



В. С. Олійник, М. М. Павук

Прикарпатський національний університет ім. Василя Стефаника, м. Івано-Франківськ, Україна

ШКІДЛИВІ ЕКЗОГЕННІ ПРОЦЕСИ В ЛІСАХ УКРАЇНСЬКИХ КАРПАТ

Розглянуто чинники і особливості формування, поширення та кількісні характеристики шкідливих екзогенних явищ у лісах Карпатського регіону – площинного змиву ґрунту, зсувних і обвальних-осипних процесів у висотному діапазоні схилів 300-1600 м н.р.м. Зазвичай, ерозійні процеси посилюються із збільшенням атмосферних опадів, крутизни і розораності схилів на водозборах та стрімко зменшуються у разі зростання їх лісистості. Виявлено, що протиерозійна ефективність лісу на північно-східному мегахилі гірської системи в 1,2 раза вища, ніж в умовах південно-західного її мегахилу із більш значним атмосферним зволоженням та стрімкістю схилів. Зазначено, що процеси площинного змиву ґрунтів інтенсивніші на нижніх гіпсометричних рівнях гір (до висоти 800 м) із антропогенно зміненими природними умовами, порівняно із вищими рівнями, де вплив господарської діяльності менший. З'ясовано, що зсувні процеси здебільшого зумовлюються зливами величиною понад 120-150 мм на схилах стрімкістю понад 20°. При цьому їх площі в лісі у 5-20 разів менші, ніж на безлісних угіддях. Із збільшенням висоти схилів інтенсивність зсувоутворення зменшується і на рівнях понад 800-900 м вона сповільнюється. Охарактеризовано площі та поширення у лісах кам'янистих розсипів, які формують обвальні-осипні процеси, а під час злив – воднокам'яністі селі. Зазначено, що із збільшенням висоти схилів площі таких ділянок зростають – 90 % їх розташовані на рівнях 800-1600 м. Акцентовано увагу на проблемності формування на них основного захисного компоненту гірських екосистем – лісу, оскільки здатністю до його відновлення характеризується тільки 15 % площ. Наведено розраховані емпіричні залежності: 1) площинного змиву ґрунту від опадів і лісистості водозборів; 2) впливу висоти місцевості на поширення зсувних процесів, кам'янистих розсипів і формування на них деревостанів; 3) висотних змін загальної кількості шкідливих екзогенних і метеорологічних явищ у лісах регіону. На підставі літературних даних та результатів проведених досліджень наведено перелік лісівничих, гідротехнічних і організаційно-господарських заходів, спрямованих на запобігання шкідливим явищам та на посилення захисних властивостей лісу.

Ключові слова: ерозійно-зсувні процеси; лісистість; опади; кам'яністі розсипи; висота і крутизна схилів.

Вступ / Introduction

Однією із найбільших еколого-господарських проблем Українських Карпат є часті стихійні явища, особливо ерозійно-зсувні процеси, за розмірами яких регіон посідає перше місце в державі. Першопричиною стихії є притаманні для гірських умов зливові опади, а чинником запобігання їй – рослинність. Їх сумарний вплив на ерозійні процеси проявляється на 88 % території регіону [10]. Ліс є основним компонентом ландшафту Карпат, проте він не в змозі повноцінно виконувати захисні функції. Це зумовлено передусім екстремальними природними чинниками із їх підсиленням не завжди виваженою в екологічному аспекті господарською діяльністю – антропогенним зниженням лісистості, значним перетворенням породної і вікової структури деревостанів та широким застосуванням суцільних рубань із тракторним трелюванням деревини тощо. Серед усіх порушень лісових екосистем частка антропогенних змін сягає 92 % і тільки 8 % змін пов'язано із природними чинниками [1].

Зважаючи на часті стихійні явища, їх активізацією

під впливом глобального потепління клімату та подіяння ними значних еколого-економічних збитків, запобігання та істотне зниження цим шкідливим процесам має істотне державне значення. Вирішення проблеми повинне базуватися, з одного боку, на підвищенні захисних функцій лісу, а з іншого – на вдосконаленні ведення лісового господарства, зокрема запровадженні природоохоронних технологій. З наукових і практичних позицій досить важливими є з'ясування закономірностей поширення шкідливих явищ у горах та їх кількісне оцінювання.

Об'єкт дослідження – лісові ділянки і річкові басейни у висотному діапазоні 300-1600 м н.р.м. із розвитками негативними екзогенними явищами.

Предмет дослідження – методи і засоби встановлення розвитку і поширення площинного змиву і зсувів ґрунту та кам'янистих розсипів у різних лісорослинних умовах регіону.

Мета роботи – кількісно оцінити показники та особливості поширення шкідливих екзогенних явищ залежно від лісистості водозборів, атмосферних опадів і

Інформація про авторів:

Олійник Василь Степанович, д-р с.-г. наук, професор, кафедра лісового та аграрного менеджменту.

