



А. Л. Мальон

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

ОСОБЛИВОСТІ ВПЛИВУ ГУСЕНИЧНИХ ТРЕЛЮВАЛЬНИХ ТРАКТОРІВ НА ЛІСОВУ ЕКОСИСТЕМУ КАРПАТ ЗАЛЕЖНО ВІД СПОСОБУ РУБКИ ГОЛОВНОГО КОРИСТУВАННЯ

Досліджено особливості впливу технологій лісозаготівлі деревини на базі гусеничних трелювальних тракторів на лісову екосистему залежно від способу рубки головного користування у гірських буково-ялицевих деревостанах Карпат. Дослідження здійснено на 8 лісосіках остаточного прийому рівномірно-поступової двопріємної рубки і 7 лісосіках першого прийому рівномірно-поступової двопріємної рубки, упродовж у 2023-2024 років. Досліджувані лісосіки розташовані у філії "Вигодське лісове господарство" ДСГП "Ліси України" і філії "Брошнівське лісове господарство" ДСГП "Ліси України". Відповідно до результатів досліджень, загальна кількість природного поновлення на досліджуваних лісосіках і зрубках є достатньою і змінюється в межах від 4,7 до 15,6 тис. шт./га, в середньому на лісосіці остаточного прийому рубки вона становить 14,96 тис. шт./га, а на лісосіці першого прийому – 6,44 тис. шт./га. Встановлено, що вплив технології заготівлі деревини на підріст, за різних способів рубки головного користування, неоднаковий, зокрема для першого прийому рівномірно-поступової двопріємної рубки в середньому частка непошкодженого підросту становить 71,2 % від загальної кількості, а для остаточного – 54,6 %, а показник знищеного підросту відповідно становить 12,0 і 23,6 %. Якщо взяти в розрізі лісосік і зрубів, то цей показник змінюється від 16,0 до 33,1 % від загальної кількості для остаточного способу рубки, а для першого способу рубки – від 5,9 до 14,1 %. Наведено дані розподілу природного поновлення за видами пошкоджень (коренів, крони, стовбурів), зокрема встановлено, що найбільше пошкоджуються стовбури (67,8 і 64,9 % від загальної кількості пошкоджень). Встановлено, що найбільше знищується підросту у висотній групі більше 1,5 м, а найменше пошкоджується дрібний підріст. З'ясовано, що волокни на лісосіках займають 4,8 % від загальної площі для першого прийому рівномірно-поступової рубки і 5,85 % – для остаточного. Встановлено, що підріст на волоках повністю знищується. У процесі досліджень виявлено, частка волоків для остаточного способу рубки в 1,36 раза більша, ніж для першого і в середньому становить відповідно 124 м/га для остаточного і 91 м/га для першого прийому рубки. Встановлено, що глибина ерозійних процесів для остаточного прийому рубки в 1,84 раза більша, ніж першого, а обсяг ерозії ґрунту у 2,91 раза більший. З'ясовано, що глибина ерозійних утворень і кількість знищеного і пошкодженого підросту збільшується із збільшенням кількості деревини, що переміщується по волоках.

Ключові слова: підріст; ерозія ґрунту; пошкодження ґрунту; природне поновлення; лісосіка.

Вступ / Introduction

Гірські ліси є джерелом цінної деревини для всіх галузей народного господарства, а також одним із основних чинників збереження екосистем, які встановилися впродовж багатьох століть [21].

Водночас, рубки головного користування в гірських лісах України, як остаточний етап лісогосподарської діяльності, мають істотний вплив на лісову екосистему. Під час заготівлі деревини досить актуальним є збереження підросту господарсько цінних порід, від якого залежить успішність природного відновлення зрубів, запобігання на них ерозійних процесів і формування корінних лісостанів [18].

Залежно від категорії лісів, лісорослинних умов, біологічних особливостей деревних порід, складу і структури деревостанів, наявності та стану підросту господарсько цінних порід, ступеня стійкості ґрунтів проти ерозії, стрімкості схилів і інших особливостей лісових ділянок застосовуються такі системи рубок, як вибірко-ві, поступові, суцільні та комбіновані [14].

Застосування технологій на базі трелювальних тракторів істотно порушує функції лісів, призводить до виникнення значних змін у компонентах лісових біогеоценозів: пошкодження та знищення підросту, трансформації ґрунтового покриву, погіршення його фізико-механічних властивостей та інших негативних наслідків [21].

Взявши до уваги наведене вище, питання впливу гусеничних трелювальних тракторів на лісову екосистему є актуальним і потребує детальнішого дослідження.

Об'єкт дослідження – вплив гусеничних трелювальних тракторів на підріст господарсько цінних порід та об'єми ґрунтової ерозії в Карпатах.

Предмет дослідження – особливості впливу гусеничних трелювальних тракторів на лісову екосистему Карпат залежно від способу рубки головного користування, що дасть змогу отримати наявну інформацію про стан підросту і ґрунту після проведення рубки та допоможе у прийнятті рішень щодо його покращення.

Мета роботи – кількісно оцінити процес впливу на лісову екосистему технологій заготівлі деревини на базі

Інформація про автора:

Мальон Андрій Любомирович, аспірант, кафедра лісового та аграрного менеджменту. Email: andrii.malon.22@pnu.edu.ua

Цитування за ДСТУ: Мальон А. Л. Особливості впливу гусеничних трелювальних тракторів на лісову екосистему Карпат залежно від способу рубки головного користування. Науковий вісник НЛТУ України. 2024, т. 34, № 6. С. 55–62.

Citation APA: Malon, A. L. (2024). Features of the impact of caterpillar skidding tractors on the forest environment of the Carpathians depending on the main felling method. *Scientific Bulletin of UNFU*, 34(6), 55–62. <https://doi.org/10.36930/40340608>

гусеничних трелювальних тракторів залежно від способу рубки головного користування буково-ялицевих деревостанів в умовах гірських лісів, що дасть змогу встановити їх залежність від основних техніко-організаційних показників рубки.

