

Буднік І. П.¹, Печенюк Є. П.¹, Федьович І. В.¹, Піциль А. О.²¹Малинський фаховий коледж, с. Гамарня, Житомирська область, Україна²Поліський національний університет, м. Житомир, Україна

ЗНАЧЕННЯ ЛІСОВИХ НАСАДЖЕНЬ У РЕГУЛЮВАННІ МІГРАЦІЇ РАДІОНУКЛІДІВ У ВОДОЗБОРАХ

У статті представлено результати дослідження просторової міграції радіонукліда ¹³⁷Cs у лісоаграрних ландшафтах басейну річки Норин із використанням басейнового підходу. Встановлено, що гідроморфометричні параметри малих приток, зокрема протяжністю від 6,5 до 39 км і глибиною 0,10–0,80 м та швидкістю течії 0,11–0,36 м·с⁻², визначають інтенсивність перенесення завислих часток і радіоцезію. Показано, що збільшення площі лісів із 245,08 до 266 км² та підвищення лісистості ріллі з 0,3% до 6,0% зменшує поверхневий стік з 7,6·10⁷ до 4,5·10⁷ м³. Модуль водної ерозії при цьому знижується з 3,7 до 0,4 т·га⁻¹·рік⁻¹. Унаслідок цього річна міграція ¹³⁷Cs зменшується більш ніж у 100 разів – від 46·10¹¹ Бк·рік⁻¹ до 32·10⁸ Бк·рік⁻¹. Отримані результати підтверджують ключову роль лісових насаджень як природних фільтрів, що стримують горизонтальне перенесення радіонуклідів і забезпечують радіоекологічну стабільність водозбірних систем Полісся.

Ключові слова: ¹³⁷Cs, радіонукліди, просторове перенесення, лісоаграрні ландшафти, басейновий підхід, поверхневий стік, водно-ерозійні процеси, лісові насадження, геохімічні бар'єри, міграція забруднювачів.

Вступ. Радіоактивне забруднення Житомирського Полісся після аварії на Чорнобильській АЕС спричинило глибокі екологічні наслідки. У результаті радіонуклідного опадку з господарського обігу було вилучено близько 26 тис. га сільськогосподарських угідь, віднесених до категорії радіаційно небезпечних земель [3 с. 23]. Найбільш поширеним і екологічно значущим радіонуклідом у ґрунтах регіону є ¹³⁷Cs, що надходив на поверхню землі із атмосферними опадами у перші дні після катастрофи [1 с. 123].

Поверхневий стік, зокрема талий і дощовий, відіграє визначальну роль у перерозподілі техногенних забруднювачів у межах водозборів. Саме він формує потоки речовин та енергії в ландшафті, впливає на інтенсивність міграційних процесів і відображає загальний стан ландшафтно-гідрологічної системи.

¹Буднік Ігор Петрович, канд. с.-г. наук, завідувач кафедри лісівництва та захисту лісу. E-mail: budniki@ukr.net; <https://orcid.org/0000-0003-39478274>;

¹Печенюк Євгеній Петрович, викладач спеціаліст. E-mail: kotugor1989@ukr.net; <https://orcid.org/0000-0002-9985-7119>;

¹Федьович Іван Володимирович, викладач вищої категорії. E-mail: ifedovich@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0003-3763-7905>;

²Піциль Андрій Орестович, канд. с.-г. наук, доцент. E-mail: pitsil.uk@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-0962-574X>.

У цьому контексті дослідження були спрямовані на:

- визначення питомої активності ^{137}Cs та щільності радіоактивного забруднення ґрунтів уздовж улоговин;
- аналіз гідрологічних характеристик річок Полісся на прикладі басейну р. Норин;
- оцінку ролі лісових насаджень у горизонтальному перерозподілі техногенних радіонуклідів у межах водозбірних площ.

Отримані результати дозволяють комплексно оцінити вплив радіоактивного забруднення та гідроерозійних процесів на стан ландшафтів Житомирського Полісся та визначити чинники, що формують сучасні міграційні потоки радіонуклідів у водозбірних системах.

