

## НАКОПИЧЕННЯ $^{137}\text{Cs}$ ВЕРБОВИМИ РОСЛИНАМИ

\*Г.М. Мартенюк, \*\*О.М.Мартенюк

\*Житомирський Національний агроекологічний університет  
\*\*Житомирський обласний державний проектно-технологічний центр  
охорони родючості ґрунтів і якості сільськогосподарської продукції

*Розглянута можливість використання радіаційно забруднених сільськогосподарських угідь для отримання біомаси верби. Обґрунтовані висновки щодо можливості використання деревини вербових рослин в якості технологічної, лікарської та енергетичної сировини.*

*Ключові слова:* вербові рослини радіаційне забруднення, сільськогосподарські угіддя.

**Постановка проблеми.** На даний час раціональне використання земель, забруднених радіонуклідами, їх поступова реабілітація, передбачає розробку та впровадження новітніх наукоємких технологій виробництва та одержання різноманітної сільськогосподарської та лісової продукції [6].

Перспективним є використання відчужених земель для виробництва нехарчової продукції. Починаючи з 1990 року в Україні вартість енергоносіїв зросла в десятки разів. Їх частка у вартості продукції стала домінуючою. Одним зі шляхів зменшення енергоємності сільськогосподарської продукції є використання поновлювальних джерел енергії. Європейські проекти, які виконувалися довгий час, показали неминучість підвищення конкурентної здатності біопалива та зближення його ціни з викопним паливом вже в наступному десятиріччі. В Україні це джерело самозабезпечення енергоносіями має велику перспективу в районах, забруднених радіонуклідами в результаті катастрофи на Чорнобильській АЕС [5].

**Аналіз останніх досліджень.** Одним із головних джерел відновлюваної енергії є енергетичні рослини (біомаса), а серед них енергетична верба. Передбачається, що попит на її деревину в майбутньому буде зростати [1].

В останні роки верби все частіше (особливо в країнах з несприятливими ґрунтово-кліматичними умовами, але достатнім зволоженням та/або довгим світловим днем) вирощуються для отримання біомаси [4].

Біоенергія швидкоростучих плантацій верби була предметом інтенсивного вивчення в Європі [8,9,12,13] та США [10,11].

Площі вирощування швидкорослої кущової верби (*S. viminalis*) швидко зростають.

Популярність цієї рослини визначається такими факторами:

- великий вихід деревини за короткий час;
- можливість вирощування на виведених із сільськогосподарського обігу ґрунтах;
- можливість використання стандартних сільськогосподарських машин для її вирощування;
- придатність для спалювання в різних моделях котлів і печей в індивідуальних сільських господарствах;
- можливість використання біомаси для енергетичних цілей і електростанцій.

Подальший розвиток і сплачуваність продукції енергетичної верби залежить від розвитку відновлюваної енергетики а також від підтримки органами державної влади і самоврядування [1].

У затвердженій Верховною Радою України в 1996р. Національній енергетичній програмі України на період до 2010 р. передбачено покриття 10% потреб народного господарства в енергії за рахунок нетрадиційних відновлюваних та інших джерел енергії. У 2000р. актуальність цього пункту Програми було підтверджено в Рекомендаціях парламентських слухань щодо енергетичної політики України. Для України дуже перспективною є організація спеціальних енергетичних плантацій швидкого обороту (верба, тополя, міскантус тощо). Залучення біомаси, спеціально

вирощеної на землях, які нині не використовують (землі, що піддалися забрудненню радіоактивними речовинами внаслідок аварії на ЧАЕС), або використовують в Україні неефективно, посприяє підвищенню частки біомаси в енергетичному балансі України до 20-25%. забруднених радіоактивними речовинами землях, які виведені із сільськогосподарського обігу [3].

Так як в зоні радіаційного забруднення вирощування культур продовольчого спрямування обмежено, є можливість їх замінити культурами енергетичного спрямування.

Проте при цьому слід враховувати, що спалювання біомаси, вирощеної на забруднених радіоактивними речовинами територіях, може призводити до надходження радіонуклідів у повітря. Тому виникає необхідність у вивченні накопичення радіонуклідів у біомасі верби.

**Об'єкт та методика досліджень.** Об'єктом досліджень виступали рослини верби. Предмет досліджень – накопичення радіонуклідів  $^{137}\text{Cs}$  рослинами верби.

Мета роботи – на основі аналізу наявної інформації і проведених досліджень зробити науково-обґрунтований висновок щодо можливості використання деревини дикоростучих вербових рослин в якості технологічної, лікарської та енергетичної сировини при їх зростанні в умовах радіоактивного забруднення.