Для досягнення зазначеної мети визначено такі основні завдання дослідження:

- здійснити облік підросту основних лісотвірних порід у досліджуваних деревостанах до і після рубки з розподілом його за категоріями стану, що дасть змогу визначити кількість підросту пошкодженого і знищеного у процесі рубки, провести розподіл за видами пошкоджень і пошкоджень висотних груп;
- визначити пошкодженість ґрунтового покриву під час тракторного трелювання деревини із першого і остаточного способів рубок головного користування, що дасть змогу встановити об'єми ерозії ґрунту;
- виявити залежність між основними техніко-організаційними показниками рубки і кількісними показниками пошкодженості підросту і ґрунту, що дасть змогу на науковій основі розробити рекомендації щодо проведення рубок головного користування з використанням гусеничних трелювальних тракторів.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Дослідженню впливу на лісове середовище приділяли увагу багато вчених, які умовно можна поділити на такі групи: 1) дослідження особливостей розвитку ерозії ґрунту залежно від технологій заготівлі деревини [11, 17, 18]; 2) дослідження особливостей збереження підросту, як одного з основних лісівничо-екологічних показників рубки лісу [2, 18].

Зокрема, В. С. Олійник із співавтором [18] стверджує, що частка пошкодження підросту і ґрунту у випадку вибіркової рубки у два рази менша, ніж за суцільної рубки лісу, а об'єми ерозії ґрунту відповідно менші майже у 5 разів. Кількісно їх дослідження показують, за мінімальної чисельності підросту в обстежуваних лісостанах – 5 тис. шт./га, після вибіркової рубки залишається 4,2 тис. шт./га (84 %), а після суцільної – 3,7 тис. шт./га (74 %). За максимальної його чисельності 17 тис. шт./га ці показники становлять 14,6 тис. шт./га (86 %) і 10,7 тис. шт./га, а об'єми лісоексплуатаційної ерозії ґрунту після вибіркової рубки змінюються у межах 15-60 м³/га, а після суцільної – 60-265 м³/га.

За результатами дослідження Р. М. Вітра [21] щодо збереженості підросту під впливом гусеничних трелювальних тракторів, встановлено, що частка непошкодженого підросту на зрубках досить висока і становить в середньому 78,5 %.

Також питання впливу транспортування деревини на лісове середовище неодноразово висвітлювали науковці Українського науково-дослідного інституту гірського лісівництва ім. П. С. Пастернака (м. Івано-Франківськ), під час розроблення рекомендацій з ведення лісового господарства в Українських Карпатах [19]. Їх дослідження переважно ґрунтуються на природоохоронних технологіях розроблення лісосік [6, 9, 12, 11], сюди належать технології заготівлі деревини на базі колісних трелювальних тракторів, канатних установок.

Кудра В. С. [11], проаналізувавши стан ґрунту на зрубках після виконання робіт із заготівлі деревини, шкідливості його порушень із погляду протиерозійної стійкості з урахуванням зміни водно-фізичних властивостей встановив, що ерозійні процеси на лісосіках залежать від ступеня пошкодження ґрунту, який зумовлюється насамперед способом трелювання деревини.

Так, під час трелювання гусеничним трактором непорушеним залишається всього 57,3 % ґрунту.

Незважаючи на значну увагу науковців до питань збереження підросту і ґрунту в процесі рубки, в літературних джерелах недостатньо висвітлено регіональні закономірності (Середньо-гірського поясу Карпат) збереженості лісової екосистеми під впливом гусеничних трелювальних тракторів залежно від способу рубки головного користування.

Матеріали та методи дослідження. Дослідження здійснювали на вісьмох ділянках головного користування, рівномірно поступової двоприйомної рубки остаточного прийому і п'ятьох ділянках рівномірно поступової двоприйомної рубки першого прийому у Філії "Вигодське лісове господарство" ДСГП "Ліси України", а також двох ділянках рівномірно поступової двоприйомної рубки першого прийому у Філії "Брошнівське лісове господарство" ДСГП "Ліси України" упродовж 2023-2024 років.

Для встановлення лісівничо-таксаційних показників досліджуваних деревостанів брали до уваги матеріали відводів, а також таксаційний опис насаджень.

Для обліку підросту деревних порід закладали по 30 облікових площадок розміром 2×2 м (4 м²) на кожній ділянці, відведеній під рубку головного користування. Облікові площадки закладали по діагоналі зрубаних ділянок на однаковій відстані одна від одної по 15 шт. на одну діагональ. Облік молодих особин деревних порід здійснювали шляхом суцільного переліку на облікових площадках за породами з поділом їх за групами висот: самосів; до 0,5 м; 0,6-1,5 м; 1,6-2,5 м. За станом пошкодження виділяли такі категорії підросту: непошкоджений, слабо пошкоджений, сильно пошкоджений і знищений підріст.

До непошкодженого підросту відносили підріст без ознак травмування. До слабких пошкоджень відносили такі, що не призведуть до істотного зниження життєдіяльності особин, а в майбутньому – до зниження технічної якості дерев: обшморгування крони менше 1/3 її довжини й обдирання кори стовбурця завширшки менше 20 % його діаметра. До сильно пошкоджених відносили особини, у яких пошкодження можуть спричинювати порушення їх життєдіяльності із істотною ймовірністю загибелі, або вад, що в майбутньому можуть призвести до формування дров'яних стовбурів дерев: обшморгування крони понад 1/3 її довжини, обдирання кори стовбурця дерева завширшки більше ніж 20 % по його периметру, злам верхівки дерева і частковий відрив кореневої системи. Знищений підріст охоплював особини із зламаним стовбурцем або повним відривом кореневої системи [9].

На підставі польових обмірів довжини, ширини й глибини тракторних волоків, визначали показники ерозії ґрунту залежно від способів рубки головного користування, обсягів деревини, що переміщувалася по волоках.

