

- nauky u zviazku iz zminamy klimatu [About some problems of agrarian science in connection with climate change]. Kyiv: Instytut hidrotekhniki i melioratsii NAAN [in Ukrainian].*
4. Bilenko, V.H., Yakubenko, B.Ie., Likar, Ya.O., Lushpa, V.I. (2015). *Likarski roslyny: tekhnologii vyroshchuvannya ta vykorystannya [Medicinal plants: cultivation and use technologies]. Zhytomyr: Ruta [in Ukrainian].*
 5. Kovtunyk, I.M., Svitelskyi, M.M. (2004). Vplyv temperaturnykh umov na prokhozhenia etapiv orhanohenezu valeriany likarskoi v pivnichnii chastyni Lisostepovoi zony Ukrainy [Influence of temperature conditions on the passage of stages of organogenesis of valerian medicines in the northern part of the forest-steppe zone of Ukraine]. *Zbirnyk naukovykh prats VDAU – Collection of scientific works of Vinnitsa SAU, 17, 45–53 [in Ukrainian].*
 6. Privedeniuk, N.V. (2016). Vliianye kapelnogo orosheniia na rost y razvitie valeriany lekarstvennoi [Influence of drip irrigation on growth and development of valerian medicinal]. *Zemledelie i zashchita rastenii – Zhurnal dlia sel'skospol'zovatel'ov [in Russian].*
 7. Tarutina, O.L. (1998). Ontologicheskii morfogenez vegetativnykh organov valeriany lekarstvennoi (*Valeriana officinalis* L.) [Ontogenetic morphogenesis of the autonomic valerian medicines (*Valeriana officinalis* L.)]. *Izvestiya TSHA – Proceedings of the TSHA, 3, 74–86 [in Russian].*
 8. Pryvedeniuk, N.V., Hlushchenko, L.A., Shatkovskiy, A.P., Ustymenko, O.V. (2016). *Tekhnolohiia vyroshchuvannya valeriany likarskoi za kraplynnoho zroshenniia (rekomentatsii) [The technology of cultivation of valerian medicines for drip irrigation (recommendations)]. Lubny: Lubny [in Ukrainian].*
 9. Sheludko, L.P., Kutsenko, N.I. (2013). *Likarski roslyny (seleksiia i nasimnytstvo) [Medicinal plants (breeding and seed)]. Poltava: Kopitsentr Publ [in Ukrainian].*

УДК 621.504.039.743

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ОЛІЙНИХ КУЛЬТУР, ВИРОЩЕНИХ НА РАДІОАКТИВНО ЗАБРУДНЕНИХ ТЕРИТОРІЯХ

О.О. Тетерук¹, В.П. Фещенко², В.П. Ландін¹, І.К. Швиденко¹

¹ Інститут агроєкології і природокористування НААН
² Житомирський національний агроєкологічний університет

Розглянуто значення питомої активності ¹³⁷Cs у зеленій масі та насінні олійних культур (за внесення добрив та без їх застосування), вирощених на дерново-підзолистих супіщаних ґрунтах Полісся. Показники питомої активності ¹³⁷Cs у зеленій масі культур свідчать про підвищене накопичення у ній радіонуклідів, непридатність продукції для годівлі тварин, натомість зелену масу можна використовувати як сидерат. Рівень питомої активності насіння в усіх варіантах істотно перевищує нормативи, що підтверджує необхідність переробки його на олію.

Ключові слова: *питома активність, ¹³⁷Cs, олійні культури, зелена маса, насіння.*

У віддалений період після аварії на ЧАЕС актуальним залишається питання використання земельних і біотичних ресурсів радіоактивно забруднених ландшафтів Українського Полісся. За даними радіаційного обстеження на території Полісся аварійними викидами ЧАЕС забруднено 1,12 млн га сільськогосподарських угідь [1].

Після випадіння на земну поверхню радіонукліди мігрують у товщу ґрунту, який

є для них основним депо і початком головних трофічних ланцюгів. Інтенсивність міграції радіонуклідів у агроландшафтах визначається комплексом взаємопов'язаних чинників, провідними серед яких є агрохімічні і фізичні, а також фізико-хімічні властивості самих ґрунтів та їх мінеральний склад.