Для досягнення поставленої мети вирішувалися наступні завдання:

- відбір ґрунтових та рослинних зразків з наступним аналізом закономірностей накопичення  $^{137}\text{Cs}$  дикоростучими вербовими рослинами в залежності від щільності радіоактивного забруднення ґрунтового покриву та окремих його агрохімічних властивостей;

- аналіз отриманих матеріалів та обґрунтування висновків щодо можливості використання деревини дикоростучих вербових рослин в якості технологічної, лікарської та енергетичної сировини.

Місцем проведення досліджень було обрано територію зони безумовного (обов'язкового) відселення Народицького району Житомирської області.

При проведенні досліджень використовували наступні методи визначення:  $^{137}\text{Cs}$  – спектрометричним методом; обмінної кислотності ґрунту  $\text{pH}_{\text{сол}}$  – потенціометричним; гумусу – потенціометричним; азоту, що легко гідролізується – за Корнфілдом; рухомого фосфору та обмінного калію – Кірсанова.

**Результати досліджень.** Питома активність  $^{137}\text{Cs}$  в рослинних зразках відібраних на території зони безумовного (обов'язкового) відселення Народицького району варіювала в межах  $24\text{-}129 \text{ Бк}\cdot\text{кг}^{-1}$ .

Активність  $^{137}\text{Cs}$  у деревині та продукції з деревини в Україні регламентується „Гігієнічним нормативом...” [2], відповідно до якого допустима активність даного радіонукліду складає: заготовки пиляні, в тому числі для виробництва меблів –  $740 \text{ Бк}\cdot\text{кг}^{-1}$ ; дрова паливні, паливні пучки –  $600 \text{ Бк}\cdot\text{кг}^{-1}$ . Для продукції, що використовується в фармацевтичній промисловості дана величина обмежена рівнем  $3700 \text{ Бк}\cdot\text{кг}^{-1}$  [7]. Оскільки в місцях відбору рослинних зразків щільність забруднення ґрунту сягала  $25,4 \text{ Кі}\cdot\text{км}^{-2}$ , можна зробити висновок про відсутність будь-яких обмежень у використанні деревини вербових рослин, що зростають на ґрунтах зі щільністю забруднення  $^{137}\text{Cs}$  в межах  $25,4 \text{ Кі}\cdot\text{км}^{-2}$ . Однак, між щільністю забруднення ґрунту та активністю рослинних зразків не було виявлено прямого зв'язку, а коефіцієнти переходу з ґрунту в деревину відзначалися значним варіюванням (від  $0,03$  до  $3,82 \text{ (Бк}\cdot\text{кг}^{-1})/(\text{кБк}\cdot\text{м}^{-2})$ ).

Доведено, що на інтенсивність накопичення  $^{137}\text{Cs}$  деревними та чагарниковими рослинами значний вплив можуть мати агрохімічні характеристики ґрунтового покриву в місцях зростання [7, 13].

Кислотність ґрунтового розчину  $\text{pH}_{\text{сол}}$  в місцях пробовідбору варіювала у межах  $4,2\text{-}7,1$ , вміст гумусу  $0,12\text{-}1,57\%$ , азоту, що легко гідролізується  $14,0\text{-}58,8 \text{ мг/кг}$  ґрунту, рухомого фосфору  $16\text{-}265$ , обмінного калію –  $17\text{-}248 \text{ мг/кг}$  ґрунту.

На основі аналізу агрохімічних властивостей ґрунтів встановлено, що інтенсивність переходу  $^{137}\text{Cs}$  в деревні частини рослин роду *Salix* детермінують в першу чергу якісні показники родючості ґрунтів. Найбільші відмінності в накопиченні  $^{137}\text{Cs}$  спостерігалися в місцях зростання, ґрунтовий покрив яких характеризувався низьким вмістом гумусу (<1%) та поживних речовин (<100 мг/кг ґрунту рухомого фосфору та <50 обмінного калію). На даних ґрунтах найтісніший зв'язок встановлено між коефіцієнтом переходу та вмістом у ґрунті обмінного калію (рис. 1).