Результати дослідження та їх обговорення / Research results and their discussion

Досліджування здійснювали впродовж 2023-2024 рр., після проведення рубки головного користування. Досліджувані лісосіки розташовані у висотному діапазоні від 800 до 850 м н.р.м. і розміщені на схилах крутизною 15-30 °. Досліджувані лісосіки представлені двома типами лісу: СЗБЯП – волога буково-ялинова су-

яличина і СЗЯПБ – волога ялиново-ялицева суббучина. Склад материнських насаджень неоднорідний, практично на всіх ділянках доміантною породою є бук, частка ялиці і ялини змінюється в межах 1-3 одиниць. Детально лісівничо-таксаційні показники ділянок №1-6 наведено у публікації [13].

У складі природного поновлення на лісосіках і зрубках поширені такі господарсько-цінні породи, як бук, ялина, ялиця, явір та другорядні, такі, як береза, осика, зрідка горобина. Трапляння підросту є досить значним і в окремих випадках перевищує 90 % [13].

Результати проведених досліджень показують, що загальна кількість природного поновлення насаджень на досліджуваних лісосіках і зрубках змінюється в межах від 4,7 до 15,6 тис. шт./га (табл. 1). З'ясовано, що в середньому на лісосіці остаточного прийому рубки вона становить 14,96 тис. шт./га, а на лісосіці першого прийому – 6,44 тис. шт./га. Загалом на досліджуваних лісосіках є достатня кількість природного поновлення насаджень господарсько цінних порід дерев, яке в майбутньому зможе практично забезпечити формування якісного деревостану.

Табл. 1. Результати розподілу підросту за категоріями стану / Results of the distribution of undergrowth by status categories

№ ділянки	Всього підросту	Непошкоджений	пошкоджений		Знищений підріст
			слабо	сильно	
Рівномірно-поступова двопрійомна рубка перший прийом					
9	<u>10,10</u>	<u>8,10</u>	<u>0,80</u>	<u>0,60</u>	<u>0,60</u>
	100,0	80,1	7,9	5,9	5,9
10	<u>4,60</u>	<u>2,80</u>	<u>0,50</u>	<u>0,60</u>	<u>0,70</u>
	100,0	60,9	10,9	13,0	15,2
11	<u>7,10</u>	<u>5,00</u>	<u>0,60</u>	<u>0,50</u>	<u>1,00</u>
	100,0	70,4	8,5	7,0	14,1
12	<u>7,60</u>	<u>4,90</u>	<u>1,00</u>	<u>0,30</u>	<u>1,40</u>
	100,0	79,2	2,1	10,4	8,3
13	<u>6,00</u>	<u>4,20</u>	<u>0,30</u>	<u>0,70</u>	<u>0,80</u>
	100,0	70,0	5,0	11,7	13,3
14	<u>4,90</u>	<u>3,30</u>	<u>0,70</u>	<u>0,40</u>	<u>0,50</u>
	100,0	67,3	14,3	8,2	10,2
15	<u>4,80</u>	<u>3,80</u>	<u>0,10</u>	<u>0,50</u>	<u>0,40</u>
	100,0	79,2	2,1	10,4	8,3
середній	<u>6,44^{±0,70}</u>	<u>4,59^{±0,61}</u>	<u>0,57^{±0,11}</u>	<u>0,51^{±0,05}</u>	<u>0,77^{±0,12}</u>
	100,0	71,2	8,9	7,9	12,0
Рівномірно-поступова двопрійомна рубка – остаточний прийом					
1	<u>15,0</u>	<u>8,30</u>	<u>1,60</u>	<u>1,90</u>	<u>3,20</u>
	100,0	55,3	10,7	12,7	21,3
2	<u>15,3</u>	<u>8,90</u>	<u>1,10</u>	<u>1,60</u>	<u>3,90</u>
	100,0	57,4	7,1	10,3	25,2
3	<u>15,6</u>	<u>9,00</u>	<u>1,00</u>	<u>3,10</u>	<u>2,50</u>
	100,0	57,7	6,4	19,9	16,0
4	<u>15,1</u>	<u>6,50</u>	<u>1,40</u>	<u>2,20</u>	<u>5,00</u>
	100,0	43,0	9,3	14,6	33,1
5	<u>15,2</u>	<u>8,50</u>	<u>1,60</u>	<u>1,00</u>	<u>4,10</u>
	100,0	55,9	10,5	6,6	27,0
6	<u>14,5</u>	<u>8,10</u>	<u>1,00</u>	<u>1,90</u>	<u>3,50</u>
	100,0	55,9	6,9	13,1	24,1
7	<u>14,1</u>	<u>9,20</u>	<u>0,10</u>	<u>1,50</u>	<u>3,30</u>
	100,0	65,3	0,7	10,6	23,4
8	<u>14,7</u>	<u>6,90</u>	<u>1,00</u>	<u>4,10</u>	<u>2,70</u>
	100,0	46,9	6,8	27,9	18,4
середній	<u>14,96^{±0,19}</u>	<u>8,18^{±0,38}</u>	<u>1,10^{±0,18}</u>	<u>2,16^{±0,38}</u>	<u>3,53^{±0,31}</u>
	100,0	54,6	7,4	14,4	23,6

Примітка: чисельник – тис. шт./га, знаменник – %.

Аналізуючи дані табл. 1, варто зауважити, що середній показник непошкодженого підросту, з використанням технологій на базі гусеничних тракторів, для першого прийому становить 71,2 %, а для остаточного прийому рубки головного користування – 54,6 %. Показник непошкодженого підросту залежить від багатьох чинників (стрімкості схилу, об'єму від трельованої деревини та ін.) і змінюється в межах від 43,0 до 65,3 % для остаточного прийому рубки та від 60,9 до 80,1 % для першого.