Об'єктом дослідження виступають процеси просторової міграції радіонукліда ^{137}Cs у ґрунтовому покриві лісоаграрних ландшафтів, зокрема уздовж ліній поверхневого стоку, що формуються на різних типах землекористування водозборів річкових басейнів Житомирського Полісся.

Предметом дослідження є кількісні та якісні характеристики міграційних потоків ^{137}Cs у ландшафтах Полісся.

Метою проведених досліджень є визначення особливостей процесів горизонтальної міграції ^{137}Cs з різних угідь лісоаграрних ландшафтів у басейнах річок Житомирського Полісся та обґрунтування екологічно безпечних способів його регулювання.

Для досягнення поставленої мети вирішувалися такі *завдання*:

- визначено кількісні параметри просторової міграції ^{137}Cs уздовж улоговин на різних типах угідь та здійснено їх імовірнісну оцінку;
- експериментально досліджено вплив лісових насаджень на розвиток ґрунтово-гідрологічних процесів і масштаби винесення хімічних і біогенних речовин із водозбірних територій;
- встановлено напрями ефективного та екологічно безпечного регулювання просторової міграції радіонуклідів шляхом збереження й розширення площ лісових масивів, полезахисних лісових смуг та інших природних фільтраційних бар'єрів.

Наукова новизна одержаних результатів полягає у встановленні закономірностей просторової міграції радіонуклідів уздовж улоговин, виявленню ролі структурної організації агроландшафтів у формуванні потоків ^{137}Cs у ґрунтовому середовищі. Отримані дані доповнюють сучасні уявлення про механізми переміщення радіонуклідів у лісоаграрних ландшафтах і можуть слугувати основою для розроблення природоохоронних заходів на територіях радіаційного забруднення.

Матеріал і методи дослідження. Базовим принципом досліджень було застосування басейнового підходу, що дозволяє комплексно аналізувати процеси міграції речовин у межах цілісної гідрологічної системи.

Особливу увагу зосереджено на трьох ключових компонентах екосистеми: воді, ґрунтовому покриві як базисному елементі агроландшафтів та лісовим насадженням, що істотно впливають на характер поверхневого стоку та просторову трансформацію забруднювачів.

У ході роботи застосовувалися загальноприйняті методи:

- ландшафтно-маршрутні обстеження,
- експериментальні роботи,
- польові вимірювання,
- лабораторні фізичні, хімічні та радіологічні аналізи.

Методичною основою досліджень було визначення характеристик поверхневого стоку та факторів, що зумовлюють його формування вздовж схилу – від вододільної ділянки до водозливу (кінцевого створу) та в зоні його поширення. Це дозволило простежити зміни інтенсивності та напрямів міграції радіонуклідів уздовж профілю улоговини.

Дослідження проводилися на прикладі двох елементарних водозборів у Народицькому районі – «Радча» та «Отруби», які відзначаються різною структурою землекористування й рівнем лісистості. На цих територіях вивчено динаміку та просторово-горизонтальну міграцію основного радіонукліда забруднення – ^{137}Cs , що переміщується зі змитим ґрунтом та поверхневими талими й дощовими водами.

Відбір ґрунтових зразків здійснювався методом «конверта» з орного шару (0–20 см) дерново-середньопідзолистих супіщаних ґрунтів уздовж усієї улоговини – від її верхньої, польової частини (вершина водозбору) до ділянок у різній віддаленості від лісосмуги. Додатково зразки відбиралися у частині шлейфу акумуляції за лісовою смугою відповідно до вимог ДСТУ 4287:2004.

У відібраних ґрунтових пробах проводили комплекс фізичних, фізико-хімічних, хімічних та радіологічних аналізів за стандартними методиками в акредитованих лабораторіях.

