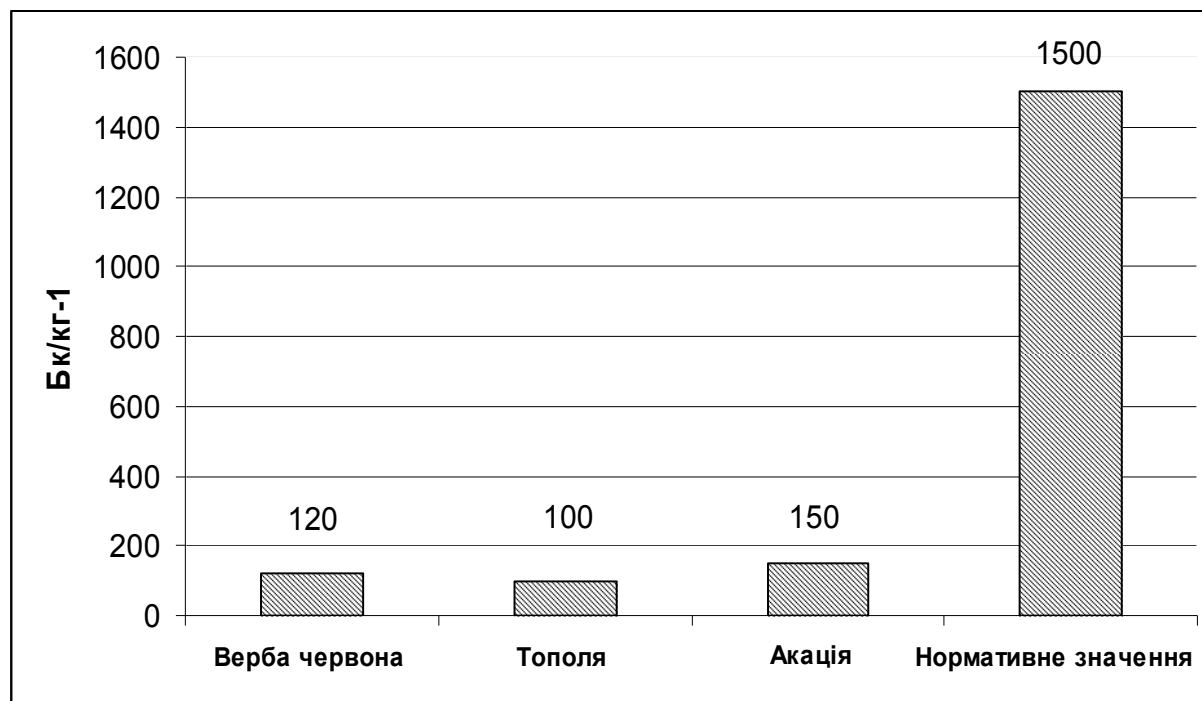


Рис. 1. Вміст  $^{137}\text{Cs}$  у стовбурній деревині, яка зростала на радіоактивно забрудненій території

Найменше депонує радіонукліди стовбурна деревина. Ствобурна деревина також містить велику кількість целюлози, яку можна використати для отримання біоетанолу.

У Росії є відповідні наукові розробки. Наприклад, наявність технології виробництва біоетанолу з відходів деревообробної промисловості та плантаційного вирощування енергетичної верби дозволило розпочати реалізацію проекту зі створення біотехнологічного кластера в Кіровській області на базі заводу «Біохімзавод». Промислова установка з виробництва біопального була розроблена спільними зусиллями Санкт-Петербурзького «НДІгідроліз», шведської компанії «Техноферма» і НПФ «Біотин». Потужність заводу оцінюється в 4 млн. декалітрів палива на рік.

Зазвичай енергетичну вербу вирощують плантаційним способом.

На першому році вегетації з саджанця виростає 1-3 пагонів, які досягають заввишки 1-2,5 м і завтовшки 7-13 мм. На другому році кількість пагонів збільшується до десятка і більше, причому заввишки вони досягають 3 метри, а завтовшки – 13-15 мм. На третьому році рослини стають вже 4,5 м заввишки і 20 мм завтовшки, а в четвертому – висота пагонів доходить до 6 метрів, а товщина – до 30 мм.

Рослини зрізають на рівні ґрунту, завдяки чому виростає не один стовбур, а багато тоненьких пагонів. З одного й того ж місця врожай можна збирати до шести раз кожні три роки. Після цього часу вербу викорчовують і використовують для інших рослин або влаштовують ще одну енергоплантацію.

Найбільший урожай виходить у разі збору що три роки і становить близько до 22 т/га на рік, що відповідає 8-10 тисячам літрів нафти, або 8,2 тис. м газу[5].

**Висновки:** 1. Доведено, що найбільш радіоактивно забрудненими на Вінниччині є с. Бушинка Тиврівського району, с. Кунка Гайсинського району, с. Кришенці Тульчинського району, с. Вербка Чечельницького району. Дані території є перспективними для створення енергетичних плантацій.

2. Шляхом досліджень встановлено, що на радіоактивно забрудненій території вміст  $^{137}\text{Cs}$  у деревині не перевищує встановлених нормативів. Так, у стовбурній деревині верби прутювидної, виявлено питому активність  $^{137}\text{Cs}$  – 120, а в тополі і акації відповідно – 100 та 150 при нормі 1500 Бк/кг<sup>-1</sup>.

**Пропозиції.** Ми пропонуємо використовувати радіоактивно забруднену територію, як полігон для вирощування лісових технічних культур, а саме: верби прутювидної, (*Salix viminalis*), тополі берлінської (*Populus berolinensis*), робінії псевдоакації (біла акація) (*Robinia pseudoacacia*). Дану технічну сировину в подальшому використовувати для виробництва біоетанолу, так як вміст  $^{137}\text{Cs}$  у стовбурній деревині не перевищує встановлені нормативи.

---

#### Література

1. Технічний опис та інструкція щодо експлуатування ВІСТ. 412129.003 ТО / Львів: НВП «Спаринг-Віст- Центр».- 2004.- С.14-24.
2. Подготовка счетных образцов для измерений на спектрометре энергий бета-излучений серии СЕБ-XX // Методические рекомендации по определению содержания стронция-90 и цезия-137 в почве и растениях.- К.: НПП «Атом Комплекс Прибор», 2002.- С. 4-8.
3. ДСТУ 4287:2004. Якість ґрунту. Відбирання проб.
4. Наказ Міністерства охорони здоров'я України №573 від 31.10.2005р. «Про затвердження Державного гігієнічного нормативу «Гігієнічний норматив питомої активності радіонуклідів ( $^{137}\text{Cs}$  та ( $^{90}\text{Sr}$ ) у деревині та продукції з деревини», зареєстровано в Міністерстві юстиції України 16 листопада 2005р. за № 1384/11664.
5. Перебора С.В. Економічні та соціальні перспективи створення та розвитку біоенергетичних плантацій швидкоростучих порід в Україні.- //Львів, Науковий вісник НЛТУ України. – 2009. – Вип. 19.4 с.61

---

#### Summary

**Environmental features and prospects of growing forest energy crops on contaminated territories Vinnicchina / / G. Kravchuk, M. Dzymak, O. Kravchuk, S. Kushnir, O. Titarenko**

In the article the trees of different breeds which grew on radio-active muddy territories have the resulted results of researches of radio-active contamination of the Vinnitsa region, and also accumulation of  $^{137}\text{Cs}$ . The use of radio-active muddy territories for growing of forest power cultures with the subsequent receipt is offered biological ethanol.

**Keywords:** forest power cultures, radionucleids, biological ethanol, radio-active muddy territories, fitoweight.