Підріст, що зазнав слабких пошкоджень, класифікували як травмований не до ступеня припинення росту. Надалі він здатний відновити функціональність і сформувати повноцінний деревостан [21]. Частка підросту із

слабкими пошкодженнями в середньому становить 7,4 % для остаточного і 8,9 % для першого прийомів рівномірно поступової рубки головного користування. Встановлено, що середня частка підросту, що отримав сильні пошкодження в процесі рубки і трельовання деревини в 1,8 раза більша для остаточного прийому рубки (14,4 %) порівняно з першим (7,9 %), на ділянках цей показник досягає від 6,6 до 27,9 % для остаточного і 5,9-117 % для першого прийомів рубки. Частка повністю знищеного підросту в процесі заготівлі деревини у два рази більша для остаточного способу (23,6 і 12,0 %). Якщо взяти у розрізі ділянок, то цей показник змінюється від 16,0 до 33,1 % від загальної кількості – для остаточного способу рубки, а для першого прийому рубки – від 5,9 до 14,1 %.

Аналізуючи розподіл підросту на облікових площах, з використанням технології заготівлі деревини на базі гусеничних тракторів (рис. 1), виявлено, що домінує в обох випадках пошкодження стовбурів (67,8 і 64,9 % відповідно, найменше зазнають пошкодження корені (8,4 % за першого прийому рубки і 13,5 % за остаточного прийому).



Рис. 1. Розподіл підросту на лісосіках за видами пошкодження / Distribution of undergrowth on cutting areas by types of damage



Рис. 2. Стан підросту на лісосіках за висотними групами / State of undergrowth on cutting areas by height groups

Табл. 2. Ерозійні процеси на волоках після проведення першого та остаточного прийомів рубки головного користування / Erosion processes on skid trails after the first and final clear-cutting

№ лісо-сіки	Площа, га	Об'єм зрубаної і переміщеної деревини, м ³		Інтенсивність рубки, %	Довжина волоків, м	Густота волоків, м/га	Частка волоків на площі лісо-сіки, %	Середня глибина на ерозійних утворень, м	Обсяг ерозії ґрунту, м ³ /га
		всього	на 1 га						
рівномірно-поступова двопрійомна остаточний прийом									
1	0,9	277	308	100	124	138	6,1	0,34 ^{±0,04}	197 ^{±22,1}
2	1,0	345	345	100	140	140	5,6	0,52 ^{±0,06}	277 ^{±33,6}
3	1,0	206	206	100	102	102	4,1	0,65 ^{±0,07}	265 ^{±28,6}
4	1,0	290	290	100	94	94	3,8	0,61 ^{±0,06}	229 ^{±22,6}
5	1,0	309	309	100	133	133	5,3	0,58 ^{±0,06}	309 ^{±31,9}
6	0,6	170	283	100	61	102	6,8	0,65 ^{±0,08}	265 ^{±32,6}
7	1,0	151	151	100	145	145	5,8	0,54 ^{±0,07}	313 ^{±40,6}
8	0,6	174	290	100	84	140	9,3	0,67 ^{±0,09}	375 ^{±50,4}
рівномірно-поступова двопрійомна перший прийом									
9	0,9	88	98	31	108	120	5,9	0,22 ^{±0,04}	92 ^{±19,2}
10	0,4	68	170	43	25	63	6,9	0,31 ^{±0,03}	68 ^{±7,6}
11	1,0	190	190	39	92	92	4,0	0,49 ^{±0,06}	158 ^{±22,1}
12	0,8	173	216	41	59	74	4,1	0,32 ^{±0,05}	83 ^{±14,8}
13	1,0	114	114	35	112	112	4,9	0,22 ^{±0,04}	79 ^{±17,9}
14	1,0	110	110	32	94	94	4,1	0,29 ^{±0,04}	98 ^{±13,2}
15	1,0	137	137	38	85	85	3,7	0,32 ^{±0,04}	95 ^{±12,2}
середні показники									
Остаточний прийом		273 ^{±24,0}		X	110 ^{±10,9}	124 ^{±7,0}	5,85 ^{±0,57}	0,57 ^{±0,04}	279 ^{±18,1}
Перший прийом		148 ^{±15,7}		X	82 ^{±10,7}	91 ^{±7,0}	4,8 ^{±0,42}	0,31 ^{±0,03}	96 ^{±10,2}
Відхилення		1.76		X	1.34	1.36	1.22	1.84	2.91

Ерозія ґрунту є також одним із найважливіших лісівничо-екологічних наслідків рубки. Аналізуючи дані отриманих досліджень (див. табл. 2) видно, що об'єми зрубаної деревини на досліджуваних ділянках змінюються в межах від 98 до 345 м³/га і в середньому для першого прийому становить 148 м³/га, а для остаточного – 273 м³/га. Встановлено, що глибина ерозійних процесів для остаточного прийому рубки в 1,84 раза біль-

ша, ніж першого, а об'єм ерозії ґрунту у 2,91 раза більший. Глибина ерозійних утворень для остаточного способу рубки перебуває в межах 0,34-0,67 м (у середньому становить 0,57 м), а для першого прийому – 0,22-0,49 м (середній показник 0,31 м), об'єм ерозії ґрунту відповідно змінюється в межах 197-375 м³/га (середній – 279 м³/га) для остаточного і 68-158 м³/га (середній – 96 м³/га) для першого способу рубки.

Проаналізувавши стан підросту за висотними групами (рис. 2), встановлено, що найбільше зазнає пошкодження підріст у висотній групі більше 1,5 м – для остаточного прийому цей показник становить 28,6 %, а для першого – 21,3 %, відповідно із зниженням висоти цей показник зменшується, і вже для висотної групи до 0,5 м він становить відповідно 8,1 і 1,3 %. Виявлено, що із збільшенням висоти частка непошкодженого підросту зменшується незалежно від способу рубки головного користування.

