УДК 630.911:631.5.631.459.2:546.36

DOI: https://doi.org/10.62466/2786-9350-2024-3-11

І. П. Буднік[1], Є. П. Печенюк[1], І. В. Федьович[1], А. О. Піціль[2]

[1]Малинський фаховий коледж, с. Гамарня, Житомирська область, Україна

[2]Поліський національний університет, м. Житомир, Україна

ПРОТИЕРОЗІЙНА РОЛЬ ЛІСОВИХ НАСАДЖЕНЬ В ЖИТОМИРСЬКОМУ ПОЛІССІ

В статті наведено результати експериментальних досліджень дощового поверхневого стоку при фізичному моделюванні стоково-гідрологічних процесів в лотку та польових умовах. За результатами проведеної роботи встановлено параметри стоку і ерозії для лісових насаджень, ріллі та багаторічних трав. В агроландшафтах Полісся формується поверхневий стік, який викликає ерозію ґрунтів різного ступеню залежно від агрофону. Коефіцієнти поверхневого стоку зі схилів крутизною 2-3° на дерново-підзолистих змитих ґрунтах становлять: у лісі 0,59 ± 0,10, у лісовій смузі - 0,40 ± 0,04, а на ріллі – 0,28 ± 0,02. Каламутність стоку, як основний фактор кількісної оцінки ерозії, на ріллі становить 11,6 г·л$^{-1}$, що значно вище, ніж у лісовому насаджені (1,7г·л$^{-1}$) і в лісової смузі – 0,17 г·л$^{-1}$. Змив відповідно складає 2,66±0,36, 0,32±0,1 і 0,17±0,05 т·га$^{-1}$. Інтенсивність змиву, як показник протиерозійної стійкості, для ріллі складає 62,2±2,2 г·хв$^{-1}$ з 1 м^2, а для лісу і лісової смуги, відповідно 1,43±0,2 і 3,21±0,7г·хв-1 з 1 м^2. Органічні залишки складають значно більшу частину твердого стоку в лісі (13-14%) порівняно з ріллею, де їх питома вага не перевищує 1-2%.

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

Виявлено позитивну стокорегулюючу та протиерозійну роль лісових насаджень як складової частини елементів агроланшафту. Оцінено захисну роль лісових насаджень, які спричиняють оптимізуючу дію на горизонтальний перерозподіл продуктів ерозії на водозборі.

Ключові слова: *ерозія, ландшафт, ґрунт, забруднення, міграція, стік, лісові насадження.*

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. За сучасними уявленнями, лісові насадження відносять до ведучих факторів формування потоків речовин в ландшафтах різних природних зон. Крім того, ліси відіграють визначальну протиерозійної ролі, що показано багаточисельними дослідженнями [1, 2 та ін.]. Всі дослідження, які присвячені вивченню процесів

[1]**Буднік Ігор Петрович,** канд. с.-г. наук. E-mail: budniki@ukr.net; https://orcid.org/0000-0003-39478274;
[1]**Печенюк Євген Петрович**, викладач. E-mail: kotugor1989@ukr.net; https://orcid.org/0000- 0002-9985-7119;
[1]**Федьович Іван Володимирович,** викладач. E-mail: ifedovich@gmail.com; https://orcid.org/0000-0003-3763-7905;
[2]**Піціль Андрій Орестович**, канд. с.-г. наук, доцент; E-mail: pitsil.uk@gmail.com; https://orcid.org/0000-0002-0962-574X.

водної ерозії, проведені через гідрологічні характеристики як поодинокі випадки поверхневого стоку за певний період або цілий рік.

Ерозійні процеси, будучи провідними в перетворенні природно-територіальних комплексів як в гірських умовах, так і на рівнинах, порушують екологічну рівновагу ландшафтів. Процес перенесення речовин на водозборі пов'язаний з поверхневим стоком води, який відіграє важливу роль у міграції сполук різних форм. Величина норми поверхневого стоку залежить від кількості та інтенсивності атмосферних опадів, рельєфу місцевості, характеристики підстилаючої поверхні ґрунту, а також гранулометричним складом ґрунту, і підпорядкована природній зональності.