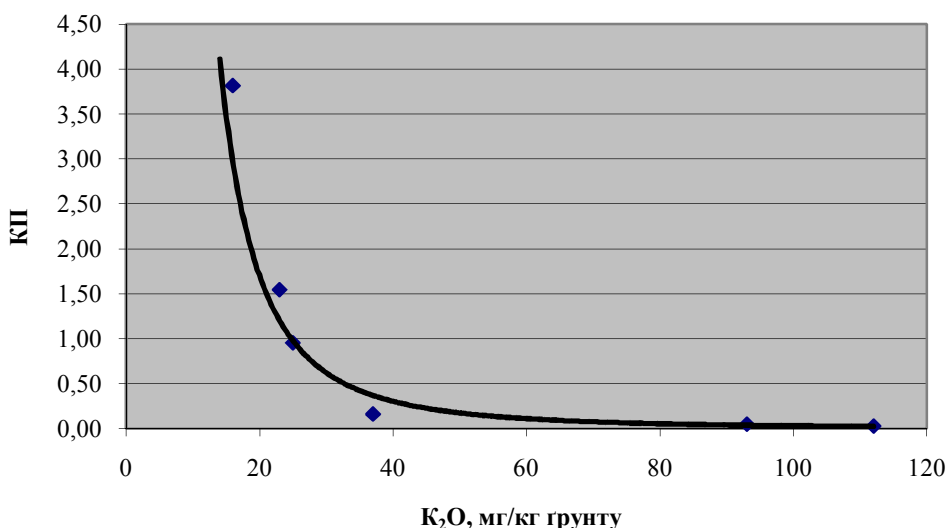


Рис. 1. Залежність між вмістом у ґрунті  $\text{K}_2\text{O}$  та інтенсивністю переходу  $^{137}\text{Cs}$  в деревну частину вербових

При цьому, на ґрунтах з показниками вище зазначених, значення коефіцієнтів переходу варіювали в незначних межах і не перевищували 0,2.

Таким чином з урахуванням отриманих в даному дослідженні залежностей складено номограму можливого використання деревини дикоростучих верб в якості сировини в залежності від щільності радіоактивного забруднення ґрунту та його забезпеченості поживними речовинами (табл. 1).

Таблиця 1. Номограма можливого використання деревини дикоростучих рослин роду *Salix*

Щільність забруднення ґрунту, $\text{кБк}\cdot\text{м}^{-2}$	Вміст рухомих форм поживних речовин ( $\text{P}_2\text{O}_5/\text{K}_2\text{O}$ , $\text{мг}\cdot\text{кг}^{-1}$ ґрунту)			
	низький 26-50 41-80	середній 51-100 81-120	підвищений 101-150 121-170	високий 151-250 171-250
<37	ПМЛ	ПМЛ	ПМЛ	ПМЛ
37-185	ПМЛ	ПМЛ	ПМЛ	ПМЛ
186-370	ПМЛ	ПМЛ	ПМЛ	ПМЛ
371-555	МЛ	ПМЛ	ПМЛ	ПМЛ
555-1850	Л	Л	МЛ	ПМЛ
<b>П</b> – можливе використання в якості пального [2]				
<b>М</b> – можливе використання в якості сировини для виготовлення меблів [2]				
<b>Л</b> – можливе використання в якості фармацевтичної сировини [7]				

При щільності забруднення ґрунту  $^{137}\text{Cs}$  до  $370 \text{кБк}\cdot\text{м}^{-2}$  можливе отримання біомаси верби, допустима активність якої відповідає допустимим рівням при використанні в якості в якості пального, сировини для виготовлення меблів та фармацевтичної сировини незалежно від вмісту рухомих форм поживних речовин у ґрунті.

При щільності забруднення ґрунту в межах 371-555 кБк·м<sup>-2</sup> можливе використання біомаси верби в якості пального, сировини для виготовлення меблів та фармацевтичної сировини за умови вмісту рухомих форм поживних речовин вище середнього (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/K<sub>2</sub>O < 51/81 мг·кг<sup>-1</sup> ґрунту). При низькому їх вмісті отриману біомасу можна використовувати в якості сировини для виготовлення меблів та фармацевтичної сировини.

Отримання біомаси верби, придатної для подальшого використання в якості пального, при щільності забруднення ґрунту цезієм-137 в межах 371-555 кБк·м<sup>-2</sup> можливе лише при високому вмісті рухомих форм поживних речовин (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/K<sub>2</sub>O < 11/1711 мг·кг<sup>-1</sup> ґрунту). При підвищеному їх вмісті біомасу верби можна використовувати в якості сировини для виготовлення меблів та фармацевтичної сировини, при низькому вмісті – лише як фармацевтичну сировину.

### Висновки

1. Використання виведених з сільськогосподарського обігу угідь, забруднених радіонуклідами внаслідок аварії на ЧАЕС для вирощування енергетичних рослин є одним з пріоритетних напрямів розв'язання еколого-економічних проблем даних територій.

2. Використання біомаси енергетичних рослин, вирощених на радіоактивно забруднених територіях вимагає вирішення питання зменшення надходження радіонуклідів у рослини.

3. При щільності забруднення ґрунту <sup>137</sup>Cs до 1850 кБк·м<sup>-2</sup> та за умови забезпечення високого вмісту рухомих форм фосфору і калію у ґрунті нормативні обмеження у використанні отриманої біомаси верби відсутні.