Територія Українського Полісся характеризується низовим рельєфом, заболоченими річковими долинами, позитивним балансом вологи (гідротермічний коефіцієнт Селянінова дорівнює 1,24). Ґрунто-

вий покрив Полісся переважно сформувався дерново-підзолистими, лучними і лучно-болотними ґрунтами на піщаних і суглинкових водно-льодовикових відкладах. Агроландшафти, утворені на цих ґрунтах, за інтенсивністю міграції радіонуклідів харчовими ланцюгами відносяться до критичних.

За даними академіка Б.С. Прістера [2, 3] до критичних агроландшафтів у зоні забруднення відносяться також природні і напівприродні екосистеми — ліси та природні і окультурені сінокоси, пасовища, що розташовані на торфових і торфоболотних ґрунтах. Площа таких угідь на Поліссі становить понад 155 тис. га. Тому у регіоні і донині зберігається небезпека виробництва сільськогосподарської продукції з питомою активністю ^{137}Cs , що перевищує допустимий гігієнічний норматив (ДР-2006).

Можливість використання земельних і біотичних ресурсів радіаційно-забруднених територій визначається двома критеріями, а саме: рівнями забруднення продукції і величиною можливої дози опромінення населення, яке споживає продукцію із забруднених територій.

Екологічне і соціальне відродження радіоактивно забруднених територій Українського Полісся можливо за умов ефективного використання земельних ресурсів [4]. Вилучення забруднених радіонуклідами земель з природокористування вже спричинило негативні соціально-економічні наслідки, у т.ч. безробіття працездатного населення і різкі зміни традиційного способу життя.

Вилучення з економічного обігу сільськогосподарських угідь та лісів зумовило погіршення санітарного стану територій і затримало на довгі роки їхнє очищення від радіонуклідів тощо [4].

Отже, сільськогосподарська діяльність на забруднених радіонуклідами територіях повинна здійснюватися, але на принципово нових засадах.

До комплексних заходів з розв'язання вказаної проблеми належать і організаційно-господарські заходи, у т.ч. землевпоряд-

кування. Проекти землевпорядкування мають передбачати введення нетрадиційних сівозмін, які сприятимуть швидкому, а також незворотному переходу радіонуклідів у нерухому форму [5].

Концепцією ведення сільського і лісового господарства на території України, яка зазнала радіоактивного забруднення внаслідок аварії на ЧАЕС, передбачається, що в населених пунктах, де за критеріями радіаційної безпеки дозволяється проживання населення, ведення особистого господарства може бути частково обмеженим такими заходами, як заборона використання лісових пасовищ, випасання худоби та заготівля сіна на торфових ґрунтах, обмеження закупівлі та продажу продукції, виробленої у приватному секторі, через високу питому активність радіонуклідів. Останнє пояснюється ще й тим, що комплекс заходів, спрямованих на зменшення вмісту радіонуклідів у сільськогосподарській продукції (вапнування кислих ґрунтів, застосування підвищених доз калійних і фосфорних добрив тощо), було вжито в колгоспах та радгоспах, натомість це майже не торкнулося особистих господарств населення, частка яких у виробництві валової продукції сільського господарства у після-аварійний період зроста майже вдвічі [5].

Все це обумовлює пошук нових комплексних заходів, спрямованих на одержання рослинницької продукції, що відповідає радіологічним стандартам та безпечному використанню агроценозів на радіоактивно забруднених територіях. Тому метою нашої роботи було дослідження питомої активності радіонуклідів у зеленій масі і насінні олійних культур в умовах радіоактивного забруднення у віддалений період після аварії на ЧАЕС, а також можливості утилізації отриманої продукції.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Дослідження проводили в стаціонарних польових умовах поблизу с. Христинівки Народицького р-ну Житомирської обл. (рис. 1). Територія досліджується до зони безумовного відселення і розташовується на надзаплавній терасі лівого берега



Рис. 1. Знімок дослідного поля з супутника

р. Уж — на землях, виведених з сільськогосподарського користування внаслідок радіоактивного забруднення у 1986 р.