Цілком очевидно, що при вивченні процесів водної ерозії виникають складності, пов'язані з вищевказаними обставинами. Одна з найбільших проблем полягає в тому, що, по перше, дослідження повинні бути багаторічними для отримання статистично достовірних даних, по друге, Полісся України не відноситься до території, де традиційно культивується захисне лісорозведення, оскільки природна лісистість території досягає величини понад 30%.

Дослідження різних авторів і експериментальні дані свідчать, що ерозійно-гідрологічні процеси є основними у перетворенні природно-територіальних комплексів [3, 4, 5].

На основі вирахуваних теоретичних кривих забезпеченості визначені значення стоку талих вод різної ймовірності і проведена його оцінка [3].

В цілому для Полісся поверхневий стік і його ймовірна оцінка, що викликає ерозійні процеси, характеризується даними табл. 1.

Таблиця 1

Стік талих вод та його ймовірні характеристики

Характер	Стік, мм	Забезпеченість, %		Повторюваність, років	
		Рілля	Озимі	Рілля	Озимі
Дуже слабкий	до 7	55	72	2	5
Слабкий	8-20	55-30	69-39	2-3	3-1
Помірний	21-40	30-8	36-10	3-13	3-10
Сильний	41-75	8-1	11-2	13-99	10-79
Надто сильний	76-115	1-0,5	2-0,2	100-150	80-180
Надмірно сильний	>115	<0,5	<0,2	>150	>180

В окремі роки можуть бути значні відхилення від середніх багаторічних параметрів. Характеристика стоку талих вод проведена для двох агрофонів, ріллі і ущільненої ріллі (озимих). Середні значення стоку (50% забезпеченість) для

двох агрофонів характеризуються як “слабкий стік” 12 – 14 мм. Для сильного стоку 49 – 57 мм властива повторюваність один раз на 20 років. Таким чином, на Поліссі формується поверхневий стік, що викликає ерозійні процеси ґрунтів. Тому є необхідним вивчення протиерозійних функцій лісових насаджень.

Метою проведених досліджень було визначення особливостей процесів водної ерозії для лісових насаджень, ріллі, багаторічних трав, а також встановити позитивну стокорегулюючу та протиерозійну роль лісових насаджень як складової елементів агроландшафту.

Матеріали і методи дослідження. Експериментальні вивчення параметрів ерозії при зливовому стоці проводились шляхом моделювання опадів у вигляді злив інтенсивністю 0,5-2,3 мм·хв$^{-1}$. Методичною основою досліджень були розробки, наведені в джерелах [1, 5]. Штучне дощування проводилось на схилових ділянках в 1м^2 мобільною краплинно-струменевою дощувальною установкою, яка дозволяла імітувати дощ зливового характеру з інтенсивністю до 2,5 мм·хв$^{-1}$, діаметром краплин переважно 3 мм при швидкості падіння 3-5 м·с$^{-1}$. Таким чином нами було відтворено максимально наближені до природних умови зливового дощу. Облік поверхневого стоку проводився об'ємним методом шляхом повного відбору продуктів поверхневого стоку (суспензії) у ємність з послідуючим поділом на рідку й тверду фази шляхом фільтрації. Твердий стік (змив) враховувався по каламутності суспензії шляхом відбору термінових проб води (500 см^3) і фільтруванням осаду. Після проходження стоку врахування змиву проводилося також вимірюванням водориїв.

Основні дослідження були зосереджені на території Житомирського Полісся у басейні малої річки Норинь, притоки Прип’яті, в північно-східному агрокліматичному районі, на території Народицького району Житомирської області. Дослідженнями були охоплені дерново-підзолисті ґрунти сільськогосподарських і лісових угідь з наступними фонами: рілля, озимі, багаторічні трави, ліс, лісова смуга.

