


ЛІСОВЕ ГОСПОДАРСТВО

УДК 630*114(292.451/.454:477)

**Вплив лісоексплуатації на стійкість ґрунтів
в Українських Карпатах та шляхи її підвищення**Кімейчук І.В.¹ , Ткачук О.М.² , Ситник О.С.¹ ¹ Білоцерківський національний аграрний університет² Український науково-дослідний інститут
гірського лісівництва ім. П.С. Пастернака (УкрНДІгірліс) E-mail: Кімейчук І.В. ivan.kimeichuk@btsau.edu.ua; Ткачук О.М. tkachyk.oksana1988@gmail.com;
Ситник О.С. s.sasha.htc@gmail.com

Кімейчук І.В., Ткачук О.М., Ситник О.С.
Вплив лісоексплуатації на стійкість
ґрунтів в Українських Карпатах та шляхи
її підвищення. «Агробіологія», 2024.
№ 2. С. 79–95.

Kimeichuk I., Tkachuk O., Sitnik O. Impact
of forest exploitation on soil stability in the
Ukrainian Carpathians and ways to improve
it. «Agrobiology», 2024. no. 2, pp. 79–95.

Рукопис отримано: 02.08.2024 р.

Прийнято: 19.08.2024 р.

Затверджено до друку: 28.11.2024 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2024-191-2-79-95

Оцінка ерозійних процесів, що відбуваються за проведення лісозаготівлі, має важливе значення для збалансованого підходу до використання природних ресурсів і збереження лісових екосистем.

Проведено оцінку ерозійних процесів під час лісозаготівлі в Українських Карпатах. Проаналізовано вплив гірського рельєфу на виникнення ерозії та забруднення водних потоків, що зумовлено високою стрімкістю схилів та необхідністю спеціалізованої природозберігаючої техніки для лісосічних робіт. Обґрунтовано необхідність заходів із мінімізації впливу лісозаготівлі на природне середовище гірських регіонів.

У дослідженні розглянуто вплив горбисто-гірського рельєфу на лісозаготівельну діяльність філій «Верховинське лісове господарство», «Осмолодське лісове господарство» та «Чернівецьке лісове господарство». Виявлено, що більше половини заготівлі деревини відбувається тракторним трелюванням. Середні віддалі трелювання значно перевищують оптимальні значення для транспорту, що ускладнює процес експлуатації лісових ресурсів та збільшує їх собівартість.

Дослідження показує, що на підприємстві використовують переважно гусеничну техніку для трелювання деревини (53,8 %), колісну техніку (11,8 %) і гужовий транспорт (34,4 %) – меншою мірою. Розподіл освоєних лісових ділянок вказує на домінування гусеничних тракторів (88,7 %) на рубки головного користування, а гужового транспорту (50,7 %) – на рубки формування та оздоровлення лісів. Дані про середні віддалі трелювання свідчать про високу ефективність гусеничних тракторів та використання гужового транспорту на відстанях, що перевищують оптимальні значення в умовах гірського рельєфу. За даними, на більшості ділянок віддалі підтрелювання кінцями до трактора не перевищує 60 м. Протяжність пасічних волоків на лісосіках варіюється залежно від їх площі, де магістральні волоки використовують для транспортування деревини до навантажувальних пунктів.

Практичне значення дослідження полягає в реалізації вимог «Рамкової конвенції про охорону та сталий розвиток Карпат» і «Стратегічного плану дій для впровадження Протоколу про стале управління лісами». Впровадження сучасних екологічних методів попередження та мінімізації виникнення ерозійних процесів на трелювальних волоках сприятиме екологізації лісозаготівлі у гірських регіонах та матиме позитивний ефект щодо природозбереження.

Ключові слова: рубка лісу, транспортування деревини, тракторне трелювання, обсяг рубки, технологія гірської лісозаготівлі, стрімкість схилу, середня віддалі трелювання, рельєф, навантажувальні пристрої.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Для економіки України лісове господарство набуває все більшого значення. У зв'язку з підвищенням конкурентоспроможності лісового господарства, міжнародна конкуренція посилилася у двох основних напрямках: впровадження інноваційних технологічних процесів та створення нових видів лісоматеріалів. Деревинна сировина, як споживчий продукт, має обмежений потенціал для інновацій. На європейському ринку спостерігається стабілізація цін на лісову продукцію, зокрема на фанеру та пиломатеріали. Водночас вартість заготівлі деревини зростає у гірських умовах, зокрема до таких територій належать Українські Карпати [1].