Клімат досліджуваної території — помірно-континентальний з теплим вологим літом і м'якою хмарною зимою. Сумарна сонячна радіація досягає 90–96 ккал/см². За сезонами вона розподіляється так (ккал/см²): зима — 7, весна — 30–32, літо — 40–42, осінь — 15–16. Середньорічна температура повітря становить 6,4–6,6°C, січня — мінус 5,6–6,0°C, липня — плюс 18,2–18,4°C. Із кліматичних показників найбільше значення для міграції радіонуклідів мають опади, кількість яких за місяцями розподіляється нерівномірно. Найбільша їх кількість випадає навесні та влітку, а за вегетаційний період — 350–370 мм [5].

Дослід закладено в 4-разовій повторності, облікова площа ділянки — 10 м². Розбивку дослідної ділянки, обробіток ґрунту, сівбу, догляд за культурами, облік урожаю проводили за загальноприйнятими методами [6, 7]. Були використані такі методи: *польовий* — вивчення особливостей олій-

них культур; *лабораторні* — оцінка якості продукції та дослідження фізико-хімічних показників ґрунту; *статистичний* — встановлення функціональних залежностей між чинниками і процесами.

У досліді висівали такі сільськогосподарські культури: соняшник, редьку олійну, гірчицю білу. Схема досліду налічувала два варіанти: 1) контроль (без застосування добрив); 2) внесення мінеральних добрив — N₃₀P₆₀K₉₀.

Гамма-спектрометричні дослідження проводили в сертифікованій лабораторії на γ-β-спектрометрі СЕБГ-001АКПС. Питому активність ¹³⁷Cs визначали в зразках зеленої маси рослин та в зерні після дозрівання сільськогосподарських культур. Похибка вимірювання становила ±10%.

Ґрунт на дослідній ділянці — дерново-підзолистий супіщаний на алювіальних покладах з високою щільністю радіоактивного забруднення ¹³⁷Cs — понад 925 кБк/м² (25 Кі/км²).

За результатами лабораторних агрохімічних досліджень щодо встановлення основних агрохімічних характеристик дос-

Опис ґрунтового розрізу на території стаціонарних досліджень

Шар ґрунту, см	Коротка характеристика горизонтів
He/ _{ор} 0–30	ґумусово-елювіальний горизонт. Світло-сірий, пілувато-супіщаний, безструктурний, розпушений, з вкрапленням аморфної присипки SiO ₂ , пронизаний корінням рослин, перехід до елювіального горизонту різкий, помітний за кольором.
E/ _{31–50} см	Елювіальний горизонт. Світло-бурий, супіщаний, безструктурний, розпушений, зі значним умістом аморфної присипки SiO ₂ , перехід до наступного горизонту поступовий, помітний за кольором.
I/ _{51–65} см	Ілювіальний горизонт. Вологий, бурувато-коричневий, зв'язно-піщаний-легкосуглинковий, горіхувато-призматичний, щільний, збагачений глинистими частинками, перехід до наступного горизонту помітний за кольором.
I _{ргl} / _{65–90} см	Ілювіально-перехідний. Вологий, червоно-бурий. У нижній частині із сизуватим відтінком, що свідчить про наявність оглеєння, піщано-суглинковий, щільний, перехід до породи помітний за кольором.
P/ _{від 91} см	Порода. Морена, волога, червоно-бурого кольору із сизуватим відтінком, безкарбонатна.

ліджуваних ґрунтів виявлено такі показники: 1) фізичні властивості ґрунту (орний шар 0–20 см): питома маса — 2,62 г/см³; щільність (об'ємна маса) — 1,46 г/см³; найменша вологоємність — 15,33%; повна вологоємність — 27,65%; запаси вологи за найменшої вологоємності — 23,42 мм; запаси доступної вологи — 20,47 мм; вміст фізичної глини — 12,21%; 2) агрохімічні властивості ґрунту: вміст гумусу (0–10 см шар) — 1,79%; рН сольове — 6,23; насиченість основами — 4,54%; гідролітична кислотність — 1,6; вміст рухомого алюмінію — 2,3 мг/кг ґрунту; кальцію — 8,7; фосфору — 173,6; калію — 17,8 мг/кг ґрунту.

За фізичними та хімічними властивостями ґрунт цілком відповідає характеристикам найпоширеніших дерново-підзолистих ґрунтів у зоні Полісся (табл. 1).

