

І. П. Буднік¹, Є. П. Печенюк,¹ І. В. Федьович¹, А. О. Піциль²

¹Малинський фаховий коледж, с. Гамарня, Житомирської області, Україна

²Поліський національний університет, м. Житомир, Україна

ВПЛИВ СТРУКТУРИ АГРОЛАНДШАФТІВ НА ПОТОКИ РАДІОАКТИВНИХ ЕЛЕМЕНТІВ З ПОВЕРХНЕВИМ СТОКОМ В ЖИТОМИРСЬКОМУ ПОЛІССІ

У статті досліджено особливості виносу горизонтальної міграції основного радіоактивного елементу забруднення ґрунтів Полісся (^{137}Cs) з поверхневим стоком талих і зливових вод із водозборів. Досліджено основні показники гідрологічних характеристик малих річок Полісся (на прикладі басейну р. Норин), морфологію та ландшафтну структуру басейнів, з'ясовано їх роль у міграції радіонуклідів. Оцінено захисну роль лісових різноманітних насаджень, які впливають на горизонтальну міграцію ^{137}Cs з поверхневим стоком. Охарактеризовано закономірності міграції ^{137}Cs з водозборів та керування екологічними процесами в ландшафтах.

Ключові слова: мала річка; ландшафт; ґрунт; забруднення; міграція; стік; ліс.

Вступ. Гідролого-ерозійні процеси, будучи провідними у перетворенні природно-територіальних комплексів височин і рівнин, порушують екологічну рівновагу в ґрунтах ландшафтів. Процес перенесення речовин на водозборі пов'язані між собою поверхневим стоком води, який відіграє важливу роль у міграції сполук різних форм.

Радіоактивне забруднення нанесло велику екологічну шкоду довкіллю Житомирського Полісся. В результаті аварії на ЧАЕС з господарського обігу було вилучено майже 26 тис. га сільськогосподарських угідь, як радіоактивно небезпечних земель [3].

Основним забруднювачем ґрунтів у цій частині Полісся є ^{137}Cs , який осів в результаті Чорнобильської катастрофи [1]. Талий та дощовий стік є однією з головних складових, що визначає потоки речовин та енергії в ландшафті, відображає зміни та процеси трансформації в них.

В результаті інтенсивних ерозійних процесів із змитим ґрунтом і поверхневим стоком, мігрує велика кількість полютантів, відбуваються погіршення якості ґрунтових і поверхневих вод. Тому вивчення закономірностей виносу радіоактивних елементів із водозбірних площ, на яких ведеться

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

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

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

²Піциль Андрій Орестович, канд. с.-г. наук, доцент; <https://orcid.org/0000-0002-0962-574X>.

інтенсивне сільськогосподарське виробництво, являє собою важливу проблему Житомирського регіону та потребує нагального вирішення.

До завдань досліджень входило вивчення питомої активності ^{137}Cs та щільності забруднення ґрунту за довжиною улоговини, дослідження гідрологічних характеристик річок Полісся (на прикладі басейну р. Норин), встановлення ролі лісових насаджень, у горизонтальному перерозподілі техногенних забруднювачів.

Об'єктом дослідження є процеси просторової міграції ^{137}Cs в ґрунті, за лініями проходження поверхневого стоку з різних угідь водозборів лісоаграрних ландшафтів, басейнів річок Житомирського Полісся.

Предметом дослідження є кількісні та якісні показники міграційних процесів ^{137}Cs в ландшафтах Полісся в залежності від їх структури.

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

Відповідно до мети роботи вирішено такі завдання:

- досліджено кількісні параметри просторової міграції ^{137}Cs вздовж улоговини на різних типах угідь і надано їм імовірнісну оцінку;
- експериментально встановлено вплив лісових насаджень на розвиток ґрунтово-гідрологічних процесів, виніс хімічних і біогенних речовин із водозборів;
- визначено шляхи ефективного, екологічно безпечного регулювання просторової міграції нуклідів, шляхом збереження і розширення площ лісових насаджень та полезахисних лісових смуг, які є природними універсальними фільтрами.

Наукова новизна одержаних результатів полягає у виявленні закономірностей просторової міграції нуклідів в ґрунті вздовж улоговин, та вплив структури агроландшафтів на потоки радіоцезію в ґрунті.