В сучасних умовах, для яких характерні негативні тенденції кліматичних змін, надзвичайно загострюються глобальні екологічні проблеми, з якими пов'язана і лісозаготівля деревини. Тому забезпечення стабільності, життєвості і раціонального використання багатofункціональності лісів, а також запровадження практичних заходів із зниження впливу лісосічних робіт на довкілля є важливим і актуальним завданням [2].

Важливим гідролого-лісівничим показником наслідків рубок головного користування і трелювання лісу є пошкодження ґрунту, що характеризується різним ступенем здирання і знесення гумусового шару ґрунту. Від його масштабів значно залежить зміна лісорослинних умов, що впливає на інтенсивність лісовідновних процесів на вирубках, продуктивність майбутніх деревостанів, а також водний режим гірських схилів і розвиток ерозії. Якщо на непошкоджених лісоексплуатаційними процесами ділянках вирубки фізичні й інфільтраційні властивості ґрунту в Карпатах змінюються незначною мірою, то на пошкоджених місцях зростає його об'ємна маса і різко зменшується водопроникність, унаслідок чого формується поверхневий стік води і розвиваються ерозійні явища [2].

Гірські умови Українських Карпат значно ускладнюють лісозаготівельні роботи, що потребує адаптації техніки та технологій для заготівлі лісу. Одним із основних чинників вибору технології заготівлі на конкретній ділянці є рельєф, який потрібно враховувати за планування та проведення рубок. Лісівничо-екологічна та економічна ефективність, а також середня відстань тракторного трелювання деревини, що становить до 80 % обсягів заготівлі у гірських регіонах, значною мірою залежать від крутизни схилів. Оптимізація дорожньої мережі, яка наразі значно

відстає від європейських стандартів, є одним із чинників зменшення середньої відстані трелювання [3].

Лісозаготівля в Карпатах призводить до значних ерозійних процесів, які негативно впливають на ґрунти, водні ресурси та біорізноманіття. Інтенсивна вирубка лісів спричиняє руйнування ґрунтового покриву, збільшення об'ємів стоку води та зменшення родючості ґрунтів, що потребує комплексного підходу для оцінки та управління цими процесами [4–5].

Надмірна нерегульована експлуатація лісів України призвела до виснаження лісових ресурсів, порушення вікової структури насаджень, погіршення видового складу, посилення ерозійних процесів та інших антропогенно-стихійних явищ. Особливо варто зазначити, що поряд із стиглими лісостанами вирубували і пристигаючі ліси. Як наслідок, частка пристигаючих дубових, букових і соснових лісів у віковій структурі лісового фонду становить лише 7–8 %, тимчасом за нормативами лісівництва вона має становити близько 20 %.

Гірські ліси Карпат є важливим чинником ґрунтозахисту, здатним зменшувати ерозійні процеси в сім разів порівняно з польовими угіддями, що сприяє зниженню каламутності річкових вод приблизно у 19 разів. Поточний відсоток лісистості гірської системи, який становить 59 %, сприяє поліпшенню цих процесів удвічі [6].

За темпами ерозії ґрунтів карпатський регіон посідає перше місце в Україні, причому ерозією охоплено майже 15 % його площі. Основним бар'єром для її розвитку є лісовий покрив. Проте, на ґрунтозахисні властивості лісу негативно впливають два основні чинники: 1) тривала антропогенна трансформація лісових угідь у польові з постійним розвитком водної ерозії та зниженням урожайності; 2) проведення лісозаготівель із порушенням лісівничих вимог, що спричиняє експлуатаційну ерозію і зниження продуктивності наступних поколінь лісу [4].