Email: vasyliiynyk@pnu.edu.ua; <https://orcid.org/0000-0003-2039-9330>

Павук Михайло Миколайович, аспірант, кафедра лісового та аграрного менеджменту.

Email: mykhailo.pavuk.22@pnu.edu.ua; <https://orcid.org/0009-0003-6157-0832>

Цитування за ДСТУ: Олійник В. С., Павук М. М. Шкідливі екзогенні процеси в лісах Українських Карпат. Науковий вісник НЛТУ України. 2024, т. 34, № 5. С. 35–40.

Citation APA: Oliynyk, V. S., & Pavuk, M. M. (2024). Harmful exogenous processes in the forests of the Ukrainian Carpathians. *Scientific Bulletin of UNFU*, 34(5), 35–40. <https://doi.org/10.36930/40340505>

висоти рельєфу, що дасть змогу повніше враховувати поліфункціональне значення карпатських лісів.

Для досягнення зазначеної мети визначено такі основні завдання дослідження:

- проаналізувати вплив лісистості водозборів на площинний змив ґрунту у різних рельєфно-кліматичних умовах, що дасть змогу оцінити збереженість ґрунтового покриву і чистоту водних ресурсів;
- з'ясувати роль висоти схилів та кам'янистих розсипів на них у формуванні та поширенні зсувних, обвальних-осипних та інших шкідливих явищ, що дасть змогу оцінити стійкість лісових екосистем;
- визначити пріоритетні напрями господарської діяльності щодо запобігання стихії у гірських лісах, що забезпечить покращення еколого-лісівничої ситуації на лісопокритих і сусідніх польових ділянках.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Упродовж останніх 60-ти років у наукових публікаціях щодо захисної ролі лісу здебільшого висвітлено такі особливості:

- 1) чинники виникнення стихії та характеристики її проходження на конкретних ділянках із описом заподіяних збитків [2, 3, 5, 13, 15, 16];
- 2) особливості розвитку лісоексплуатаційної ерозії ґрунту, залежно від способів і технологій рубання лісу, сезонів і особливостей лісозаготівель [4, 5, 14];
- 3) використання методів дистанційного зондування Землі та біоіндикації насаджень для з'ясування порушеності лісового вкриття регіону, змін його стійкості і захисної ролі під впливом господарських та природних чинників [1, 7, 10];
- 4) особливості лісовідновлення на стихійно небезпечних ділянках та підвищення захисної ролі лісу [2, 5, 12].

Незважаючи на значну увагу до окремих випадків ерозійно-зсувних явищ, у літературі недостатньо висвітлено загально-регіональні закономірності їх поширення і кількісні зміни під впливом рельєфу, опадів та, особливо, лісистості водозборів, від яких залежить інтенсивність стихії. З'ясування цих аспектів досить актуальне для обґрунтування диференційованої системи заходів посилення захисної ролі лісів залежно від природно-лісівничих ситуацій.

Матеріали та методи дослідження. Вивчення формування і поширення шкідливих екзогенних явищ у лісах та їх негативних наслідків здебільшого ґрунтувалося на методиці, висвітленій у публікаціях [5, 11], та містило такі види робіт:

- 1) визначення показників змиву ґрунту із річкових водозборів та залежності цього процесу від їх лісистості, атмосферних опадів, висоти, крутизни й розораності схилів. Для цього було використано матеріали гідрометеослужби щодо показників твердого стоку річок, який формують продукти ґрунтової ерозії із їхніх площ. До аналізу було залучено усі 46 водозборів Карпатського регіону з лісистістю від 20 до 95 %, на яких облікується твердий стік. Основні їх морфометричні характеристики запозичували із гідрологічних довідників, опади розраховували із кліматологічних довідників, а показники лісистості – на основі матеріалів лісовпорядкування;
- 2) проведення польових обстежень із аналізом матеріалів лісовпорядкування щодо висотного поширення, площ і лісівничих особливостей зсувних ділянок, обвальних-осипних явищ та кам'янистих розсипів (100 осередків).

Літературні дані, відомчі матеріали та польові дослідження репрезентували всю висотну поясну лісової рослинності регіону у діапазоні висот 300-1600 м

н.р.м. Під час аналізу матеріалів основну увагу приділяли поширенню стихії залежно від висотно-рельєфних умов, опадів і лісистості водозборів. Достовірність отриманих результатів оцінювали кореляційним методом.

Результати дослідження та їх обговорення / Research results and their discussion

Найбільш поширене і перманентне екзогенне явище в Карпатах – ерозія земель. Її процеси визначаються комплексом чинників – метеоролого-кліматичних, геолого-рельєфних, ґрунтово-лісівничих та господарською діяльністю, а тому вони притаманні для всіх категорій угідь і рельєфу регіону. При цьому для ріллі, зрубів і пасовиськ найбільш властивий площинний змив ґрунту, на прилеглих до гідрографічної мережі схилах розвинена бічна ерозія, а для височин передгір'я і міжгірних улоговин – ярковий її вид [20].