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Серед культурних рослин важливе місце посідають олійні культури [8]. Різні види олії як продукт харчування, за медико-біологічною оцінкою, набагато корисніші й безпечніші для людського організму, ніж жири тваринного походження [9]. Україна за обсягом виробництва олії посідає одне

з провідних місць в Європі. Посівні площі олійних культур у нашій державі сягають 1,8 млн га [8].

Олійні культури в перспективі мають стати основним джерелом одержання білкового компонента для виробництва комбікормів [8]. Деякі з них можна використовувати як сидерат, але необхідно пам'ятати, що застосування біомаси редьки олійної, ріпаку, суріпиці та інших культур визначається наявністю в ґрунті азоту і рівнем родючості ґрунту [10].

Відомо, що в процесі переробки забрудненої фітомаси радіонукліди на певній фазі відокремлюються, і кінцевий продукт стає радіаційно безпечним. Так, співробітниками Інституту клітинної біології і генетичної інженерії НАН України доведено, що в структурі сівозмін на радіоактивно забруднених землях пріоритетними мають бути:

- ефіроолійні та олійні культури для технічного використання продукції, зокрема, для отримання дизельного палива. Олія як продукт, не містить високих кількостей радіонуклідів, але її споживання має бути під радіоекологічним контролем;

Питома активність сільськогосподарських культур, вирощених в умовах стаціонарного дослідю поблизу с. Христинівки, Бк/кг

Культура	Продукція	Питома активність ¹³⁷ Cs*	
		Без добрив	N ₃₀ P ₆₀ K ₉₀
Соняшник	зелена маса	240+4,65	170+3,14
Редька олійна	зелена маса	291+5,72	247+4,74
Гірчиця біла	зелена маса	408+8,01	328+6,36
Соняшник	зерно	167+3,32	127+2,52
Редька олійна	зерно	547+10,84	459+9,08
Гірчиця біла	зерно	1350+26,85	999+19,78

Примітка: * відносна похибка вимірювань не перевищувала 2%.

- культури для отримання біомаси з їх наступною переробкою на біогаз;
- насінництво багаторічних кормових злакових трав. Доведено, що в процесі формування зернівок кількість радіонуклідів у будь-якій частині насінини різко зменшується;
- вирощування рослин для отримання фітомаси для паперово-целюлозного виробництва (безалкалоїдні коноплі, топінамбур тощо) [5].

Проведені дослідження свідчать, що накопичення радіонуклідів різними рослинами, вирощеними на одному і тому самому ґрунті, може відрізнятись в кілька разів (табл. 2).

За результатами радіологічних досліджень було встановлено, що найвищу питому активність ¹³⁷Cs як у зеленій масі, так і зерні зафіксовано у рослин гірчиці білої, а найнижчу – у соняшнику. Визначальним чинником цього є видові та сортові особливості культур. Так, потреба рослини в калії зумовлює більше накопичення його аналогу – цезію. Крім того, надходження радіонуклідів до рослин залежить від розподілу кореневої системи в ґрунті, їх продуктивності, тривалості вегетаційного періоду тощо.

За вирощування сільськогосподарських культур у стаціонарних дослідях на ділянці з щільністю забруднення 925–1036 кБк/м²

за величиною коефіцієнта переходу ¹³⁷Cs у ланці «ґрунт – рослина» було отримано такий ранжируваний ряд у бік збільшення: соняшник (насіння) (0,18) < соняшник (зелена маса) (0,25) < редька олійна (зелена маса) (0,31) < гірчиця біла (зелена маса) (0,44) < редька олійна (насіння) (0,59) < гірчиця біла (насіння) (1,46).

Відмінності у накопиченні ¹³⁷Cs, відповідно до встановленого ранжируваного ряду, олійними культурами без внесення добрив становлять у *зеленій масі*: гірчиця біла/редька олійна – близько 1,4 раза, а гірчиця біла/соняшник – близько 1,7 раза; у *зерні*: гірчиця біла/редька олійна – близько 2,5 раза, гірчиця біла/соняшник – близько 8,1 раза (рис. 2, а).