Проблемам транспортування деревини в горах присвячена значна кількість робіт. Дослідження науковців [1, 7, 8] показали, що за тракторного трелювання зноситься і змивається від 150 до 520 м³ ґрунту з 1 га вирубки, а за 3–4 проходження на трелювальному волоці гусеничний трактор майже повністю руйнує ґрунтовий покрив [8].

За даними вітчизняних науковців А.В. Кия та М.Г. Адамовського [9] у ХХ ст. трелювання деревини у 80 % відбувається за допомогою тракторів.

Науковці УкрНДІгірліс В.Л. Коржов, В.С. Кудра аналізували застосування мобільної канатної установки LARIX-3T в гірських умовах, а саме її ефективність у збереженні екологічного балансу та мінімізації впливу на навколишнє природне середовище під час лісозаготівельних робіт. Авторами обговорюються переваги та недоліки використання цієї установки в порівнянні з іншими методами заготівлі деревини [10].

Дослідники О.М. Ткачук та Я.О. Кириленко [2] проаналізували вплив лісозаготівлі на стан ґрунту і виникнення ерозійних процесів під час лісосічних робіт та визначили ступінь пошкодження ґрунту і обсяг лісоексплуатаційної ерозії на лісосіках за тракторного і канатного трелювання деревини. Крім цього вчені оцінили пошкодження ґрунту залежно від способу рубок головного користування.

Оцінка ерозійних процесів за лісозаготівлі в Карпатах є надзвичайно актуальною через важливість збереження цього унікального природного регіону. Вивчення впливу лісозаготівель на ерозійні процеси дозволить розробити ефективні заходи для зменшення негативного впливу на екосистеми та забезпечення раціонального використання лісових ресурсів.

Мета дослідження – оцінити ерозійні процеси, що виникають внаслідок лісозаготівлі в Карпатах, та розробити рекомендації для зменшення негативного впливу цих процесів на навколишнє природне середовище.

Матеріал і методи дослідження. Об'єкт досліджень – лісові масиви карпатського регіону, на яких здійснюють лісозаготівлю різними способами та технікою.

Основні завдання дослідження передбачають:

1. Збір і аналіз наукової літератури та матеріалів лісогосподарських підприємств.
2. Дослідження особливостей розташування і стану трелювальних волоків на гірських схилах.
3. Аналіз чинних нормативних документів з питань лісогосподарської діяльності в гірських районах.
4. Вибір модельної території, розробка плану і організація виконання на ній ефективних заходів для попередження чи локалізації ерозійних процесів.

На основі вивчення наукової і технічної літератури здійснено аналіз пошкодження ґрунтової поверхні під час лісосічних робіт, ерозійних процесів на первинних шляхах транспортування деревини, впливу трелювання на ґрунтовий покрив, а також методів

запобігання ерозійним процесам. Основну увагу приділяли гірським лісам та методам зниження негативного впливу ерозії на гірських схилах [2]. Аналізували результати наукових досліджень і досвід лісозаготівлі із застосуванням протиерозійних заходів у розвинених країнах за останнє десятиріччя. На основі аналізу літературних джерел складено аналітичний огляд, що висвітлює наступні питання: пошкодження ґрунтової поверхні за лісосічних робіт; формування ґрунтових наносів, забруднення лісових водотоків; моделювання процесів впливу опадів на ерозію лісових ґрунтів; застосування ГІС і методів сканування в лісогосподарській практиці; вплив лісових доріг на навколишнє природне середовище та методи їх планування; практичні заходи щодо зниження впливу лісозаготівлі на ґрунт.

Аналіз ділянок лісосічного фонду здійснювали за площею, обсягом заготовленої деревини та періодами проведення. Рельєф ділянок оцінювали за експозицією (північна, південна) та стрімкістю схилів (пологі до 10°, спадисті 11–20°, стрімкі 21–30° на південних і 21–35° на північних схилах, дуже стрімкі понад 30° на південних і 35° на північних схилах) [4].

Технологічний процес лісосічних робіт аналізували за засобами трелювання деревини (трактори, гужовий транспорт, канатні установки) та часткою їх застосування під час підтрелювання до магістрального волока.