Матеріал і методи дослідження. Різноманітність завдань, які вирішувались у рамках досліджень, обумовила різновидність використаних методичних підходів, які застосовувались. При цьому застосовувався «басейновий» підхід. Складність об'єкту досліджень обумовила необхідність вивчення різноманітних фізичних явищ і процесів, що відбуваються в умовах досліджень у першу чергу гідрологічних, екологічних і ерозійних. При реалізації поставлених завдань досліджень основна увага була націлена на головні складові екосистеми: воду, ґрунтовий покрив як базисний елемент агроландшафтів, та лісові насадження.

Прийоми досліджень які застосовувалися були загальноприйнятими: ландшафтно-маршрутні, експериментальні, польові, лабораторні.

Методичною основою досліджень були характеристики стоку, так і фактори щодо його формування в декількох місцях по довжині схилу від вододілу до водозливу (кінцевого створу) й за ним.

На прикладі двох елементарних водозборів в Народицькому районі – «Радча» та «Отруби» було досліджено динаміку та просторову-горизонтальну міграцію основного елементу радіоактивного забруднення ^{137}Cs в ґрунті за шляхами проходження талого та дощового поверхневого стоку.

Відбір змішаних зразків ґрунту проводились методом конверта, з орного шару (0–20 см) дерново – середньо підзолистого супіщаного ґрунту по всій довжині улоговини, починаючи з її польової частини - вершини дослідного водозбору й на різній відстані від лісосмуги.

Додатково відбирали зразки ґрунту у шлейфі акумуляції за лісовою смугою, згідно (ДСТУ 4287:2004). У зразках ґрунту проводили фізичні, фізико-хімічні, хімічні й радіологічні аналізи за загально прийнятими методиками в акредитованих лабораторіях.

Питома активність ^{137}Cs у ґрунті та воді визначалася методом гама спектрометрії на УСК «Гама плюс», відповідно до існуючих нормативних документів у Житомирській філії ДУ «Держґрунтохорона».

Аналіз літературних джерел. Питання вивчення міграції радіонуклідів. знаходяться в полі зору багатьох дослідників [6, 7].

Міграція полютантів підпорядкована загальним закономірностям потоків речовин у ландшафті й прямо пропорційно пов'язана з умовами рельєфоутворення (улоговина, ухил) та біофізичними бар'єрами (гідротехнічні споруди, захисні лісові насадження, ліс). Потоки речовини в ландшафті, пов'язані з його структурою і, в кінцевому випадку, замикаються в басейнах гідрологічної сітки [1, 2, 3].

Вивчаючи міграцію радіонуклідів по горизонтальному профілю в заплавах рік Вілія, Неман та прилеглих до них полів на підвищеннях, В. К. Хомич (1984) відмічено 2-х кратне перевищення вмісту нуклідів в ґрунтах заплав, яке викликане переносом їх в результаті змиву, дефляції та ряду інших факторів переміщення [5, 6, 7].

Гідродинамічні характеристики схилових водотоків, як і динамічні, піддаються змінам по довжині схилу й залежать також від змін природно – кліматичної ситуації й господарського використання земель. Серед динамічних характеристик найбільший вплив на вміст речовин у схилових водотоках та перенесення їх у ґрунт спричиняють фактори гідравлічного опору.

За оцінками ряду досліджень у тридцятикілометровій зоні ЧАЕС відмічається наявність у ґрунті нерозчинних сполук радіонуклідів у вигляді грубодисперсних аерозольних частинок ядерного палива. З часом відбувається зміна рівнів забруднення за рахунок фізичного розпаду ^{137}Cs (до теперішнього часу, в ґрунтах активність знизилась на 9,1% із динамікою 0,604% в рік) і

вторинних процесів міграції серед яких в зоні відчуження переважають процеси змиву зливовим і талим стоком, вертикального переносу вниз по профілю ґрунту внаслідок механізму конвективної дифузії [4, 6, 8].

Дослідження різних авторів і експериментальні дані свідчать, що ерозійно-гідрологічні процеси, є основними у перетворенні природно-територіальних комплексів [4, 6, 7].