Розвиток ерозійних процесів інтенсифікується в міру збільшення атмосферних опадів. Тому для гірських і передгірних умов, особливо ерозійно небезпечні зливи величиною понад 120-150 мм. Так, під час стихій 1969, 1998, 2001 і 2008 років вони сягали 240-400 мм і перевищували місячні норми зволоження у два-три рази, внаслідок чого змив ґрунту на всіх видах угідь був в 11-15 разів більшим за звичайні показники [5, 16, 18].

У просторовому плані ерозійні процеси посилюються як у разі збільшення опадів, так і внаслідок підвищення стрімкості і розораності схилів та стрімко зменшуються із збільшенням їх лісистості. Статистичний аналіз цих показників для 46 водозборів регіону свідчить про істотні відмінності ерозії на двох його протилежних мегасхилах та нижньо- і середньогірних їх висотних смугах – відповідно 400-800 і 800-1500 м н.р.м. (табл. 1).

За однакової лісистості цих двох частин гірської системи, опади, крутизна схилів і змив ґрунту в 1,2 раза більші на південно-західному мегасхилі, ніж на північно-східному. Тому не однакова протиерозійна ефективність їх лісів: у першому випадку вони, порівняно із польовими угіддями, зменшують розвиток цього шкідливого явища у чотири рази, а у другому – в 19 разів.

Неоднакові процеси ерозії на різних гіпсометричних рівнях. Це явище найбільш розвинене на нижньогірних схилах із антропогенно зниженою лісистістю та сільськогосподарським використанням земель. У цій висотній смузі обох мегасхилів виражена статистично достовірна залежність ерозії від крутизни і розораності схилів та лісистості. Тут до всіх трьох видів ерозійних процесів (площинний змив, бічна і яркова ерозія) додається ще й лісоексплуатаційний вид.

Гірські схили висотою понад 800 м н.р.м. характеризуються підвищеною стрімкістю і найбільшими у регіоні опадами. Проте ерозія тут у 1,5-1,7 раза менша, ніж у низькогір'ї. Очевидно, це пов'язано із високим ґрунтозахисним ефектом значної лісистості середньогір'я (57-85 %), яка елімінує негативні наслідки опадів і стрімкості схилів у розвитку ерозійних процесів. Тут вони представлені переважно бічною ерозією вздовж гідрографічної мережі та площинним змивом, що виникає на безлісних ділянках вище верхньої межі лісу.

У передгір'ї і гірських умовах до висоти 1110 м н.р.м. підсилювати ерозійні процеси можуть і рубання головного користування. Їхні наслідки залежать від низки чинників – способів і технологій рубань, сезонів

року і організації лісосічних робіт, особливостей рельєфу тощо. Кількісне оцінювання лісоексплуатаційної ерозії та заходи щодо її мінімізації достатньо висвітлені у публікаціях [2, 4, 14].

Табл. 1. Показники змиву ґрунту на різних мегасхилах Карпат / Indicators of soil erosion in different megaslopes of the Carpathians

Характеристики	Кількісні показники	
	північно-східний мегасхил	південно-західний мегасхил
Для всього висотного діапазону		
Річні опади, мм	1107	1349
Крутизна схилів, град.	13	16
Лісистість, %	55	54
Розораність, %	19	8
Змив ґрунту, т·км ⁻² за рік	118	146
Залежність об'ємів змиву ґрунту (S) від опадів (P) і лісистості (f _л)	$S=0,064 \cdot P-2,18 \cdot f_{л}+159$ при $R=0,76^{\pm 0,07}$	$S=0,125 \cdot P-1,79 \cdot f_{л}+68$ при $R=0,82^{\pm 0,05}$
Розрахункові показники змиву для:		
1) безлісних угідь	230	237
2) лісопокритих площ	12	56
Для нижньогірних схилів (до 800 м н.р.м.)		
Річні опади, мм	1033	1322
Крутизна схилів, град.	9	13
Лісистість, %	46	48
Розораність, %	22	9
Змив ґрунту, т·км ⁻² за рік	122	168
Коефіцієнти кореляції змиву ґрунту із:		
1) крутизною схилів	$0,61^{\pm 0,21}$	$0,55^{\pm 0,24}$
2) розораністю схилів	$0,66^{\pm 0,16}$	$0,60^{\pm 0,18}$
3) лісистістю водозборів	$-0,71^{\pm 0,14}$	$-0,77^{\pm 0,12}$
Для середньогірних схилів (понад 800 м н.р.м.)		
Річні опади, мм	1228	1394
Крутизна схилів, град.	16	19
Лісистість, %	70	70
Розораність, %	<10	<5
Змив ґрунту, т·км ⁻² за рік	83	100

Важливість посилення ґрунтозахисної ролі лісів Карпат зростає з огляду на розвинені тут зсувні явища та обвальні-осипні процеси. Їх виникнення зумовлюється специфікою геоморфологічних умов та метеорологічних обставин. При цьому поширення та площі пошкоджених ділянок значною мірою залежать від висотних рівнів. Захисна роль лісу від цих явищ полягає в тому, що коренева система, скріплюючи ґрунт, обмежує розвиток поверхневих зсувів, а деревний ярус виконує гальмівну роль для руху твердоуламкового матеріалу [17]. Водночас існує ризик, що внаслідок цих явищ дерева можуть бути пошкоджені, знищені або формувати так званий "п'яний ліс".