Результати дослідження та їх обговорення. Встановлено, що коефіцієнти поверхневого стоку зі схилів крутизною 2-3º на дерново-підзолистих змитих ґрунтах становлять на ріллі 0,28 ± 0,02, в лісі і лісовій смузі відповідно 0,59 ± 0,1–0,40 ± 0,04 при коефіцієнтах мінливості від 19 до 22%. Надто високий коефіцієнт варіації мають середні значення каламутності стоку (75–85%). Каламутність стоку, як основний фактор кількісної оцінки ерозії, на ріллі має величину 11,6 г·л$^{-1}$ – це на порядок вище, ніж у лісовому насадженні (1,7 г·л$^{-1}$) і на два порядки вище, ніж в лісовій смузі – 0,17 г·л$^{-1}$. Змив, відповідно, складає 2,66±0,36, 0,32±0,1 і 0,17±0,05 т·га$^{-1}$ (табл. 2).

Таблиця 2

Елементи водного балансу і ерозія при зливових опадах на різних фонах

Показники	Рілля		Ліс		Лісова смуга	
	M ± m	Cv,%	M ± m	Cv,%	M ± m	Cv,%
Інтенсивність зливи, мм·хв.$^{-1}$	1,3 ± 0,2	38	1,35 ± 0,1	41	1,5 ± 0,1	21
Опади, мм	37,6 ± 3,1	29	34,0 ± 2,9	29	31,5 ± 2,5	21
Стік, мм	10,3 ± 1,0	34	21,3 ± 2,8	47	12,3 ± 0,7	17
Інфільтрація, мм	26,3 ± 2,5	33	12,9 ± 1,4	38	19,3 ± 2,7	38
Коефіцієнт стоку	0,28 ± 0,02	21	0,59 ± 0,1	19	0,40 ± 0,04	22
Змив, т·га$^{-1}$	2,66 ± 0,36	46	0,32 ± 0,1	38	0,17 ± 0,05	32
Каламутність, г·л$^{-1}$	11,6 ± 2,2	85	1,7 ± 0,4	75	0,98 ± 0,3	81

Примітка: M – середнє значення; m – помилка середнього; C_v – коефіцієнт варіації

Отримані матеріали дають нам основу для узагальнення показників стоку, коефіцієнтів стоку, змиву, по трьох структурних одиницях лісоагроландшафтів: рілля, лісові масиви та лісові смуги.

Ерозійно-гідрологічні процеси, пов’язані з поверхневим стоком при зливових опадах в літній період, супроводжуються транспортуванням і перерозподілом у ландшафті ґрунтової речовини. Формують твердий стік часточки ґрунту, уламковий матеріал гірських порід, рослинні рештки. Їх вміст в зливовому стоці і характеризує інтенсивність змиву, який досить диференційований на різних агрофонах. За вищенаведеними нормами дощування інтенсивність змиву для ріллі складає 62,2±2,2 г·хв$^{-1}$ з 1 м^2, а для лісу і лісової смуги, відповідно 1,43±0,20 і 3,21±0,70 г·хв$^{-1}$ з 1 м^2. Подібна диференціація спостерігається і з каламутністю стоку.

Отримані дані показують, що об’єктивним кількісним виразом водної ерозії може бути показник у вигляді каламутності стоку або модуля ерозії (стоку наносів), тобто кількості ґрунту, змитого з одиниці площі за певний інтервал часу. Використання модуля змиву в якості показника ерозії не означає, що змив розподілений рівномірно по всій площі. Реально водна ерозія відбувається як дискретний процес формування мікроструйкової мережі. Вона дає твердий матеріал, який потім транспортується потоком і частково акумулюється по шляхах стоку. На сільськогосподарських угіддях вихідним продуктом формування каламутності стоку є часточки ґрунту, дрібний і крупний уламковий матеріал гірських порід, рослинні залишки. Живлення ними потоку характеризує інтенсивність змиву. Дослідження показують, що даний параметр, як за своїм середнім значенням, так і за динамікою, значно диференційований по фонах (табл. 3).