Інформацію про мережу трелювальних волоків (магістральні, пасічні 1 і 2 порядку) встановлювали на підставі даних технологічних карт і аналізу схем технологічного процесу розробки лісосік. Статистично визначали залежності протяжності магістральних та пасічних волоків від площі лісосіки. Встановлювали фактичні виробничі показники середніх віддалей підтрелювання деревини та відстані їх транспортування до навантажувальних майданчиків.

Вивчення трелювальних волоків у межах водозборів проводили на дослідних об'єктах у областях карпатського регіону. Характерні ділянки лісового фонду вибирали з урахуванням природних (розташування, стрімкість схилів, водотоки) та виробничих (обсяги лісозаготівлі, способи рубок, техніка) ознак [6].

Для визначення розміщення волоків використовували ГІС і дистанційне зондування Землі. Високороздільні знімки Google Earth обробляли в системі QGIS за допомогою плагіна «Quick Map Services», що дозволяло завантажувати відкриті карти і супутни-

кові знімки. Просторова роздільна здатність 0,5 м дозволяла детально ідентифікувати трельовальні волокни та створювати електронні карти для комп'ютерного аналізу їх просторових характеристик. Недоліком використання супутникових знімків з відкритих джерел є їх тривалий час актуалізації, що може впливати на точність інформації про мережу волоків після нещодавніх лісосічних робіт.

Основним аспектом досліджень є вибір модельної території для довготривалих досліджень та демонстрації. Враховували такі чинники:

- природно-виробничі умови, характерні для Карпат;
- можливість попередження чи локалізації ерозійних процесів;
- оптимальна віддаль від шляхів та лісових автодоріг;
- доступність для досліджень та демонстрацій (навчання фахівців, екологи, громадські організації, місцеве населення).

Модельну територію вибрали у Манявському лісництві філії «Осмолодське лісове господарство» ДП «Ліси України». Зібрані основні показники: місце розташування (урочище, квартал, типи насаджень, вікова структура, рельєф, наявність зрубів, волоків, навантажувальних пунктів). Для зйомки використовували БПЛА Mavik-2 Pro з геодезичною точністю. Основним картографічним матеріалом був ортофотоплан. Маршрут зйомки планували в програмі Drone Deploy.

Опрацювання даних для створення ортофотоплану проведено в Agisoft Photo Scan.

Отриманий ортофотоплан відтворює просторову модель місцевості, дозволяючи детально встановити розташування насаджень, зрубів та дорожньої мережі. Визначено параметри наявних волоків, які використовували раніше. Через верхні частини гірських схилів проходить лісова автодорога, до якої безпосередньо примикає заліснений малий водозбір гірського потоку, який розташований в лісовому фонді. Схему розташування досліджуваної модельної території представлено на рисунку 1.

Половина водозбору має незначну кількість трельовальних волоків та деревостанів, де можливі рубки. Вздовж потоку є широка смуга лісу, що забезпечує залишення смуги фільтрації. Оскільки трельовальні волокни не виходять до гідрологічної мережі, значних ерозійних процесів немає. Інша половина водозбору вкрита стиглими деревостанами та вирубаніми ділянками, на яких спостерігаються ерозійні процеси [8].

Обробку і аналіз отриманих даних польових досліджень проводили з використанням сучасних методів математичної статистики.

Результати дослідження та обговорення. Рельєф Карпат впливає на формування лісового середовища і вибір технологій лісозаготівлі. Гірські схили ускладнюють проведення лісосічних робіт і потребують спеціальної техніки. Класифікація рельєфу допомагає визначити необхідність машин та планування робіт. На схилах із високою стрімкістю зростає складність будівництва доріг і волоків, що збільшує вартість деревини і трудомісткість загалом [3, 11, 12].