Щодо відмінностей у накопиченні ¹³⁷Cs олійними культурами з внесенням мінеральних добрив N₃₀P₆₀K₉₀, спостерігалась така різниця у *зеленій масі*: гірчиця біла/редька олійна – близько 1,3 раза, гірчиця біла/соняшник – близько 1,9 раза; у *зерні*: гірчиця біла/редька олійна – близько 2,2 раза, гірчиця біла/соняшник – близько 7,9 раза (рис. 2, б).

Отримані показники питомої активності ¹³⁷Cs у зеленій масі культур свідчать про непридатність продукції для годівлі тварин, але й про можливість використання як сидерата. Щодо отриманих значень питомої активності радіонукліда в насінні

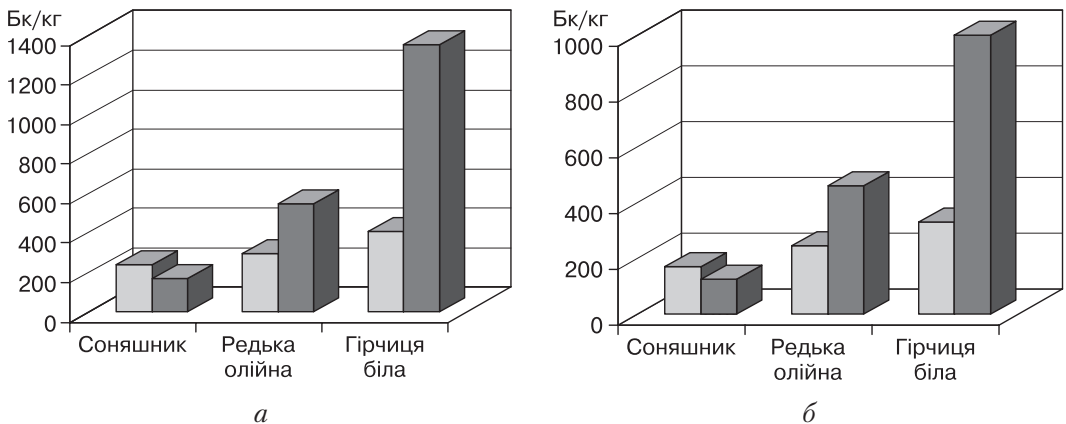


Рис. 2. Питома активність ^{137}Cs у сільськогосподарських культурах, вирощених в умовах стаціонарного дослідження: а) без добрив; б) з використанням добрив — $\text{N}_{30}\text{P}_{60}\text{K}_{90}$; □ — зелена маса; ■ — зерно

олійних сільськогосподарських культур, їх показники перевищують (або наближаються до граничного значення 600 Бк/кг) допустимі рівні вмісту ^{137}Cs у тваринницькій та рослинницькій сировині. Отже, в подальшому необхідно шукати альтернативні шляхи переробки вказаної продукції, одним із варіантів може бути виробництво олії.

ВИСНОВКИ

Визначення питомої активності ^{137}Cs у зеленій масі та насінні олійних культур

свідчить, що для них властиво підвищене накопичення радіонуклідів. За результатами радіологічних досліджень було встановлено, що найвищу питому активність ^{137}Cs як у зеленій масі, так і зерні зафіксовано у рослинах гірчиці білої, а найнижчу — у соняшнику. Результати досліджень підтверджують, що внесення мінеральних добрив як антагоністів сприяє підвищенню врожайності культур та розбавленню вмісту ^{137}Cs у рослинах, що своєю чергою знижує рівень питомої активності ^{137}Cs у вирощеній продукції.