Таблиця 3

Наявність органіки і мінералогічний склад піщаної фракції (0,01) у продуктах стоку

Час від початку стоку, хв.	Ріллля					Лісові насадження				
	Органічні залишки %, від маси продуктів змиву в 1л стоку	% маси піщаної фракції та її мінералогічний склад				Органічні залишки, % від маси продуктів змиву в 1л стоку	% маси піщаної фракції та її мінералогічний склад			
		Маса фракції >0,01 мм в 1л стоку	SiO_2	Ортоклаз арфі-боли слюди	Інші кольорові мінерали		Маса фракції 0,01 мм в 1л стоку	SiO_2	Ортоклаз арфі-боли слюди	Інші кольорові мінерали
5	2	1,5	97	3	-	14	0,2	100	-	-
10	1	2,0	96	3	1	12	0,1	100	-	-
15	1	1,5	97	3	-	13	0,2	99	1	-
20	1	1,0	97	3	-	9	0,1	100	-	-
25	-	1,5	97	2	1	10	0,1	99	1	-
30	-	0,5	96	4	-	5	0,2	98	1	1
35	-	0,5	97	3	-	1	0,3	99	1	-
40	-	1,0	96	3	1	7	1,0	99	1	-
45	-	1,5	96	4	-	3	1,0	98	1	1
50	-	0,5	95	5	-	1	0,5	99	1	-
55	-	0,3	95	4	1	-	0,3	100	-	-
60	-	0,3	95	5	-	-	0,5	100	-	-

Для ріллі і озимих його середні значення рівні 62,6±22,2 і 52,0±39,8 г·хв$^{-1}$ з 1м^2. Лісові насадження за протиерозійною стійкістю рівнозначні, де інтенсивність змиву за годинний період суцільного стікання води була рівна 1,43±0,2–3,21±0,7 г·хв$^{-1}$ з 1м^2 (табл. 4).

Таблиця 4

Гідравлічні та ерозійні характеристики різних фонів

Агрофон	Швидкість потоку, м· с$^{-1}$		Витрати води, л·с$^{-1}$		Каламутність стоку, г·л$^{-1}$		Інтенсивність змиву, г·хв$^{-1}$ з 1 м^2	
	M±m	C,%	M±m	C,%	M±m	C,%	M±m	C,%
Озимі у фазі кущення	4,2 ± 0,08	6,9	0,154 ± 0,0026	5,9	0,8465 ± 0,65	264,6	52,0 ± 39,8	265,2
Рілля після загиблих озимих	3,5 ± 0,09	9,0	0,081 ± 0,002	10,2	2,185 ± 0,89	141,0	62,6 ± 22,2	122,5
Багаторічні трави	4,3 ± 0,15	6,8	0,03 ± 0,003	12,6	0,046 ± 0,0003	61,1	1,43 ± 0,22	52,2
Лісова смуга	3,9 ± 0,80	7,3	0,0505 ± 0,036	25,3	0,166 ± 0,063	131,6	3,21 ± 0,77	83,3

Примітка: M – середнє значення, m – помилка середнього, C – коефіцієнт мінливості

Аналогічні закономірності характерні і для каламутності, середнє значення яких при практично рівнозначних гідравлічних характеристиках (швидкість і витрати потоку) значно відрізняються по фонах.

Інтенсивність змиву надто сильно варіює в часі за період стоку на всіх агрофонах, особливо на ріллі і озимих, де коефіцієнти варіації досягають 123–265%.

Залежність інтенсивності змиву від часу стоку на агрофонах з малою протиерозійною стійкістю (рілля, озимі) має характер ступеневої функції при надто високих коефіцієнтах кореляції – 0,96–0,94 (рис. 1).