Аналіз літературних джерел. Проблеми вивчення процесів міграції радіонуклідів у природних та агроландшафтних системах уже багато років перебувають у центрі уваги науковців [6, с. 35; 8, с. 134]. Переміщення полютантів у межах ландшафтів підпорядковується загальним закономірностям формування потоків речовин і визначається поєднанням геоморфологічних (улоговини, крутість та експозиція схилів) і біофізичних чинників, зокрема дією природних та штучних бар'єрів – захисних лісових насаджень, лісових масивів, гідротехнічних споруд тощо. Усі потокові процеси в ландшафтних системах

функціонують у взаємозв'язку зі структурою території та зрештою «замикаються» в басейнах гідрологічної мережі [1, с. 15; 2, с. 24; 3, с. 49].

Експериментальні дані багатьох авторів підтверджують, що ерозійно-гідрологічні процеси відіграють вирішальну роль у перетворенні природно-територіальних комплексів, зумовлюючи перерозподіл речовин і зміну фізико-хімічних властивостей ґрунтів [4, с. 35; 6, с. 154; 2, с. 53].

Попри значну кількість досліджень, присвячених особливостям міграції й акумуляції хімічних елементів у ґрунтовому покриві України, питання горизонтальної міграції радіонуклідів та особливо їх поведінки в системі «ґрунт – рослина» у контексті застосування лісових насаджень як природних геохімічних бар'єрів залишаються вивченими недостатньо. Брак таких даних у науковій літературі актуалізує потребу в поглиблених дослідженнях, особливо для територій Полісся, які зазнали істотного радіоактивного забруднення.

Результати досліджень. Аналіз експериментальних даних засвідчив, що зміни концентрації забруднювальних речовин уздовж улоговин мають хвилеподібний, періодичний характер. Водночас у всіх досліджених випадках простежується чітка закономірність: найвища інтенсивність акумуляції радіонуклідів характерна для ділянок, де спостерігається концентрація рідкого стоку та відкладення твердої фази, особливо в зонах, безпосередньо пов'язаних із лісовими насадженнями.

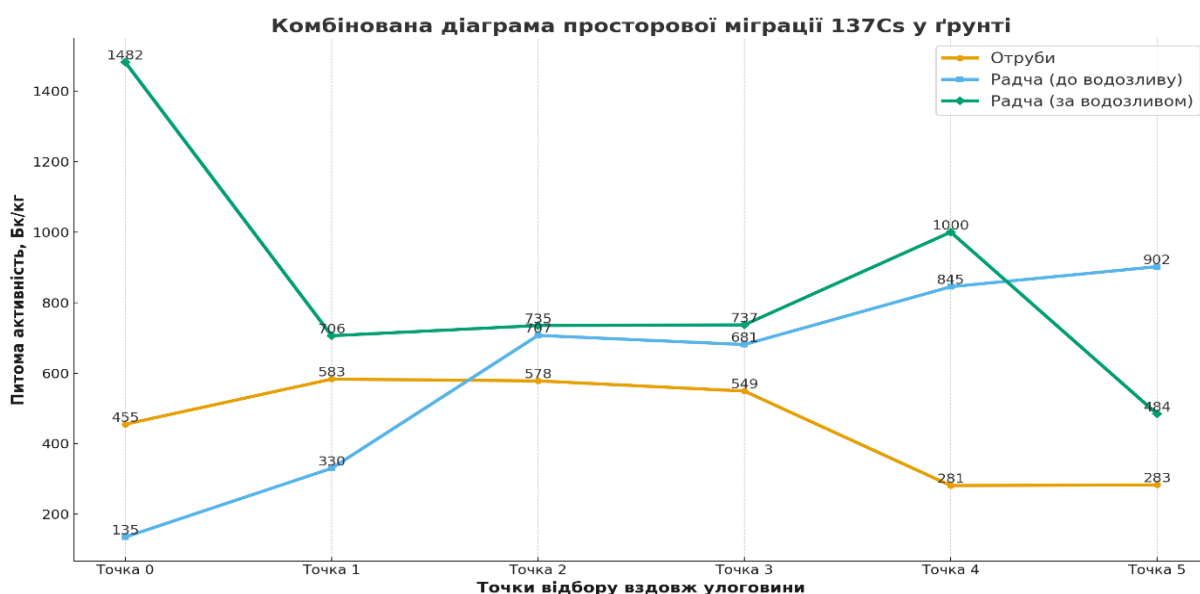


Рис. 1. Щільність забруднення ґрунту ^{137}Cs у водозборах лісоаграрних ландшафтів