ЛІТЕРАТУРА

1. Ландін В.П. Радіаційно-екологічні проблеми відновлення сільськогосподарського виробництва в Українському Поліссі / В.П. Ландін // Агро-екологічний журнал. — 2016. — № 1. — С. 88–94.
2. Прістер Б.С. Вплив еколого-грунтових умов на формування радіаційної ситуації на територіях, забруднених унаслідок аварії на ЧАЕС / Б.С. Прістер, В.А. Проневич // Агро-екологічний журнал. — 2016. — № 1. — С. 112–121.
3. Прістер Б.С. Концепція ведення агропромислового виробництва на забруднених територіях та їх комплексної реабілітації на період 2000–2010 рр. / Б.С. Прістер. — К.: Світ, 2000. — 47 с.
4. Японці вирощуватимуть олійні культури у Народицькому районі, щоб «вивести» радіацію [Електронний ресурс]. — Режим доступу: http://zhitomir.today/news/society/yapontsi_viroshchuvatimut_oliyni_kulturi_u_naroditskomu_rayoni_shchob_vivesti_radiatsiyu-id8677
5. Управління земельними ресурсами: навч. посіб. / За ред. В.Г. В'юна. — Миколаїв: Вид-во МФ НаУКМА, 2002. — 316 с.
6. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта / Б.А. Доспехов. — М.: Колос, 1979. — 336 с.
7. Ведення сільськогосподарського виробництва на територіях, забруднених внаслідок Чорнобильської катастрофи, у віддалений період: Методичні рекомендації / За заг. ред. акад. УААН Б.С. Прістера. — К.: Атіка-Н, 2007. — 196 с.
8. Надрага М. Олійні культури / М. Надрага // Колосок. — 2013. — № 8. — С. 16–21.
9. Бірта Г.О. Основи рослинництва і тваринництва: навч. посіб. / Г.О. Бірта, Ю.Г. Бургу. — К.: Центр учбової літератури, 2014. — 304 с.
10. Шувар І. Види сидератів / І. Шувар // Агробізнес сьогодні. — 2014. — № 3. — С. 37–38.

REFERENCES

1. Landin, V.P. (2016). Radiaciyno-ekologichni problemy vidnovlennia silskogospodarskogo vyrobnytstva v Ukraiskomu Polissi [Radiation and ecological problems of agricultural production restoration in Ukrainian Polissya]. *Ahroekologichnyi zhurnal – Agroecological Journal*, 1, 88–94 [in Ukrainian].
2. Prister, B.S., Pronevych, V.A. (2016). Vpluv ekologo-gruntovyh umov na formuvannia radiacijnoj situacii na terutoriyah, zabrudnenyh unaslidok avarii na CHAES [Influence of ecological and soil conditions on the formation of the radiation situation in the territories contaminated as a result of the Chernobyl accident]. *Ahroekologichnyi zhurnal – Agroecological Journal*, 1, 112–121 [in Ukrainian].
3. Prister, B.S. (2000). *Koncepcija vedennja agropyromysloвого vyrobnytstva na zabrudnenyh terytorijah ta j'h kompleksnoi' rehabilitacii' na period 2000–2010 rr.* [The concept of agricultural production in contaminated areas and their comprehensive rehabilitation for the 2000–2010-s period]. Kyiv: Svit [in Ukrainian].
4. Yaponci vyrostovuvatymut olijni kultury u Naryodyskomu raioni, shchob «vyvesty» radiaciyu [The Japanese will grow oil crops in the Naryodskyi district to «bring» radiation]. (n.d.) *zhitomir.today*. Retrieved from http://zhitomir.today/news/society/yapontsi_viroshchuvatimut_oliyni_kulturi_u_naroditskomu_rayoni_shchob_vivesti_radiatsiyu_id8677 [in Ukrainian].
5. Bjun, V.G. (2002). *Upravlinnyia zemel'nymy resursamy* [Land Management]. Mykolaiiv: NaUKMA [in Ukrainian].
6. Dospheov, B.A. (1979). *Metoduka polevogo opyta* [Field experiment technique]. Moskva: Kolos [in Russian].
7. Prister, B.S. (Ed.). (2007). *Vedennia silskohospodarskoho vyrobnytstva na terytoriiakh, zabrudnenykh vnaslidok Chornobylskoi katastrofy, u viddalenyi period: Metodychni rekomendatsii* [Conducting agricultural production in the territories contaminated as a result of the Chernobyl disaster in the remote period. Guidelines]. Kyiv: Atika-N [in Ukrainian].
8. Nadruga, M. (2013). Olijni kultury [Oil crops]. *Kolosok – Ccolossus*, 8, 16–21 [in Ukrainian].
9. Birta, G.O., Burgu, Yu.G. (2014). *Osnovy roslynnyctva i tvarynnyctva* [Bases of plant growing and animal husbandry]. Kyiv: Centr uchbovoyi literatury [in Ukrainian].
10. Shuvar, I. (2014). Vydy syderativ [Types of siderates]. *Ahrobiznes sohodni – Agribusiness today*, 3, 37–38 [in Ukrainian].