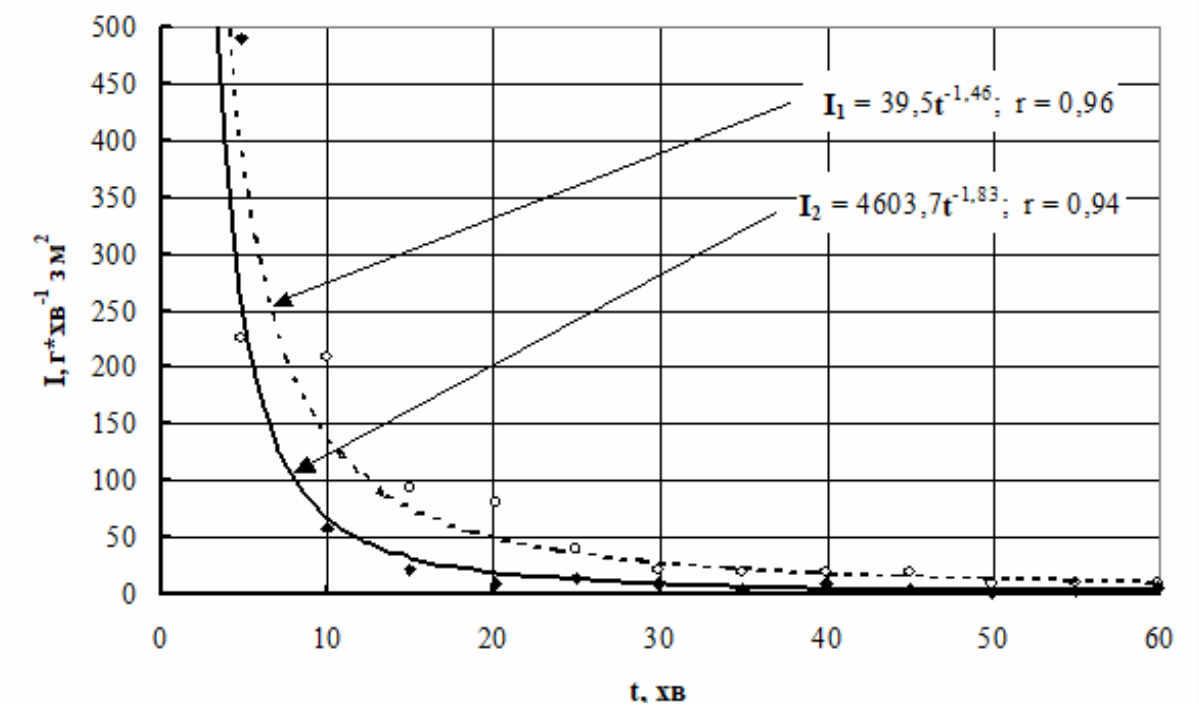

Рис. 1. Динаміка інтенсивності змиву (I) при імітації руслового процесу стоку у гідравлічному лотку: I_1 – на озимих, I_2 – на ріллі

Виходячи із наведеної залежності, досить високий змив відбувається в перші 10 хвилин стоку. Далі, після 15-20 хвилин змив стабілізується до значно менших величин – 10–30 г·хв$^{-1}$ з 1 м^2.

Зовсім по іншому відбувається змив на лісових ділянках, де чітко виділяється два періоди по інтенсивності змиву (рис. 2). Інтенсивність змиву чітко розмежовує час стоку на два інтервали до 30–35 хвилин і пізніше. За характером обидві залежності ідентичні. Такі закономірності для лісових насаджень пояснюються властивостями поверхні, котра складається з органічного опаду (лісової підстилки), що має особливості водопоглинення і гідрофобності в лісових насадженнях із сосни.