У Карпатському регіоні зсувні явища формуються делювіальними відкладами на схилах стрімкістю понад 20-30 ° у міжгірних улоговинах і річкових долинах передгір'я [20]. Наразі на його території зафіксовано понад 6000 зсувних ділянок, із яких в останні десятиліття активізувалося понад 350 і майже 200 знаходяться у стані критичної рівноваги [3]. Площі зсувів сягають 5-100 га. Ця стихія притаманна і гірським лісам. У них вона найбільш інтенсивно формувалася під час злив дощів у 1955, 1964, 1969, 1974, 1980, 1998, 1999, 2001 і 2008-го років. Значні зсуви відбулися і в надмірно зволожені перші три місяці 2024 р. на південно-західному мегасхилі Карпат. Тут, у буковому і буково-ялищевому поясах їх площі сягали 10-12 га.

Результати наших обстежень зсувних ділянок із використанням матеріалів лісовпорядкування, метеорологічних і літературних даних [2, 13] свідчать, що поширення і площі цього виду стихії мало залежать від лісівничо-таксаційних показників деревостанів, а здебільшого пов'язані із погодною ситуацією та висотою

рельєфу (табл. 2). Зазвичай, зсуви формуються на стрімких і дуже стрімких схилах унаслідок зливових дощів, величина яких у два-три рази перевищує місячні норми опадів.

Табл. 2. Основні характеристики зсувних ділянок у лісових умовах / Main characteristics of landslide areas in forest conditions

Характеристики	Кількісні показники
Висотний діапазон проаналізованих зсувів, м н.р.м.	350-1000
Мінливість площ явища:	
1) га	0,2-18,0
2) коефіцієнт варіації, %	122,7
Величина опадів, що формують зсуви:	
1) мм	120-310
2) у % від місячної норми	200-300
Крутизна схилів, град.	20-40
Лісівничі характеристики ділянок:	
1) лісотвірні породи	Бк, Яц, Ял
2) вік деревостанів, роки	44-135
3) повнота деревостанів	0,6-0,8
Залежність середніх площ зсувів (S, га) від висотних рівнів за 100-метровою градацією (h):	$S=17,8-0,02 \cdot h$
1) рівняння регресії	$r=-0,72^{\pm 0,13}$
2) коефіцієнт кореляції	

Площа лісових зсувів змінюється від 0,2 до 18 га і в 5-20 разів поступається розміром зсувів на безлісних угіддях. Загальною закономірністю цього явища в лісі є зміни його показників у міру зростання висоти рельєфу. Результати статистичного аналізу показують, що на кожні 100 метрів підняття рельєфу середня площа осередку зсувів зменшується на 2 га. На висотах 900-1000 м процеси зсувоутворення здебільшого при-

пиняються. Очевидно, що такі його зміни спричинені висотним зменшенням шару делювіальних відкладів із ґрунтовим покривом та наближенням до денної поверхні щільних стійких пісковиків.

Тому, на верхніх гіпсометричних рівнях гірських схилів унаслідок виходу на денну поверхню таких геологічних порід, формуються досить шкідливі для лісових екосистем регіону кам'янисті розсипи. При цьому, 14 тис. га їх площ характеризуються відсутністю лісу, а близько 30 тис. га – розрідженою деревною і чагарниковою рослинністю. Найбільше вони поширені у гірських масивах Свидовця і Горган, зокрема на схилах найвищої тут гори Сивулі вони утворюють смугу площею 600 га [20]. Із твердоуламкового матеріалу розсипів формуються обвальні-осипні явища, а під час злив – водно-кам'янисті селі, якими пошкоджується або знищується ліс на нижчих висотних рівнях.

У кількісному аспекті показники площ кам'янистих розсипів, їх поширення на гірських схилах та розвитку на них деревної рослинності характеризують результати статистичного аналізу матеріалів лісовпорядкування ДП "Вигодське ЛГ" (табл. 3). Вони свідчать, що осередки розсипів переважно формуються на стрімких схилах південних експозицій з інтенсивними процесами вивітрювання геологічних порід. Їх площі досить мінливі – від 0,1 до 9,3 га. Водночас, від підніжжя гір до субальпійського поясу середні розміри ділянок (за 100-метровою градацією висот) чітко зростають. Це підтверджується кореляційним рівнянням регресії цих двох показників. Загалом, у 100-метровому діапазоні висот (500-1500 м н.р.м.) середні площі осередків зростають із 0,15 до 2,45 га (у 16,3 раза). При цьому 90 % ділянок розташовані на гіпсометричних рівнях 800-1500 м.