Значна частка наукових праць, присвячена безпосередньо особливостям міграції й акумуляції окремих хімічних елементів у ґрунтовому покриві України. У науковій літературі практично відсутні дані про горизонтальну міграцію нуклідів і поведінку їх в системі *ґрунт-рослина* у зв'язку із використанням лісових насаджень в якості геохімічного бар'єру.

Результати досліджень. Як показали експериментальні дані, зміни величини забруднюючих речовин по довжині улоговини мають періодичний характер, але у всіх випадках чітко простежується одна закономірність – велика інтенсивність їх в місцях концентрації рідкого і акумуляції твердого стоку особливо там, де у створі розміщені лісові насадження.

За результатами проведених різноманітних досліджень та спостережень було встановлено, що питома активність ^{137}Cs у 0–20 см шарі ґрунту одночасно змінюється із віддаленням від вершини улоговини до збільшення її в акумулятивній зоні й сягає максимального значення в присмужній та безпосередньо в лісовій смузі (табл. 1). Подібний розподіл елементів у верхньому шарі ґрунту по лініях ерозії стоку і його змиву від місцевої вододільної лінії до гідрографічної сітки пов'язаний з ерозійно-гідрологічними процесами і факторами, що його визначають.

Лісові насадження впливають на якісні показники поверхневого стоку, відіграючи роль хімічного бар'єру на шляху міграції речовин із продуктами стоку. Концентрація забруднювачів чітко різниться за елементами водозбору, відбувається трансформація забруднювачів за улоговинами та їх акумуляція в пристворній зоні.

Таблиця 1

Щільність забруднення ґрунту ^{137}Cs у водозборах лісоаграрних ландшафтів на шляху проходження поверхневого стоку, середнє за 2008 – 2018 рр.

№ зразку	Місцеположення, точка відбору зразка	Питома активність, щільність забруднення (шар 0-20 см)		
		Бк/кг	Кі/км ²	кБк/км ²
Водозбір «Отруби», Народицький р-н., (осушений водозбір)				
0	Польова частина (контроль)	455	2,71	100,3
1	Вершина улоговини	583	3,47	128,4
2	50 м вниз улоговиною	578	3,44	127,3
3	100 м вниз улоговиною	549	3,27	121,0
4	150 м вниз улоговиною	281	1,67	61,8

5	Шлейф акумуляції	283	1,69	62,5
Водозбір «Радча» (до водозливу), Народицький р-н,				
0	Польова частина (контроль)	135	0,8	29,6
1	Вершина улоговини	330	2,06	76,2
2	50 м вниз улоговиною	707	4,21	155,8
3	100 м вниз улоговиною	681	4,05	149,8
4	150 м вниз улоговиною	845	5,03	186,0
5	Лісова смуга (Шлейф акумуляції)	902	5,37	198,7
Водозбір «Радча» (за водозливом) Народицький р-н, зона відчуження.				
0	Лісова смуга (вершина улоговини)	1482	8,74	323,4
1	50 м вниз улоговиною	706	4,20	155,4
2	100 м вниз улоговиною	735	4,37	161,7
3	150 м вниз улоговиною	737	4,39	162,4
4	Шлейф акумуляції	1000	5,95	220,0
5	Польова частина	484	2,9	107,3

Лісові смуги виконують важливу роль при захисті ґрунтового та рослинного покриву. Крім основного призначення захищати агроландшафти від вітрової та водної ерозії, вони виконують ще й функцію захисту від техногенного забруднення, являючись бар'єром на шляху міграції елементів.

Радіоекологічна ситуація в лісоаграрних ландшафтах Житомирського Полісся свідчить про суттєвий вплив захисних лісових смуг на територіальний розподіл ^{137}Cs .

Кількісні характеристики і динаміка процесу виносу продуктів ерозії від вододілу до гідрографічної сітки регламентується поєднанням природних умов (розчленованість території, крутизна схилів, підстилаюча поверхня, ґрунт та ін.).

За отриманими результатами досліджень виявлено, що диференціація показників стоку і ерозії у різних структурних елементах агроландшафтів виявляється в кінцевому результаті на гідрологічних характеристиках малих річок, та характері потоку речовини в межах їх басейнів (табл. 2).