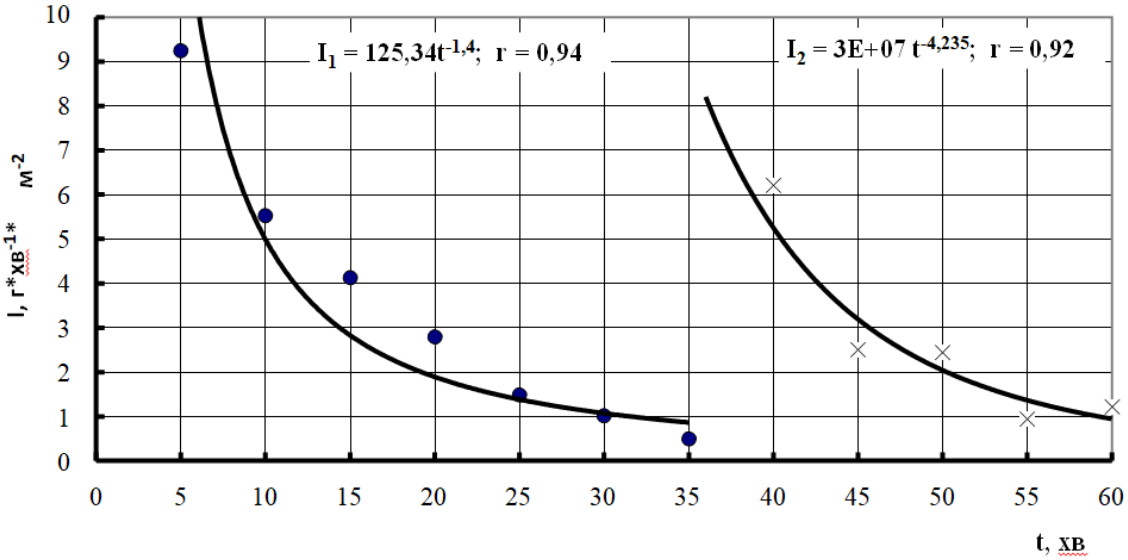

Рис. 2. Динаміка інтенсивності змиву (I) в лісовій смузі.

Органічні залишки складають і значно більшу частину твердого стоку в лісі (13-14% в перші 15–20 хвилин) порівняно з ріллею, де їх питома вага в твердому стоці не перевищує 1–2% (табл. 4). Основну частину піщаної фракції твердого стоку складає SiO_2, і незначну до 3-4% на ріллі і 1% в лісі інші мінерали (ортоклаз, амфіболи, слюди).

Висновки. В агроландшафтах Полісся формується поверхневий стік 50% забезпеченості величиною 12–14 мм і один раз в 20 років (5% забезпеченості) – 49–57 мм, який викликає ерозію ґрунтів ступінь якої коливався залежно від агрофону.

Коефіцієнти поверхневого стоку зі схилів крутизною 2-3° на дерново-підзолистих змитих ґрунтах дорівнюють: лісу і лісової смуги відповідно 0,59 ± 0,10–0,40 ± 0,04, на ріллі – 0,28 ± 0,02. Каламутність стоку, як основний фактор кількісної оцінки ерозії, на ріллі має величину (11,6 г·л$^{-1}$) на порядок вище, ніж у лісовому насаджені (1,7 г·л$^{-1}$) і ще значно вище, ніж в лісовій смузі – 0,17 г·л$^{-1}$. Змив відповідно складає 2,66±0,36, 0,32±0,1 і 0,17±0,05 т·га$^{-1}$.

Інтенсивність змиву для ріллі складає 62,2±2,2 г·хв$^{-1}$ з 1 м^2, а для лісу і лісової смуги – відповідно 1,43±0,20 і 3,21±0,70 г·хв$^{-1}$ з 1 м^2. Органічні залишки складають значно більшу частину твердого стоку в лісі (13-14%) порівняно з ріллею, де їх питома вага в твердому стоці не перевищує 1–2%.

Лісові насадження в агроландшафті чинять суттєвий регулюючий і стабілізуючий вплив на поверхневий стік і ерозію ґрунтів. Лісові смуги є біофізичними бар'єрами на шляху проходження ерозійних процесів.