Доцільно зазначити, що на площі, зайнятій волоками, а це в середньому 4,8 % від загальної площі для першого прийому рубки і 5,85 % – для остаточного (табл. 2), підріст повністю знищений.

Під час оцінювання впливу рубань на лісове середовище встановлено залежність між описаними вище показниками (рис. 3, 4 та 5). Аналіз наведених залежностей свідчить про досить вагомий вплив обсягів переміщеної деревини по волоках у розвитку ерозії ґрунту і кількості знищеного підросту в процесі рубки із засто-

суванням технології на базі гусеничних трелювальних тракторів у Карпатах, під час розроблення лісосік головного користування. Польовими дослідженнями встановлено, що із збільшенням об'ємів переміщеної деревини по волоках збільшується кількість знищеного підросту й об'єми ерозії ґрунту.

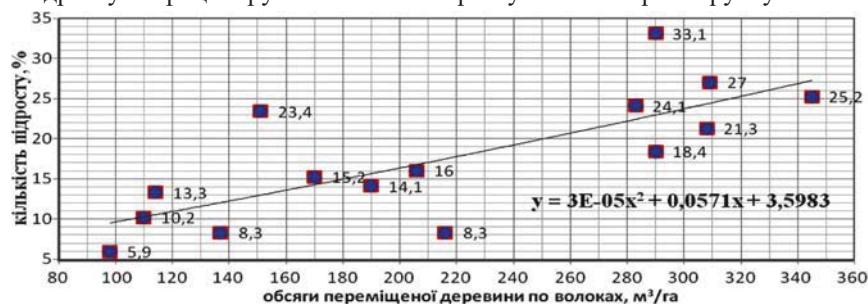


Рис. 3. Залежність кількості знищеного підросту від обсягів переміщеної деревини по волоках / Dependence of the amount of destroyed undergrowth on the volume of skidded timber

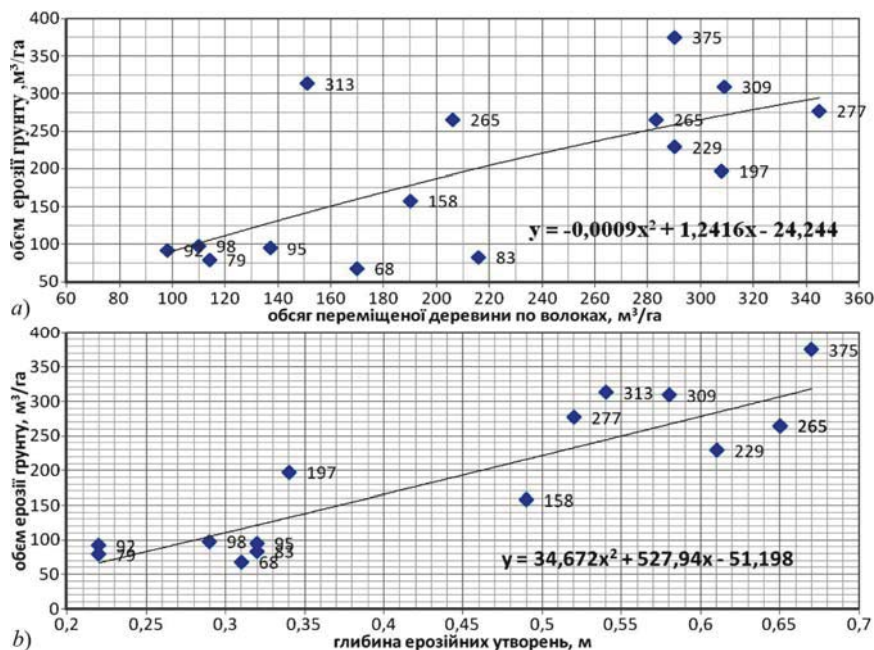


Рис. 4. Залежність ерозії ґрунту від обсягів / Dependence of the volume of forestry soil erosion on: a) переміщеної деревини по волоках / the volume of skidded timber; b) the average depth of erosion formations / середньої глибини ерозійних утворень

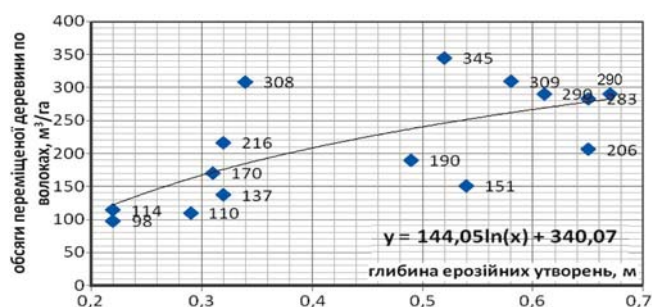


Рис. 5. Залежність глибини ерозійних утворень від обсягів переміщеної деревини по волоках / Dependence of erosion formation depth on the amount of skidded timber

Обговорення результатів дослідження. Заготівлю деревини у гірських лісах Українських Карпат проводять здебільшого гусеничними та колісними тракторами, якими заготовляють понад 90 % деревини [7]. Процеси впливу технологій заготівлі деревини на базі гусеничних трелювальних тракторів на лісову екосистему є недостатньо дослідженим. У літературних джерелах трапляється незначна кількість публікацій з цього питання.

Так, проф. М. І. Библюк із співавторами [2], вивчаючи вплив гусеничних і колісних тракторів на лісове се-

редовище в умовах Сколівських Бескидів, дійшли висновку, що інтенсивність колісформування істотно залежить від несної здатності ґрунту, яка значною мірою зумовлена геоморфологічною структурою Карпат. Також було встановлено, що ущільнення ґрунту середньої твердості колісними і гусеничними тракторами під час прямолінійного руху відбувається практично за однаковими залежностями.