Комбінована діаграма, яка відображає зміну питомої активності ^{137}Cs уздовж улоговин водозборів «Отруби», «Радча» (до водозливу) та «Радча» (за водозливом), дозволяє всебічно охарактеризувати особливості горизонтальної

міграції радіоцезію в лісоаграрних ландшафтах Житомирського Полісся. Аналіз графічних даних показує, що перерозподіл радіонукліда має виразно нерівномірний характер і визначається поєднанням рельєфних особливостей, структури угідь та впливом лісових насаджень, які функціонують як природні фільтраційні бар'єри.

У водозборі «Отруби» рівень забруднення варіює в межах від 455 до 583 Бк/кг у верхній частині улоговини, після чого спостерігається поступове зниження активності до 281–283 Бк/кг. Така динаміка вказує на слабшу здатність ландшафту до акумуляції радіонуклідів, що є характерним для осушених територій, де інтенсивність транзиту поверхневого стоку зростає, а природні механізми сорбції й затримання забруднювачів послаблюються. У цьому водозборі немає чітко виражених зон акумуляції, що підтверджує домінування процесів виносу порівняно з процесами нагромадження.

На відміну від цього, у водозборі «Радча» (до водозливу) спостерігається послідовне зростання рівня радіоактивного забруднення вздовж улоговини – від 135 Бк/кг на польовій частині до 902 Бк/кг у зоні лісосмуги. Зростання активності на кожному наступному відрізку схилу є свідченням посилення акумулятивних процесів. Найвищі значення у лісовій смугі пояснюються здатністю деревних насаджень значно зменшувати швидкість поверхневого стоку, збільшувати шорсткість поверхні та створювати умови для затримання завислих часток, на яких адсорбований ^{137}Cs . Таким чином, лісові масиви відіграють ключову роль у формуванні локальних осередків накопичення радіонуклідів у структурі агроландшафту.

У водозборі «Радча» (за водозливом), що розташований у зоні відчуження, рівні активності є найвищими серед усіх досліджених об'єктів. Уже в точці, що позначає вершину улоговини, активність становить 1482 Бк/кг, що пов'язано з наявністю первинних випадінь паливних часток після аварії на ЧАЕС. Подальше зниження активності до рівня 706–737 Бк/кг у середній частині улоговини пов'язане зі стабілізацією процесів міграції та частковою фіксацією радіонуклідів у ґрунтовому профілі. Проте в зоні акумулятивного шлейфу показник знову підвищується до 1000 Бк/кг, що підтверджує загальну закономірність накопичення ^{137}Cs у нижніх частинах улоговини, де сповільнюється швидкість водного потоку і створюються умови для осадження твердої фази.

Загалом комбінована діаграма демонструє, що поведінка радіоцезію уздовж улоговин визначається не лише інтенсивністю поверхневого стоку, а й структурою ландшафту, зокрема наявністю лісових насаджень, які значною мірою впливають на характер просторових потоків речовин. У всіх трьох водозборах саме лісові смуги є тими ділянками, де відмічається найвища концентрація ^{137}Cs , що вказує на їхню унікальну здатність затримувати та

фіксувати радіонукліди. Водночас водозбори зі зміненими гідрологічними умовами, як-от осушений водозбір «Отруби», демонструють менш виражені акумулятивні ефекти, що свідчить про знижену природну стабільність таких екосистем та підвищену мобільність забруднювачів.

Таким чином, результати графічного аналізу підтверджують ключову роль лісових насаджень у регулюванні міграції радіонуклідів у лісоаграрних ландшафтах Полісся, а також вказують на необхідність збереження та розширення лісосмуг як природних геохімічних бар'єрів, що забезпечують екологічну стійкість водозбірних систем і сприяють локалізації радіоактивних поллютантів.