Табл. 3. Висотні зміни кам'янистих розсипів та їх насаджень у ДП "Вигодське ЛГ" / Altitudinal changes of rocky placers and their plantations in Vyhoda Forestry SOE

Характеристики	Кількісні показники
Висотний діапазон поширення кам'янистих розсипів, м н.р.м.	420-1580
Кількість осередків і їх приуроченість:	76
1) до стрімких схилів (шт./%)	65/86
2) до південних експозицій (шт./%)	53/70
Мінливість площ осередків, га	0,1-9,3
Коефіцієнт варіації площ, %	55,7
Емпірична залежність площ осередків (S, га) від висоти рельєфу за 100-метровою градацією (h, м)	$S=0,0023 \cdot h-1,0$ при $r=0,75^{\pm 0,14}$
Середня площа осередку (га) на висотах:	
1) 500 м	0,15
2) 1000 м	1,30
3) 1500 м	2,45
Кількість ділянок:	
1) з поодинокими деревами (шт./%)	12/16
2) з процесами природного поновлення	4/5
Емпірична залежність запасу насаджень ($M^3 \cdot \text{га}^{-1}$) від висоти осередків (h, м)	$M=112-0,068 \cdot h$ при $r=-0,65^{\pm 0,17}$
Середні запаси насаджень ($M^3 \cdot \text{га}^{-1}$) на висотах:	
1) 500 м	78
2) 1000 м	44
3) 1500 м	11

Отже, за вертикаллю зсувні процеси передгірних і низькогірних умов замінюються у середньогір'ї обвальні-осипними явищами.

Кам'янисті розсипи досить проблемні для лісовідновлення і формування деревостанів. Для аналізованого лісового підприємства вони притаманні тільки на 15-16 % площ цієї категорії земель. У віці 40-90 років запаси поодиноких дерев на розсипах змінюються від 15 до $55 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$ і у 8-10 разів менші, порівняно із запасами сусідніх вологих чистих ялинових суборів у цих висотних умовах.

Загалом, поширення та розвиток стихійних явищ екзогенного походження у лісах Карпат має вертикальні закономірності – на висотах до 800, зрідка до 1000 м н.р.м. розвинені площинний змив ґрунту і зсувні процеси. На верхніх рівнях гірської системи припиняється зсувоутворення і зменшується розвиток площинного змиву. Однак, з огляду на зростання тут кам'янистості схилів, посилюються овально-осипні процеси і виникають водно-кам'янисті селі. Така висотна динаміка екзогенних явищ добре корелює із вертикальними змінами метеорологічних ситуацій, що негативно впливають на стійкість лісу. Особливо це стосується його вітровалів, всихання і сніголомів [15, 21], які найбільш притаманні для низькогір'я. У інтегральному аспекті є чіткі висотні зміни екзогенних і метеорологічних явищ у гірських умовах (рисунок), із якими пов'язані стійкість і захисні властивості лісів. Статистичні розрахунки свідчать, що кількість видів стихії зростає від 9-11 у передгір'ї до 11-13 на рівнях 500-800 м і надалі знижується до 3-5 видів на верхній межі лісу (1400-1500 м).

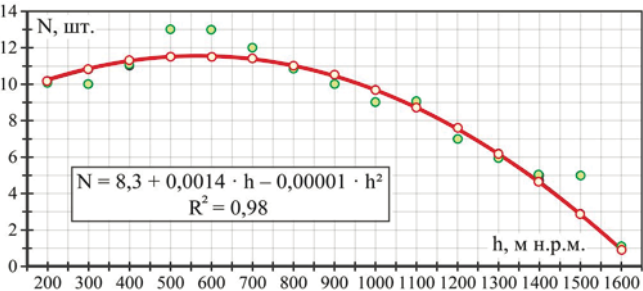


Рисунок. Залежність кількості випадків шкідливих стихійних явищ у лісах Карпат (N, шт.) від висоти місцевості (h, м н.р.м.) / Dependence of the number of cases of harmful natural phenomena in the Carpathian forests (N, pcs.) on the terrain height (h, m ASL)

Варто зауважити, що ерозійні, зсувні та обвальні-осипні процеси значною мірою активізують інші шкідливі явища. Передусім це стосується селів, які також виникають під час екстремальних погодних ситуацій. При цьому, як свідчать літературні дані [13, 20], у місцях поширення кам'янистих розсипів верхніх гіпсометричних рівнів формуються воднокам'янисті селі, а в нижній частині схилів – грязекам'янисті. Обсяги винесеного ними з 1 км^2 площі твердоуламкового матеріалу і дрібнозему може значно перевищувати річні показники змиву ґрунту. У лісових умовах селі інтенсифікуються у разі нагромадження у руслах водотоків лісового відпаду, їх захаращення порубковими рештками та сповзанням ґрунту з деревами внаслідок бокової ерозії. До того ж на ділянках розвинених екзогенних явищ зростає ризик інтенсифікації вітровалів лісу.