Інші науковці під час дослідження ерозії ґрунту за трелювання деревини у гірських лісах Карпат [20], дійшли висновку, що на виникнення ерозії ґрунту впливають різні технології лісосічних робіт. Їхніми дослідженнями встановлено, що найбільші показники ерозії ґрунту властиві лісосікам і зрубам, на яких волоки займають понад 5,5 % від площі лісосіки, а їх довжина перевищує 150 м/га. Під час досліджень вони встановили, що відновлення фізичних та інфільтраційних властивостей ґрунту, порушених у процесі заготівлі деревини, залежить від інтенсивності лісовідновних процесів, а саме: на ділянках із добрим формуванням молодняків властивості ґрунту значно поліпшуються, а в місцях із слабкими лісовідновними процесами, особливо на магістральних волоках, залишаються у незадовільному стані.

Також значна кількість науковців встановили, що на лісосіках, де працювали колісні трактори, в середньому залишилося не порушеною 79 % площі території. При цьому щільність мережі розташування волоків майже на 10 % є більшою порівняно із застосуванням гусеничних трелювальних тракторів, що пояснюють обмеженням величини поздовжніх ухилів волоків, на яких переміщуються колісні трактори [5].

Щодо збереження підросту дослідники встановили, що ступінь впливу на підріст істотно залежить від виду машин і механізмів, які застосовуються для трелювання деревини [8]. Так, за їх дослідженнями під час розроблення лісосіки гусеничними трелювальними тракторами непошкодженими залишається 70,0 % підросту, а знищенням до ступеня припинення росту – 12,8 %. Також було встановлено, що у гірських умовах волокни на лісосіці займають в середньому 8 % її загальної площі, а об'єми ґрунтової ерозії на них сягають 70 % від загального об'єму на лісосіці [7].

Питання впливу трелювальних тракторів на гусеничному русію порушено у багатьох наукових працях не тільки українських, а й іноземних науковців.

Так, зокрема М. Нікой із співавторами [16], встановили, що трелювальні трактори на гусеничному русію мають значний вплив на всі фізико-механічні (окрім вологості ґрунту) та біологічні властивості ґрунту (тобто листовий опад, надземну та підземну біомасу). Результати дослідження впливу гусеничного трактора на властивості поверхні ґрунту А. Наджафі зі співавтором [15] показали, що на вміст води та загальну пористість ґрунту істотно впливають схил і частота руху трелювального трактора, зокрема за схилу більше 10 % різко збільшується ерозія ґрунту.

Інші зарубіжні науковці [3] встановили, що немає істотних відмінностей між колісними та гусеничними трелювальними тракторами, в мішаному хвойному лісі, за однакової вологості ґрунту. Також вони встановили, що використання гусеничного трактора на сухому ґрунті мінімізувало вплив, особливо стосовно стійкості до зсуву та проникнення.

Щодо ущільнення ґрунту в умовах Центральної Європи різними типами шасі (гусеничними чи колісними) науковці встановили, що колісні машини ущільнювали ґрунт до 1,24-1,36 г/см³ (30,3-35,4 % ущільнення) у висушеному стані. Об'ємна щільність ґрунту в насадженнях, де працювала гусенична машина, була нижчою в діапазоні від 1,02 до 1,06 г/см³ (ущільнення 25,3 %) [1]. Інші науковці встановили, що порівняно з колісним типом русія, гусеничний тип русія форвардера спричинив зниження фактичного тиску на 81 %, а глибина колії після десяти проходів форвардера була меншою на 50 % [22].

Отримані результати досліджень впливу технологій заготівлі деревини на базі гусеничних трелювальних тракторів, залежно від способу рубки головного користування у гірських буково-ялицевих типах лісу, відіграють важливу роль, оскільки показують особливості впливу на лісову екосистему в конкретних умовах, а не характеризують особливості процесу заготівлі деревини загалом, тому потребують подальшого їх дослідження.

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

Наукова новизна отриманих результатів дослідження – отримано інформацію про стан природного поновлення та ерозійних процесів, під час розроблення лісосік у гірських буково-ялицевих типах лісу з використанням технологій заготівлі деревини на базі гусеничних трелювальних тракторів.

Практична значущість результатів дослідження – результати дослідження можна використати під час розроблення технологій заготівлі деревини залежно від рубки головного користування у буково-ялицевих типах лісу, що дасть змогу забезпечити виконання лісо-січних робіт з мінімальним шкідливим впливом на лісове середовище.

Висновки / Conclusions

Надано кількісну оцінку процесів впливу на лісову екосистему технологій заготівлі деревини на базі гусеничних трелювальних тракторів, що дасть змогу встановити їх залежність від способу розроблення лісосік рубок головного користування буково-ялицевих деревостанів в умовах гірських лісів. За результатами проведеного дослідження можна зробити такі основні висновки.