У водозборі, де немає лісових насаджень, стік має концентрацію радіоцезію 93 Бк/л. Коли в сільськогосподарському ландшафті є лісові насадження, концентрація радіоцезію у стоках нижча – 49 Бк/л. Водозбір зі смугами регулювання стоку має нижчу концентрацію радіоцезію, ніж орні землі без смуг.

Боротися з радіоактивним забрудненням агроландшафту слід за допомогою лісових насаджень, які мають оздоровчу мету [3]. ЗЛН повинен мати агроекологічну спрямованість і враховувати максимальний протиерозійний ефект і контроль потоку.

**Гідроморфометричні показники малих приток у басейні р. Норин
(на 17.08.2018р.)**

Притока	Протяжність, км	Глибина, м	Ширина, м	Швидкість течії, м·с ⁻²	Витрата, м ³
Верхів'я р. Норин	20,0	0,12	1,3	0,20	0,0312
р. Белка	6,5	0,80	1,1	0,11	0,0946
р. Веледники	9,0	0,10	0,7	0,28	0,0134
р. Хайчанка	20,0	0,25	0,7	0,19	0,0330
р. Лезниця	19,0	0,30	1,0	0,36	0,1080
р. Мощаниця	33,0	0,35	1,6	0,17	0,0952
р. Ольшанка	39,0	0,30	1,7	0,12	0,0612

Кількість деревини в річкових басейнах тісно пов'язана з каламутністю малих річок у цих районах (показано на рис. 1).

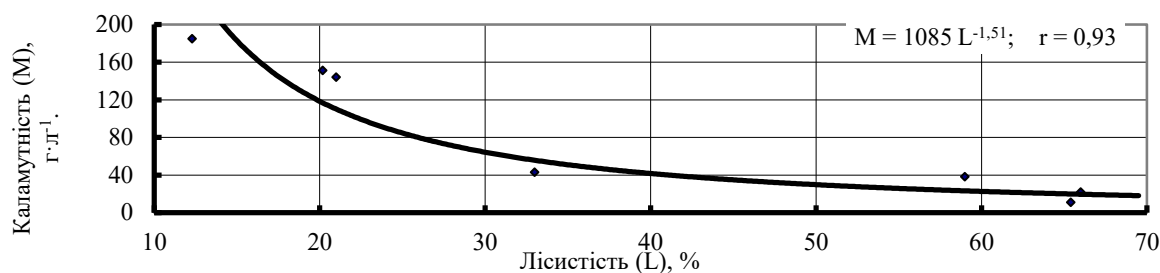


Рис. 1. Залежність каламутності потоку приток р. Норин (M) від лісистості басейну (L)

У математичних моделях ЗЛН для агроландшафтів Полісся важливими є ґрунт, гідрологічний режим і рослинний покрив.

Розроблені математичні моделі ЗЛН для агроландшафтів Полісся, що відображають роль таких факторів, як ґрунт, гідрологічний режим, рослинний покрив. Ці моделі дозволили на прикладі типового для регіону басейна малої річки прогностично розрахувати оптимізуючі дії лісових насаджень на міграцію радіонуклідів, що наведена в таблиці 4.

Оцінка потоків ¹³⁷Cs у басейні річки Норин

Показники	Агроландшафт	Лісоаграрний
Площа, км ²	811,89	811,89
Ліс, км ²	245,08	266
зокрема ЗЛН, км ²	1,1	2,1
Лісистість ріллі, %	0,3	6,0
Поверхневий стік, м ³	7,6·10 ⁷	4,5·10 ⁷
Модуль водної ерозії, т·га ⁻¹ ·рік ⁻¹	3,7	0,4
Міграція радіоцезію, Бк·рік ⁻¹	46·10 ¹¹	32·10 ⁸

Результати таблиці 4 свідчать про значний вплив лісових насаджень на перетворення потоків ^{137}Cs , що виражаються в кінцевому результаті у зменшенні його виносу з басейну річки.

Висновки. Міграція ^{137}Cs у лісоаграрних районах Полісся можна прогнозувати шляхом побудови різних моделей окремих процесів у межах агроландшафтів.