Із отриманих результатів та літературних даних випливають такі шляхи запобігання стихійним явищам. Наразі для Карпат відносно добре опрацьовані загально-регіональні протиерозійні заходи, а саме – природоошадне ведення різних галузей господарства, зок-

рема в аграрному і лісовому секторах, гідротехнічний захист від стихії, посилення еколого-захисних функцій лісів та інші. При цьому досить важливо враховувати висотно-поясні особливості розвитку стихії та лісівничу ситуацію на водозборах річок і гірських потоків [2, 5]. Отже, найбільш вразливі до ерозійних процесів схили до 800 м н.р.м. Тому, у цій висотній смузі варто здійснювати весь комплекс протиерозійних заходів, зокрема створення захисних насаджень вздовж гідрографічної мережі і застосування природооохоронних технологій землі і лісокористування. На вищих гіпсометричних рівнях досить актуальним є підняття верхньої межі лісу.

Методи запобігання зсувам традиційні: 1) збереження цілісності схилів, зокрема недопущення їх підірвання під час будівництва доріг; 2) відведення поверхневого стоку води і здійснення дренажних робіт; 3) використання під час заліснення зсувних ділянок порід із добре розвиненими стрижневими і якірними кореннями.

Значні труднощі становить і штучне лісовідновлення кам'янистих розсипів. Складні лісорослинні умови та відсутність лісокультурного досвіду були причиною низки невдач на початку заліснення їх ділянок у 60-х роках минулого століття. Малоефективною була і технологія садіння культур у підготовлені місця з мінералізованим ґрунтом. Наразі УкрНДІГірліс апробує для цієї справи використання сіянців із закритою кореневою системою.

Обговорення результатів дослідження. Аналізуючи літературні джерела і результати досліджень, можна чітко виокремити основні чинники формування і поширення шкідливих екзогенних явищ у гірських лісових умовах Карпатського регіону:

- метеорологічні (величина і режим опадів);
- геоморфологічні (висота, крутизна і експозиція схилів, потужність і особливості залягання делювіальних відкладів);
- господарські (залісненість і розораність водозборів, лісоексплуатаційні особливості).

Ерозійноформувальний ефект атмосферних опадів і рельєфу проявляється на 98 % території регіону [10]. При цьому, як свідчать наші дослідження, вплив атмосферного зволоження на показники площинного змиву ґрунту найвідчутніші на південно-західному мегасхилі гірської системи, де на кожні 100 мм зростання опадів змив збільшується майже на $13 \text{ т} \cdot \text{км}^{-2}$. На більш вищому північно-східному мегасхилі цей показник удвічі менший.

Домінування ерозійно вразливих схилів і зливовий характер опадів зумовлює у Карпатах концентрацію 60-70 % осередків зсуво-селевих процесів України [6, 19]. Тут на 1000 км^2 території за річної величини опадів понад 900 мм чисельність зсувів перевищує 10 випадків, при чому під час окремих метеорологічних ситуацій їх здатні спричинити навіть зливи величиною понад 30 мм [8, 9]. Збільшення крутизни схилу на один градус інтенсифікує змив ґрунту на $5,5 \text{ т} \cdot \text{км}^{-2}$ [11].

Основним підсилювачем природних ерозійно-зсувних чинників є господарська діяльність [1, 5]. До висот 800-1100 м н.р.м. вона найбільше представлена розорваністю схилів (до 20 %), рубаннями головного користування, передусім суцільними (пересічно 60 %) та антропогенним зниженням лісистості водозборів, яка тут становить тільки 45-60 %. На вищих гіпсометричних рівнях істотно стихійноформувальна роль належить

кам'янистим розсипам, які досить проблемні для лісовідновлення (див. табл. 3).

Основний природний чинник запобігання ерозійно-зсувним процесам – лісовий покрив. Як свідчать результати наших досліджень, при збільшенні лісистості водозборів на 10 % модуль площинного змиву ґрунту на північно-східному мегасхилі гірської системи знижується на $22 \text{ т} \cdot \text{км}^{-2}$, а на південно-західному – на $18 \text{ т} \cdot \text{км}^{-2}$ (див. табл. 1). Площа лісових зсувів у 5-20 разів менша від розмірів зсувів на безлісних угіддях (див. табл. 2).

Отже, за результатами виконаної роботи можна сформулювати такі наукову новизну та практичну значущість результатів дослідження.

Наукова новизна отриманих результатів дослідження – вперше кількісно оцінено висотні зміни видів і характеристик шкідливих екзогенних явищ у гірських лісових умовах регіону та протиерозійну роль лісистості водозборів.

Практична значущість результатів дослідження – отримані результати може бути враховано під час опрацювання регіональних систем захисту від стихії, напрямків удосконалення ведення лісового господарства на висотно-типологічній основі, зокрема посилення захисних властивостей і стійкості лісів.