Поверхневий стік в першу чергу визначається гідрометеорологічними факторами з нерегулярними коливаннями в часі, які мають складну фізичну

природу і підпорядковані природній зональності. Тому подальші дослідження будуть направленні на більш детальне вивчення водно ерозійних процесів при різних гідрометеорологічних факторах.

Список літератури (References)

1. Васенков Г.І., Поліщук О.Є. (1999). Горизонтальна міграція цезію-137 при водноерозійних процесах. Вісник аграрної науки. № 9. С. 37–39. [Vasenkov G.I., Polishchuk O.E. (1999). Horizontal migration of cesium-137 during water erosion processes. Bulletin of Agrarian Science. No. 9. P. 37–39] (in Ukrainian).

2. Юхновський В. Ю. (2003). Лісоаграрні ландшафти рівнинної України: оптимізація, нормативи, екологічні аспекти. К.: Інститут аграрної економіки. 273 с. [Yukhnovsky V. Yu. (2003). Forest and agricultural landscapes of plain Ukraine: optimization, standards, ecological aspects. Kyiv: Institute of Agrarian Economy. 273 p.] (in Ukrainian).

3. Дмитрук Ю. М. Геохімічні особливості ґрунтів агроландшафтів Передкарпаття. Вісник аграрної науки. 2005. № 5. С. 51–55. [Dmytruk Yu. M. Geochemical features of soils of agricultural landscapes of the Precarpathian region. Bulletin of Agrarian Science. 2005. No. 5. P. 51–55] (in Ukrainian).

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

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

I. P. Budnik[1], E. P. Pechenyuk[1], I.V. Fedovych[1], A. O. Pitsil[2]

[1]Malyn Applied College, v. Hamarnya, Zhytomyr Region, Ukraine

[2]Polissia National University, Ukraine

THE EROSION FUNCNION OF FOREST PLANTS IN ZHYTOMYR POLISSYA

Abstract. *The article presents the results of experimental studies of rain surface runoff, with physical modeling of runoff and hydrological processes in the tray and field conditions. Based on the results of the work, the runoff and erosion parameters for forest plantations, arable land and perennial grasses were established. In the agricultural landscapes of Polissya, surface runoff is formed, which causes soil erosion of varying degrees depending on the agrobackground. The coefficients of surface runoff from slopes with a steepness of 2-3° on sod-podzolic washed soils are: in the forest 0.59 ± 0.10, in the forest strip - 0.40 ± 0.04, and on arable land - 0.28 ± 0.02. The turbidity of the runoff, as the main factor for quantifying erosion, on arable land has a value of 11.6 g·l^{-1}, which is significantly higher than in the forest plantation (1.7 g·l^{-1}) and in the forest strip -*

0.17 g·l^{-1}. The washout is 2.66±0.36, 0.32±0.1 and 0.17±0.05 t·ha^{-1}, respectively. The intensity of washout, as an indicator of anti-erosion resistance, for arable land is 62.2±2.2 g·min^{-1} per 1 m^2, and for forest and forest strip, respectively 1.43±0.2 and 3.21±0.7 g·min^{-1} per 1 m^2. Organic residues make up a much larger part of solid runoff in the forest (13-14%) compared to arable land, where their specific weight does not exceed 1-2%. Hydrologic-erosive processes, being the leading ones in the transformation of natural-territorial complexes of highlands and plains, disturb the ecological balance in the soils of landscapes. The process of transporting substances in the catchment is interconnected by surface water flow, which plays an important role in the migration of compounds of various forms.

The positive flow-regulating and anti-erosion role of forest plantations as a component of the agricultural landscape elements has been revealed. The protective role of forest plantations, which have an optimizing effect on the horizontal redistribution of erosion products in the watershed, was evaluated.

Keywords: *erosion; landscape; soil; pollution; migration; flow; forest plantations.*