При визначенні ділянок підвищеної концентрації речовин у ґрунті, важливо враховувати вплив лісових насаджень на рух речовин поверхневого стоку. Лісові насадження виступають фізичним бар'єром для міграції речовин, що містяться у стоках, разом з іншими показниками якості поверхневого стоку. Разом вони можуть визначити місця, де велика кількість речовин потрапляє у воду. Різні моделі допомагають визначити долю радіонуклідів та інших забруднюючих речовин у ландшафті.

Моделі визначають, на які параметри впливають елементи ландшафту (сільськогосподарські та лісові території), найбільш значущими є лісові насадження, які можуть допомогти обмежити поширення забруднюючих речовин. Моделі також можуть допомогти визначити, як відбуватиметься міграція радіоактивного матеріалу, допомагаючи керувати процесами.

Для запобігання просторової міграції нуклідів і накопичення їх у ґрунтах прилеглих ландшафтів важливою ланкою є розширення і збереження площ лісових насаджень та полезахисних лісових смуг, які є природними універсальними фільтрами.

Напрямок подальших досліджень має перспективу у вивченні поведінки техногенних забруднювачів у лісоаграрних ландшафтах із врахуванням їх токсикологічної дії, а також узагальнення параметрів забруднення довкілля у регіональному аспекті.

References

1. Vasenkov H. I., Polyshchuk O.YE. *Horyzontal'na mihratsiya tseziyu-137 pry vodnoeroziyynykh protsesakh* // *Visnyk ahrarnoyi nauky*. -K.: -1999. - №9. - S. 37-39.
2. Yvonyn V. M. *Ékologyya y lesnaya melyoratsyya*. Novocherkassk: NYMY, 1988.–99s.
3. Yukhnovs'kyu V. YU. *Lisoahrarni landshafty rivnynnoyi Ukrayiny: optymizatsiya, normatyvy, ekolohichni aspekty*. – K.: Instytut ahrarnoyi ekonomiky, 2003. – 273 s.
4. Vol'f'sun Y. B. *Éksperymental'noe yzuchenye transformatsyy stoka talykh vod makroponyzenyyamy na lohakh VNYHLM* / Y. B. Vol'f'sun. O. Y. Krestovskyy // *Tr. HHY*. – 1960. – Vyp. 76. – S. 56-66.
5. *Vremennyye rekomendatsii po prognozirovaniyu khimicheskogo sostava poverkhnostnykh vod s uchetom pereraspredeleniya stoka*. – L. : Gidrometeoizdat, 1988. – 56 s.
6. Harshynev E.A., Vasenkov H.Y. *Metodycheskiye osnovy modelyrovaniya érozyonno-akkumulyatyvnoho protsessa pry stoke talykh vod v polevom eksperemente*. – *Nauch. tr. VNYALMY*. – 1987. Vyp 11(90). – S. 125 – 132.

7. Dmytruk Yu. M. *Heokhimichni osoblyvosti gruntiv ahrolandshaftiv Peredkarpattya. Visn. ahrarn. nauk.* 2005. № 5. 51–55.
8. Zubov O. R. *Zakonomirnosti eroziyno–akumulyatyvnykh protsesiv v lisoahrarnomu landshafti balkovoho vodozboru. Melioratsiya i vodne hospodarstvo.* 2000. – Vyp. 87. – S.146–153.
9. Strel'chenko V.P. *Gruntovo-ekolohichni osnovy. K.: systemy zemlerobstva Polissya Ukrayiny: Avtoref. dys. d.s-h.n.* – 1994. – 48s.

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

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

²Polissia National University, Ukraine

THE INFLUENCE OF THE AGRICULTURAL LANDSCAPE ON THE MIGRATION OF RADIOACTIVE ELEMENTS WITH SURFACE RUNOFF IN ZHYTOMYR POLISSYA

The article presents the results of horizontal migration basic element of radioactive contamination of soils Polesie forest-agricultural landscapes - ¹³⁷Cs in basins on the route of runoff. It was found the main indicators of hydrological characteristics of small rivers Polissia (for example basin. Noryn), morphology and structure of the landscape pool their role in radionuclide migration. Showing protective role of forests, causing effect on optimizing horizontal migration of ¹³⁷Cs and other man-made pollutants.

Key words: small river; landscape; soil; pollution; migration; flow; forest.