1. Встановлено, що в середньому кількість підросту на лісосіці остаточного прийому рубки становить 14,96 тис. шт./га, а на лісосіці першого прийому рубки – 6,44 тис. шт./га. Це дало змогу оцінити успішність природного поновлення у гірських буково-ялицевих деревостанах Карпат.
2. Встановлено, що середній показник непошкодженого підросту, за використання технологій на базі гусеничних тракторів, для остаточного прийому рубки становить 54,6 %, а для першого – 71,2 %. Частка повністю знищеного підросту в процесі заготівлі деревини у 2 рази більша для остаточного способу рубки (23,6 %) порівняно із першим (12,0 %). Встановлено, що найбільше зазнає пошкодження підріст у висотній групі більше 1,5 м: для остаточного прийому цей показник становить 28,6 %, а для першого – 21,3 %, відповідно із зниженням висоти цей показник зменшується, і вже для висотної групи до 0,5 м він становить відповідно 8,1 і 1,3 %. Окрім цього, встановлено, що в обох випадках домінує пошкодження стовбурів (67,8 і 64,9 % відповідно, найменше зазнають пошкодження корені (8,4 % за першого прийому рубки і 13,5 % за остаточного прийому). За результатами отриманих досліджень можна прогнозувати кількість і стан підросту після проведення того чи іншого способу рубки, що дасть змогу вжити заходів щодо лісовідновлення.
3. Встановлено, що глибина ерозійних процесів для остаточного прийому рубки в 1,84 рази більша, ніж першого, а об'єм ерозії ґрунту у 2,91 рази більший. У кількісному показнику глибина ерозійних утворень для остаточного способу рубки змінюється в межах 0,34-0,67 м (у середньому становить 0,57 м), а для першого прийому – 0,22-0,49 м (середній показник 0,31 м), об'єм ерозії ґрунту відповідно змінюється в межах 197-375 м³/га (середній – 279 м³/га) для остаточного і 68-158 м³/га (середній – 96 м³/га) для першого. Отримані результати чітко показують переваги першого способу рубки над остаточним, на що варто звернути увагу під час вибору способу рубки.
4. Встановлено, що обсяги переміщеної деревини по волоках відіграють вагомий роль у збереженні підросту і розвитку ерозійних процесів, зокрема зі збільшенням обсягів деревини, що переміщується по волоках, збільшується кількість пошкодженого підросту і глибина ерозійних утворень, а також об'єми ерозії ґрунту. Виходячи з цієї закономірності можна прогнозувати вплив на лісову екосистему гусеничних трелювальних тракторів.

торів у майбутньому, що дасть змогу вжити заходів із їх зменшення.

References

1. Allman, M., Jankovský, M., Messingerová, V., Allmanová, Z., & Ferenčík, M. (2015). Soil compaction of various Central European forest soils caused by traffic of forestry machines with various chassis. *Forest systems*, 24(3), 6 p. URL: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6240064>
2. Byblyuk, N. I., Styranivskyi, O. A., Herys, M. I., Boyko, M. M., Oliynyk, M. I., & Shchupak, A. L. (2016). The Research of the Influence of Tracked and Wheeled Skidders on the Forest Environment in the Conditions of Skole Beskids. *Scientific Bulletin of UNFU*, 26(1), 196–203. <https://doi.org/10.15421/40260130>
3. Cambi, M., Certini, G., Fabiano, F., Foderi, C., Laschi, A., & Picchio, R. (2015). Impact of wheeled and tracked tractors on soil physical properties in a mixed conifer stand. *iForest-Biogeosciences and Forestry*, 9(1), 89 p. <https://doi.org/10.3832/ifer1382-008>
4. Decree of the Cabinet of Ministers of Ukraine Rules for main-use felling in the Carpathian mountain forests, 929 p. (2008), p. 14. [In Ukrainian]. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/929-2008-%D0%BF/conv#Text>
5. Korzhov, V. L. & Kudra, V. S. (2021). Assessment of the environmental impact of using wheeled skidding tractors in the Carpathians. *International scientific and practical conference "Modern problems of forestry and ecology: solutions"* (Faculty of Forestry and Ecology – 20 years). (pp. 88–89). Zhytomyr. [In Ukrainian]. URL: http://ukrimf.org.ua/wp-content/uploads/2021/11/stat_korzh.pdf
6. Korzhov, V. L., & Kudra, V. S. (2005). Concerning the problem of light mobile cable system in mountain harvesting. *Scientific Bulletin of UNFU*, 15(1), 132–137. [In Ukrainian]. URL: https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2005/15_1/132_Korzow_15_1.pdf
7. Korzhov, V. L., & Kudra, V. S. (2019). Efficiency of forestry melioration of skidding trails on mountain slopes. *Materials of the international scientific and practical conference "Reproduction of forests and forest reclamation in Ukraine: origins, current state, current challenges and prospects in the conditions"*, 123–124. Kyiv. [In Ukrainian]. URL: <https://dglb.nubip.edu.ua/server/api/core/bitstreams/5342ae8c-6448-4e2a-90d6-78789bd62d6d/content#page=124>
8. Korzhov, V. L., & Kudra, V. S. (2019). Peculiarities of undergrowth preservation during logging operations in mountain forests. materials of reports of the participants of the International Scientific and Practical Conference "Restoration, protection and preservation of the flora of the Forests of Ukraine in conditions of man-made load and climate change. Coll", 55–56. Kyiv. [In Ukrainian]. URL: https://nubip.edu.ua/sites/default/files/u32/tezy_dopovidey_vidnovlennya_ohorona_y_zberezhennya_lisiv_ukrayini_1.pdf
9. Korzhov, V. L., Kudra, V. S., & Kuzyk, P. M. (2013). Silvicultural-ecological efficiency for using wheel skidding tractor HSM-805 s at a mountain logging *Scientific Bulletin of UNFU*, 23(7), 87–94. [In Ukrainian]. URL: https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2013/23_7/87_Kor.pdf
10. Kovalsky, A. Y. (2019). Harvesting technologies in the forests of the Carpathians in the current conditions. A collection of reports of participants of the International "Scientific and Practical Conference Restoration, protection and preservation of the flora of the Forests of Ukraine in the conditions of man-made load and climate change", 52–53. Kyiv. [In Ukrainian]. URL: <https://dglb.nubip.edu.ua/server/api/core/bitstreams/dc4390c9-a5e6-4497-8978-e914a298ca7e/content>
11. Kudra, V. S. (2008) Soil Damage in Mountain Logging as a Factor Influencing the Forest Environment. *Forestry and Forest Melioration*, 114, 115–119. [In Ukrainian]. URL: <https://forestry-forestmelioration.org.ua/index.php/journal/issue/view/19/114-pdf>
12. Kudra, V. S., & Grizhuk, I. D. (2004). Impact of the timber primary transport on forest ecosystems in mountains. *Scientific Bulletin of UNFU*, 14(3), 285–289. [In Ukrainian]. URL: https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2004/14_3/49.pdf
13. Malon, A. L. (2023). Natural regeneration of beech-fir stands in Gorgany at the age of main-use felling. *Scientific Bulletin of UNFU*, 33(4), 25–30. <https://doi.org/10.36930/40330404>
14. Malon, A. L. (2024). Dynamics of the area of fellings for main use in Gorgany. a collection of materials of reports of the participants of the 4th International Scientific and Practical Internet Conference "The current state, problems and prospects of forestry education, science and production", 36–38. Bila Tserkva. [In Ukrainian]. URL: https://science.btsau.edu.ua/sites/default/files/tezy/tezy_lisiv_osvita_19.04.2024.pdf#page=36
15. Najafi, A., & Sam Daliri, H. (2013). Assessment of crawler tractor effects on soil surface properties. *Caspian Journal of Environmental Sciences*, 11(2), 185–194. URL: https://cjes.guilan.ac.ir/article_1124.html
16. Nikooy, M., Mohammadi Shahrestani, E., Tavankar, F., & Pourbabaee, H. (2023). Long-Term Effects of Timber Extraction by a Crawler Tractor on Soil Condition Recovery in a Mixed Forest. *Iranian Journal of Forest*, 15(1En (English issue)), 37–51. <https://doi.org/10.22034/ijf.2022.343445.1871>
17. Oliynyk, V. S., & Rak, A. Yu. (2017). Soil protective role of Gorgany forests and its changes under the influence of forest exploitation. *Forestry and Agromelioration*, 130, 103–110. [In Ukrainian]. URL: <https://forestry-forestmelioration.org.ua/index.php/journal/article/view/88/>
18. Oliynyk, V. S., & Tkachuk, O. M. (2016). Changes in the Soil Protection Properties of Soils in Pre-Carpathians under the Influence of Selective and Clearcut Logging. *Scientific Bulletin of UNFU*, 26(1), 8–16. <https://doi.org/10.15421/40260101>
19. Scientific basis of forestry management in the Ukrainian Carpathians: Collection of recommendations UkrNDihirlis. (5th ed.). (2018). 273 p. Ivano-Frankivsk. UkrNDihirlis,. [In Ukrainian]. URL: <http://ukrimf.org.ua/wp-content/uploads/2021/03/rekomendacziyi-5.2.pdf>
20. Tkachuk, O. M., & Kyrilenko, Y. O. (2024). Forest exploitation soil erosion during timber trawling in the mountain forests of the Ukrainian Carpathians. a collection of materials of reports of the participants of the 4th International Scientific and Practical Internet Conference "The current state, problems and prospects of forestry education, science and production", 48–53. Bila Tserkva. [In Ukrainian]. URL: https://science.btsau.edu.ua/sites/default/files/tezy/tezy_lisiv_osvita_19.04.2024.pdf#page=48
21. Viter, R. M. (2017). Influence of Caterpillar Skidding Tractors on the Condition of Undergrowth in the Mountain Forests of the Ukrainian Carpathians. *Scientific Bulletin of UNFU*, 27(1), 22–24. <https://doi.org/10.15421/40270104>
22. Zemánek, T., & Neruda, J. (2021). Impact on the operation of a forwarder with the wheeled, tracked-wheel or tracked chassis on the soil surface. *Forests*, 12(3), 336. <https://doi.org/10.3390/f12030336>