4. При середньому та підвищеному рівні вмісту рухомих форм фосфору і калію у ґрунті використання в якості пального можливе при щільності забруднення ґрунту <sup>137</sup>Cs до 555 кБк·м<sup>-2</sup>, при низькому - до 370 кБк·м<sup>-2</sup>.

5. Використання деревини верби в якості сировини для виготовлення меблів неможливе за умови щільності забруднення ґрунту, забезпеченого рухомими формами фосфору та калію, понад 555 кБк·м<sup>-2</sup>.

6. На малопродуктивних землях можливе вирощування вербових рослин для використання в якості фармацевтичної сировини при щільності забруднення ґрунту <sup>137</sup>Cs до 1850 кБк·м<sup>-2</sup>.

**Перспективи подальших досліджень.** Потребує подальшого вивчення накопичення радіонуклідів у біомасі енергетичної верби в умовах культури.

### Література

1. *Верба енергетична*. Колектив авторів. Секун: "Амеско". – 2005. – 10 с.
2. *Гігієнічний норматив питомої активності радіонуклідів <sup>137</sup>Cs та <sup>90</sup>Sr у деревині та продукції з деревини*. Державний гігієнічний норматив. Затверджено наказом МОЗ від 31 жовтня 2005 р. №573.
3. *Зінченко В., Кусайло В., Зінченко О.* „Енергетичні плантації ра радіоактивних землях”/Украгропортал. 2007 р. <http://ukragroportal.com/propoz>.
4. *Ивы среднего Подесенья*, 2007 г. <http://afonin-59-salix.narod.ru/salix06040201.htm>.
5. *Наукове забезпечення сталого розвитку сільського господарства в Лісостепу України*. Колектив авторів. Київ, 2004. <http://www.nauu.kiev.ua/book>.
6. *Радіоекологічна оцінка території зони безумовного (обов'язкового) відселення Житомирської області (20 років після аварії на ЧАЕС)*. А.С. Малиновський, М.І. Дідух, Л.Д. Романчук, В.А. Кашпаров, М.М. Лазарев, С.М. Лунін, Ю.В. Хомутінін, О.О. Орлов, В.П. Краснов, А.О. Можар, М.В. Мартенюк, П.М. Таргонський. Житомир: ДАУ, 2005. – 72 с.
7. *Рекомендації з ведення лісового господарства в умовах радіоактивного забруднення* / Калетник М.М., Краснов В.П., Савущик М.П. та ін. / Під ред.. М.М. Калетника. – Київ: Держкомлісгосп України, 1998. – 66 с.

8. *Facciotto G, Bergante S, Lioia C, Rosso L, Mughini G, Zenone T, Nervo G, 2006. Productivity of poplar and willow in short rotation plantations. Forest@ 3 (2): 238-252. [online] URL: <http://www.sisef.it/>.*
9. *Friedrich. Priduction conditions for managing fast-growing tree species by coppicing on short rotations on agricultural areas. Holzzucht, 1995. 49: p. 8-14.*
10. *Macpherson G. Home-Grown energy from Short-rotation coppice. Farming press North America. 1995.*
11. *Nowak C.A., Volk T.A., Ballard B., Abrahamson L.P. The role and process of monitoring willow biomass plantations. A growth opportunity in green energy and value-added products. Proceedings of the 4<sup>th</sup> biomass conference of the Americas. 1999. 2 vol.ss1892.*
12. *Szczukowski, S., Tworkowski, J., Klasa A., Piechocki, J. Willow biomass – a renewable source of energy. Proceedings of the 7<sup>th</sup> Polish-Danich Workshops on Biofuels, Poland. 2000, p. 165-170.*
13. *Von Firck Y, Rosün K, Sennerby-Forsse L. Uptake and distribution of <sup>137</sup>Cs and <sup>90</sup>Sr in salix viminalis plants. Journal of Environmental Radioactivity, Volume 63, issue 1 (2002), p. 1-14.*

#### **Аннотация**

*Г.М. Мартенюк, О.М.Мартенюк. **Накапливание <sup>137</sup>Cs растениями вербы.***

*Рассмотрена возможность использования радиационно загрязненных сельскохозяйственных угодий для получения биомассы вербы. Обоснованы выводы относительно возможности использования древесины растений вербы в качестве технологического, лекарственного и энергетического сырья.*

**Ключевые слова:** *вербовые растения, радиоактивное загрязнение, сельскохозяйственные угодия*

#### **Summary**

*G.M. Martenjuk, O.M. Martenjuk. **Accumulation of <sup>137</sup>Cs by pussy-willow plants.***

*The possibility of using of radioactive contaminated agricultural farmlands for receive willow biomass was considered. The conclusions of possibility of the utilization the willow plants material as for technological, medicinal and energy raw material were substantiated.*

**Keywords:** *pussy-willow plants, radiocontammant, agricultural Terrains.*