Висновки/ Conclusions

Досліджено особливості формування, поширення і розвиток ерозійних, зсувних, обвальних-осипних процесів та їх негативний вплив на лісові екосистеми Карпатського регіону. Кількісно оцінено їх залежність від атмосферних опадів, висоти, крутизни, лісистості і розораності гірських схилів. За результатами досліджень ми дійшли таких висновків.

1. Виявлено, що залежність шкідливих екзогенних явищ від зазначених ерозійноформувальних чинників оцінюється достовірними коефіцієнтами кореляції – від $-0,71$ до $+0,82$. З'ясовано, що поширення шкідливих явищ має висотно-рельєфні закономірності. При цьому вони найбільше розвинені в антропогенно змінених природних умовах низькогір'я (до 800-900 м н.р.м.). Окрім цього, у просторовому відношенні вони на 20 % інтенсивніші на південно-західному мегасхилі гірської системи, порівняно із північно-східним мегасхилом.
2. Основний ґрунтозахисний чинник – лісовий покрив, який, порівняно з безлісними угіддями, здатний в 4-20 разів зменшувати ерозійно-зсувні явища. Виявлено, що на кожні 100 м підняття рельєфу, середня площа осередку лісових зсувів зменшується на 2 га. Найбільш вагома захисна роль лісистості на водозборах із її рівнем понад 70 %, а найменша – за її показників, нижчих 40-50 %. Під час екстремальних метеорологічних ситуацій захисні властивості лісу стрімко знижуються і він зазнає пошкоджень, а інколи й знищується стихійними процесами.
3. Протиерозійний комплекс заходів у регіоні повинен ґрунтуватися на основі науково-технічних проектів і зводиться до оптимізації лісистості водозборів, створення захисних насаджень на вразливих до стихії ділянках, застосування природоохоронних технологій землі і лісокористування, а також на очищенні водотоків від лісового відпаду та лісосічних залишків. При цьому потрібно враховувати лісівничо-екологічну ситуацію у висотних поясах рослинності та водозборах. Основні природоохоронні заходи варто здійснювати до висот 300-800 м н.р.м., елементарних водозборів із лісистістю менше 50 % та схилів стрімкістю понад 20-

30°. Протиерозійну роль лісу доцільно підсилювати гідротехнічним захистом вразливих до стихії ділянок. Важливими аспектами вирішення проблеми є підняття антропогенно зниженої верхньої межі лісу і лісовідновлення на кам'янистих розсипах.