A. L. Malon

Vasyl Stefanyk Precarpathian National University, Ivano-Frankivsk, Ukraine

FEATURES OF THE IMPACT OF CATERPILLAR SKIDDING TRACTORS ON THE FOREST ENVIRONMENT OF THE CARPATHIANS DEPENDING ON THE MAIN FELLING METHOD

Some peculiarities of the impact of logging technologies based on tracked crawler tractors on the forest environment, depending on the main felling method in beech-fir stands of the Carpathians, were studied. The research was conducted on 8 cutting areas of the final stage of evenly-gradual two-stage felling and 7 sections of the first stage of evenly-gradual two-stage felling in 2023-2024. The

researched cutting areas are located in Vygoda Forestry Branch of the Forests of Ukraine SFE and the Broshniv Forestry Branch of the Forests of Ukraine SFE. The results of the research show that the total amount of natural regeneration on the studied cutting areas and clearcuts is sufficient and ranges from 4.7 thousand units/ha to 15.0 thousand units/ha, on average it is 14.96 thousand units/ha in the cutting area of the final stage of felling, and in cutting area of the first stage it is 6.44 thousand units/ha. The impact of logging technologies on undergrowth is found not to be the same for different methods of main use felling, so for the first stage of evenly-gradual two-stage felling, the average amount of undamaged undergrowth is 71.2 % of the total amount, and for the final stage it is 54.6 %, and the rate of destroyed undergrowth is 12.0 % and 23.6 %, respectively. When considering the sections of cutting areas and clearcuts, this indicator varies from 18.4 % to 33.1 % of the total amount, for the final stage of felling compared to the first, which ranges from 5.9 % to 14.1 %. Data on the distribution of natural regeneration by types of damage (roots, crown, trunks) are given, therefore, the trunks are revealed to be the most susceptible to damage (67.8 % and 64.9 % of the total amount of damage). Moreover, undergrowth in the height group of more than 1.5 m is identified to be destroyed the most, and small undergrowth is the least susceptible to damage. Skidding on the plots is estimated to occupy 4.8 % of the total area for the first stage of evenly-gradual felling and 5.85 % for the final stage. We have also established that the undergrowth on the skidding areas is completely destroyed. In the process of research, it was found that the share of skidding for the final stage of felling is 1.36 times greater than for the first stage, and, on average, it is 124 m/ha for the final stage and 91 m/ha for the first stage of felling, respectively. The depth of erosion formations for the final logging cut is 1.84 times greater than for the first cut, and the volume of soil erosion is 2.91 times. The depth of erosion formations and the amount of destroyed and damaged undergrowth increase with the amount of skidded timber.

Keywords: undergrowth; soil erosion; soil damage; natural regeneration; cutting area.