Проаналізовано гідроморфометричні показники малих приток річки Норин, які виконують ключову роль у формуванні поверхневого стоку, інтенсивності ерозійних процесів і, відповідно, у міграційних потоках радіонуклідів. Притоки суттєво різняться за протяжністю і глибиною русла, шириною і швидкістю течії та витратою води, що визначає неоднаковий внесок кожної з них у загальну гідрологічну функціональність водозбору. Наприклад, р. Ольшанка, що має найбільшу протяжність (39 км) та значну ширину русла (1,7 м), характеризується помірною швидкістю течії ($0,12 \text{ м}\cdot\text{с}^{-2}$) і витратою $0,0612 \text{ м}^3$, що свідчить про її стабілізуючу роль у формуванні стоку середньої інтенсивності. Водночас річка Лезниця, яка має ширину 1,0 м, демонструє найвищу серед малих приток швидкість течії ($0,36 \text{ м}\cdot\text{с}^{-2}$), що створює передумови для активнішого переміщення завислих часток і, відповідно, збільшення горизонтальних потоків речовини, у тому числі радіоцезію.

Річка Мощаниця, незважаючи на відносно невелику глибину (0,35 м), має одну з найбільших витрат води – $0,0952 \text{ м}^3$, що вказує на її вагомий роль у сумарному виносі речовин із водозбірної площі. Притоки з меншою шириною русла, як-от Веледники або Хайчанка, демонструють нижчі витрати та помірну швидкість течії, що обмежує амплітуду перенесення радіонуклідів і характерне для менш ерозійно активних ділянок.

У табл. 1 наведено порівняння двох моделей функціонування басейну річки Норин – у межах типового агроландшафту та прогнозованого лісоаграрного ландшафту зі збільшеною площею лісових насаджень. Обидва варіанти мають однакову площу, однак майже на 21 км^2 різняться за площею лісів, що дозволяє оцінити вплив збільшення лісистості на гідрологічні процеси. Зростання площі лісових масивів з $245,08$ до 266 км^2 , а також збільшення площ захисних лісових насаджень із $1,1$ до $2,1 \text{ км}^2$ приводить до суттєвого підвищення показника лісистості ріллі – із $0,3\%$ до $6,0\%$.

Розрахункові значення свідчать, що збільшення лісистості басейну призводить до різкого зменшення поверхневого стоку – з $7,6\cdot 10^7 \text{ м}^3$ до $4,5\cdot 10^7 \text{ м}^3$

на рік, що пояснюється як збільшенням фільтраційної здатності ґрунту під лісом, так і зменшенням площ ерозійно нестійких відкритих ділянок.

Таблиця 1

Оцінка потоків ^{137}Cs у басейні річки Норин

Показники	Агроландшафт	Лісоаграрний ландшафт (прогноз)
Площа, км ²	811,89	811,89
Ліс, км ²	245,08	266
в т.ч. ЗЛН, км ²	1,1	2,1
Лісистість ріллі, %	0,3	6,0
Поверхневий стік, м ³	$7,6 \cdot 10^7$	$4,5 \cdot 10^7$
Модуль водної ерозії, т·га ⁻¹ ·рік ⁻¹	3,7	0,4
Міграція радіоцезію, Бк·рік ⁻¹	$46 \cdot 10^{11}$	$32 \cdot 10^8$

Зменшення поверхневого стоку супроводжується відповідним зниженням модулю водної ерозії – з 3,7 до 0,4 т·га⁻¹·рік⁻¹, що свідчить про майже десятикратне зменшення інтенсивності змиву ґрунту.

Зниження ерозійних процесів має вирішальне значення для регулювання потоків ^{137}Cs . У середовищах з високою лісистістю значна частка радіоцезію фіксується кореновими системами дерев, підстилкою та органічними горизонтами ґрунту, що зменшує його винос із водозбору. У представлених розрахунках це знаходить чітке підтвердження: у агроландшафті міграція радіоцезію становить $46 \cdot 10^{11}$ Бк·рік⁻¹, тоді як у прогнозованому лісоаграрному варіанті – лише $32 \cdot 10^8$ Бк·рік⁻¹, що вказує на різке (понад у 100 разів) зменшення обсягів виносу радіонукліда.