References

- Chaskovsky, O. H., Karabchuk, D. Yu., & Ivaniuk, A. P., (2019). Forest Disturbance in the Ukrainian Carpathians from 1984 no 2016 (2019). *Scientific Bulletin of UNFU*, 29(2), 9–14. <https://doi.org/10.15421/40290201>
- Goloyad, B. Ya., & Boichuk, I. I. (2001). Ecological bases of protection of mountain-forest basin ecosystems from harmful exogenous processes in the Ukrainian Carpathians. Ivano-Frankivsk: NAIR, 290. [In Ukrainian].
- Herasymchuk, V. O. (Ed.) (1999). Mountain highways. Uzhhorod: Zakarpattia, 272. [In Ukrainian].
- Horshenyn, N. M. (1974). Erosion of mountain forest soils and the fight against it. Moscow: Lesnaia promyshlennost, 128.
- Kalutskyi, I. F., & Oliinyk, V. S. (2007). Natural phenomena in the mountain and forest conditions of the Ukrainian Carpathians. Lviv: Kamula, 240. [In Ukrainian].
- Kasiyanchuk, D. (2020). The environmental-geological assessment of the soil covers condition of the territory of Ivano-Frankivsk region. *Ecological sciences*, 2(29), 112–118. <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2020>
- Kholiavchuk, D., & Zelenchuk, V. (2020). Bioindication of the dangerous geomorphological processes activity centers (on the example of the central part of the Chornohora massif). *Scientific Herald of Chernivtsi University: Geography*: 826(2020), 28–36. <https://doi.org/10.31861/geo.2020.826.28-36>
- Kovrov, O., & Kolesnyk, V. (2018). Forecast assessment of landslides in the regions of Ukraine and on the local areas of ravine and gully chain. *Ecological sciences*, 1(20), 32–38. URL: <https://journals.indexcopernicus.com/search/article?articleId=2231996>
- Kovrov, O., Kolesnik, V., & Buchavyi, Y. (2018). Evaluation of the influence of climatic and geomorphological factors on landslides development. *Environmental safety and natural resources*, 1(25), 52–63. <https://doi.org/10.32347/2411-4049>
- Lyalko, V. I., Elistratova, L. O., Apostolov, O. A., Khodorovsky, A. Ya., & Czechniy, V. M. (2018). Express-evaluation of potentially erosive soils on the territory of Ukraine by using the remote sensing data with consideration of climatic factors and vegetation. *Reports of National Academy of Sciences of Ukraine*, 3, 87–94. <https://doi.org/10.15407/dopovidi>
- Oliinyk, V., & Viter, R. (2017). The role of forest in soil erosion controlling at the Carpathian catchment area. *Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine*, 15, 27–32. <https://doi.org/10.15421/411702>
- Pasternak, P. S., & Bokalenko, Ye. M. (1980). Forest recreation on stone placers. Carpathian forestry guide. Uzhhorod: Karpaty, 182–185. [In Ukrainian].
- Perekhrest, S. M., Kochubei, S. G., & Pechkovska, O. M. (1971). Natural disasters in the Ukrainian Carpathians and their control techniques. Kyiv: Scientific thought, 200. [In Ukrainian].
- Polyakov, A. F. (1965). Effect of the main felling on the soil protection properties of beech forests. Moscow: Forestry, 176.
- Rak, A. Yu. (2018). Interrelation and interconditionality of the emergence of natural phenomena in mountain-forest ecosystems. *Scientific Bulletin of UNFU*, 28(3), 67–72. <https://doi.org/10.15421/40280314>
- Sakali, L. I., (Ed.) (1985). Thermal and water regime of the Ukrainian Carpathians. Leningrad: Gidrometizdat, 366. [In Russian].
- Schwittler, R. (2005). Schutzwaldpflege auf der basis des naturnahen waldbaus. Scientific foundations of sustainable forestry: materials of the international scientific and practical conference. Ivano-Frankivsk: Ekor, 287–291.
- Surface Water Resources of the USSR: Basic Hydrological Characteristics, (for 1976), 6(1). Leningrad: Hydrometizdat, 624. [In Russian]. URL: <https://www.livre-rare-book.com/book/30016025/albfff9ac9454ba6f06>
- Teslovych, M., Krychevska, D., & Brusak, V. (2022). Morphodynamic analysis of the relief of the southeastern part of the polonyna plain using GIS modeling methods for environmental needs. *Problems of geomorphology and paleogeography the Ukrainian Carpathians and adjacent Areas*, 01(14), 128–146. <https://doi.org/10.30970/gpc.2022.1.3857>
- Tsys, P. M. (1968). Geomorphology and neotectonics. The nature of the Ukrainian Carpathians. Lviv: Publishing House of Lviv University, 50–86. [In Ukrainian].
- Zeinalian, A. M., & Oliinyk, V. S. (2021). Influence of meteorological phenomena on resilience of Gorgan spruce forests in the Ukrainian Carpathians. *Forestry and Forest Melioration*, 139, 3–9. <https://doi.org/10.33220/1026-3365.139.2021.3>

V. S. Oliinyk, M. M. Pavuk

Vasyl Stefanyk Precarpathian National University, Ivano-Frankivsk, Ukraine

HARMFUL EXOGENOUS PROCESSES IN THE FORESTS OF THE UKRAINIAN CARPATHIANS

Factors and peculiarities of the formation, distribution and quantitative characteristics of harmful exogenous phenomena in the forests of the Carpathian region are considered, in particular, planar soil washing, landslides and landslides in the altitude range of slopes 300–1600 m above sea level. As a rule, erosive processes accelerate with an increase in atmospheric precipitation, steepness and plowability of slopes in watersheds, and sharply decrease with the growth of their forest cover. In the course of research, the anti-erosion efficiency of the forest on the north-eastern megaslope of the mountain system is found to be 1.2 times higher than in the conditions of its south-western megaslope with more significant atmospheric moisture and steepness of the slopes. The research has also revealed that the processes of planar soil washing are more intense at the lower hypsometric levels of mountains, i.e., up to a height of 800 m, with anthropogenically changed natural conditions compared with higher levels, where the influence of economic activity is less. Moreover, the landslide processes appear to be mainly caused by rain volumes of more than 120–150 mm on slopes with a steepness of more than 20°. At the same time, their area in the forest is 5–20 times smaller than in the forestless areas. As the height of the slopes increases, the intensity of landslides decreases and they subside at their levels above 800–900 m. The area and distribution of stony placers in the forests, which form landslide and scree processes, and water stony villages during floods, are characterized. It is noted that with the increase in the height of the slopes, the quantity of such areas increases, in particular 90 % of them are limited to the levels of 800–1600 m. Therefore, attention is focused on the problems of forming forests there, which are the main protective component of mountain ecosystems, since only 15 % of the areas are characterized by the ability to restore it. Consequently, we have calculated empirical dependences as follows: 1) planar soil washout from precipitation and forest cover of watersheds are given; 2) the effect of terrain height on the spread of landslide processes, rocky outcrops and the formation of tree stands on them; 3) altitudinal changes in the total number of harmful exogenous and meteorological phenomena in the forests of the region. On the basis of literary data and the results of conducted research, a list of silvicultural, hydrotechnical, and also organizational and economic measures aimed at preventing harmful phenomena and strengthening the protective properties of the forest is given.

Keywords: erosion-sliding processes; forest cover; precipitation; stony placers; height and steepness of slopes.