Отже, результати табл. 1 свідчать, що збільшення площі лісових насаджень у басейні річки Норин істотно змінює структуру водного балансу, трансформує потоки поверхневого стоку й радикально зменшує інтенсивність водно-ерозійних процесів. Це, у свою чергу, забезпечує значне скорочення горизонтальної міграції ^{137}Cs і підтверджує ефективність лісових насаджень як природного механізму радіоекологічної стабілізації водозбірних територій.

Висновки. Проведені дослідження показали, що просторовий розподіл ^{137}Cs у лісоаграрних ландшафтах Полісся має виразно нерівномірний характер і тісно пов'язаний із гідрологічними параметрами водозборів.

Результати моделювання потоків у басейні р. Норин свідчать, що збільшення площі лісів із 245,08 км² до 266 км², а також подвоєння площі захисних лісових насаджень із 1,1 км² до 2,1 км², призводить до істотних змін у гідрологічному режимі території. Лісистість ріллі при цьому зростає з 0,3% до 6,0%, що зумовлює зменшення поверхневого стоку з $7,6 \cdot 10^7$ м³ до $4,5 \cdot 10^7$ м³ на рік. Одночасно модуль водної ерозії зменшується майже у десять разів – з

3,7 т·га⁻¹·рік⁻¹ до 0,4 т·га⁻¹·рік⁻¹, що свідчить про різке зниження інтенсивності змиву ґрунту та твердого стоку.

Вплив лісових насаджень на зменшення радіоекологічного навантаження є особливо помітним у показниках річної міграції ¹³⁷Cs. У типових агроландшафтах винос радіоцезію сягає 46·10¹¹ Бк·рік⁻¹, тоді як у прогнозованому лісоаграрному варіанті – лише 32·10⁸ Бк·рік⁻¹, що свідчить про багаторазове (понад у 100 разів) зменшення інтенсивності його перенесення з водозбірної площі. Це підтверджує, що лісові масиви, завдяки своїй здатності уповільнювати поверхневий стік, сприяють сорбції та акумуляції завислих часток і є ключовими природними фільтрами, що суттєво обмежують мобільність радіонуклідів.

Отримані кількісні дані переконливо доводять, що розширення площі лісових насаджень та захисних лісових смуг є ефективним природоохоронним заходом, який дозволяє істотно зменшити масштаби просторової міграції радіонуклідів та запобігти їх накопиченню у ґрунтах прилеглих територій. Подальші дослідження повинні бути спрямовані на вивчення поведінки техногенних забруднювачів у лісоаграрних системах із врахуванням їх токсикологічної дії, а також на удосконалення моделей, здатних прогнозувати екологічні наслідки у регіональному вимірі.

Список літератури (References)

1. Васенков Г.І., Полищук О.Є. Горизонтальна міграція цезію-137 при водноерозійних процесах // Вісник аграрної науки. К.: 1999. №9. С. 37-39. [Vasenkov G.I., Polishchuk O.E. Horizontal migration of cesium-137 during water erosion processes // Bulletin of Agrarian Science. K.: 1999. No. 9. P. 37-39.] (in Ukrainian).
2. Ивонин В.М. Экология и лесная мелиорация. Новочеркасск: НИМИ, 1988. 99 с. [Ivonin V.M. Ecology and forest reclamation. Novocherkassk: NIMI, 1988. 99 p.] (in Russian).
3. Юхновський В. Ю. Лісоаграрні ландшафти рівнинної України: оптимізація, нормативи, екологічні аспекти. К.: Інститут аграрної економіки, 2003. 273 с. [Yukhnovsky V.Yu. Forest and agricultural landscapes of lowland Ukraine: optimization, standards, ecological aspects. K.: Institute of Agrarian Economy, 2003. 273 p.] (in Ukrainian).
4. Вольфцун И. Б., Крестовский О. И. Экспериментальное изучение трансформации стока талых вод макропонижениями на логах ВНИГЛМ. // Тр. ГГИ. 1960. Вып. 76. С. 56-66. [Volfzun I.B. Krestovsky O.I. Experimental study of the transformation of meltwater runoff by macro-reductions on logs of VNI GLM. // Tr. GGI. 1960. Issue 76. pp. 56-66.] (in Russian).
5. Временные рекомендации по прогнозированию химического состава поверхностных вод с учетом перераспределения стока. Л. : Гидрометеиздат, 1988. 56 с. [Temporary recommendations for forecasting the chemical composition of surface waters taking into account flow redistribution. L.: Gidrometeoizdat, 1988. 56 p.] (in Russian).
6. Гаршинев Е.А., Васенков Г.И. Методические основы моделирования эрозионно-аккумулятивного процесса при стоке талых вод в полевом эксперименте. Науч. тр. ВНИАЛМИ. 1987. Вып 11(90). С. 125 – 132. [Garshinev E.A., Vasenkov G.I. Methodological

foundations of modeling the erosion-accumulative process during meltwater runoff in a field experiment. Science tr. ATTENTION 1987. Issue 11(90). P. 125–132.] (in Russian).

7. Дмитрук Ю. М. Геохімічні особливості ґрунтів агроландшафтів Передкарпаття // Вісн. аграрн. науки. 2005. № 5. С. 51–55. [Yu. M. Dmytruk Geochemical features of the soils of the agrolandscapes of Precarpathia / Yu. M. Dmytruk // Visn. agrarian science 2005. No. 5. P. 51–55.] (in Ukrainian).

8. Зубов О. Р. Закономірності ерозійно-аккумулятивних процесів в лісоаграрному ландшафті балкового водозбору. Меліорація і водне господарство. 2000. Вип. 87. С. 146–153. [Zubov O. R. Patterns of erosion-accumulative processes in the forest-agricultural landscape of the catchment area. Reclamation and water management. 2000. Issue 87. P. 146–153] (in Ukrainian).

9. Стрельченко В.П. Ґрунтово-екологічні основи системи землеробства Полісся України: Автореф. дис. д.с-г.н. К. 1994. 48 с. [Strelchenko V. P. Soil and ecological foundations of systems of agriculture of Polissya, Ukraine: K.: Author's abstract of dissertation. Doctor of Agricultural Sciences. 1994. 48 p.] (in Ukrainian).

I. P. Budnik¹, E. P. Pechenyuk¹, I.V. Fedovich¹, A. O. Pitsil²

¹Malyn Vocatioyal College, v. Hamarnia, Zytomyr region, Ukraine

²Polissia National University, Ukraine

THE ROLE OF FOREST STANDS IN REGULATING RADIONUCLIDE MIGRATION IN THE WATERSHEDS OF POLISSIA

Abstract. *The study presents an assessment of the spatial migration of the radionuclide ¹³⁷Cs within the forest-agricultural landscapes of the Noryn River basin using a basin-based analytical approach. The hydromorphometric characteristics of the tributaries, including lengths ranging from 6.5 to 39 km, depths of 0.10–0.80 m, and flow velocities of 0.11–0.36 m·s⁻², were found to determine the intensity of sediment transport and radionuclide redistribution. Increasing forest area from 245.08 to 266 km² and raising field afforestation from 0.3% to 6.0% reduced surface runoff from 7.6·10⁷ to 4.5·10⁷ m³. The erosion modulus decreased from 3.7 to 0.4 t·ha⁻¹·yr⁻¹, which led to a more than hundredfold reduction in annual ¹³⁷Cs migration—from 46·10¹¹ to 32·10⁸ Bq·yr⁻¹. The results demonstrate the essential role of forest stands as natural geochemical filters that limit radionuclide transport and enhance the radioecological stability of Polissia's watershed systems.*

Key words: ¹³⁷Cs, radionuclides, spatial migration, forest–agricultural landscapes, basin approach, surface runoff, water erosion, forest stands, geochemical barriers, pollutant transport, Polissia region, Noryn River watershed.