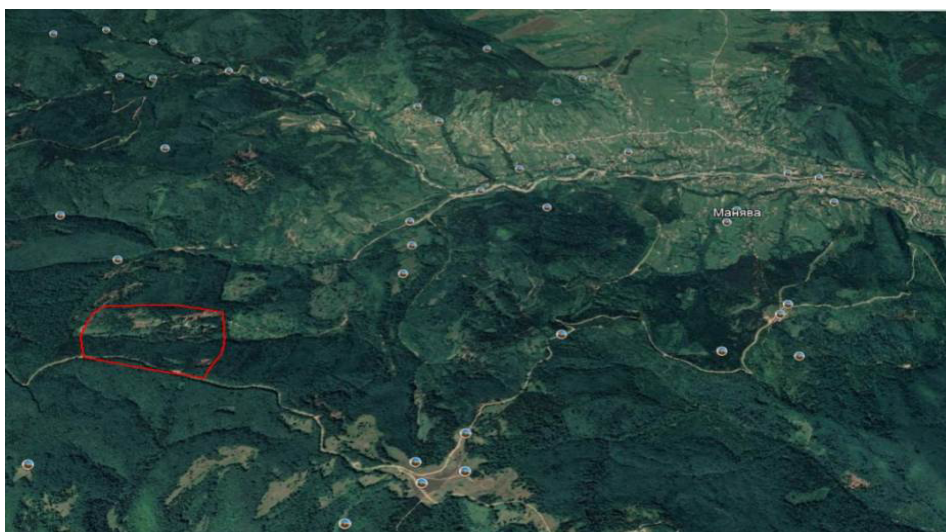


Рис. 1. Схема розташування модельної території.

Примітка: результати власних досліджень.

Середня відстань трелювання деревини, яка є важливим технологічним показником, що впливає на ефективність технології лісозаготівлі, тісно пов'язана з особливостями рельєфу. Цей показник визначали за допомогою аналізу річного лісосічного фонду п'яти філій ДСП «Ліси України» карпатського регіону. Дослідженням охоплено близько 150 лісосік головного користування та 90 лісосік, де проводили рубки, пов'язані з веденням лісового господарства (табл. 1).

Значна частина заготівлі деревини (понад 50 %) відбувається в горбисто-гірському рельєфі, де доступ до лісосічного фонду ускладнений. У гірських районах третина загального обсягу заготівлі обумовлена відсутністю транспортного доступу. Це призводить до високих витрат на будівництво шляхів та збільшення собівартості заготівлі деревини. Середні віддалі трелювання показують опосередкований шлях від місця рубки до

найближчої лісової дороги, що виявляється значно більшим за оптимальні значення для гусеничних тракторів, перевищуючи їх у дватри рази (рис. 2).

У горбистому рельєфі середня відстань трелювання деревини становить 0,87 км, зростає до 1,38 км у горбисто-гірському рельєфі і до 1,16 км в гірському рельєфі. Ця тенденція характерна і для рубок у лісовому господарстві. У гірському рельєфі менша середня відстань трелювання, що може пояснюватися складністю освоєння та концентрацією лісосік поблизу наявних лісових доріг через нестабільну транспортну мережу.

Аналіз рельєфних умов філії «Чернівецьке лісове господарство» ДП «Ліси України» засвідчує про їх різноманітність та суттєвий вплив на лісоексплуатаційну діяльність підприємства, зокрема і на собівартість заготівлі деревини. Розподіл освоєних ділянок за стрімкістю схилів подано на рисунку 3.

Таблиця 1 – Обсяги рубок у різних типах рельєфу (чисельник – кількість, м³; знаменник – %)

Тип рельєфу	Всього заготовлено деревини	Рубки головного користування		Рубки, пов'язані з веденням лісового господарства	
		лісосік	заготовлено деревини	лісосік	заготовлено деревини
Гірський	<u>143686</u> 32,9	<u>70</u> 22,9	<u>79043</u> 30,4	<u>232</u> 29,1	<u>64643</u> 36,6
Горбисто-гірський	<u>233427</u> 53,5	<u>179</u> 58,7	<u>147694</u> 56,9	<u>390</u> 49,1	<u>85733</u> 48,5
Горбистий	<u>59195</u> 13,6	<u>56</u> 18,4	<u>32905</u> 12,7	<u>173</u> 21,8	<u>26290</u> 14,9
Разом	<u>436308</u> 100	<u>305</u> 100	<u>259642</u> 100	<u>795</u> 100	<u>176666</u> 100

Примітка: сформовано авторами на основі джерела [3].

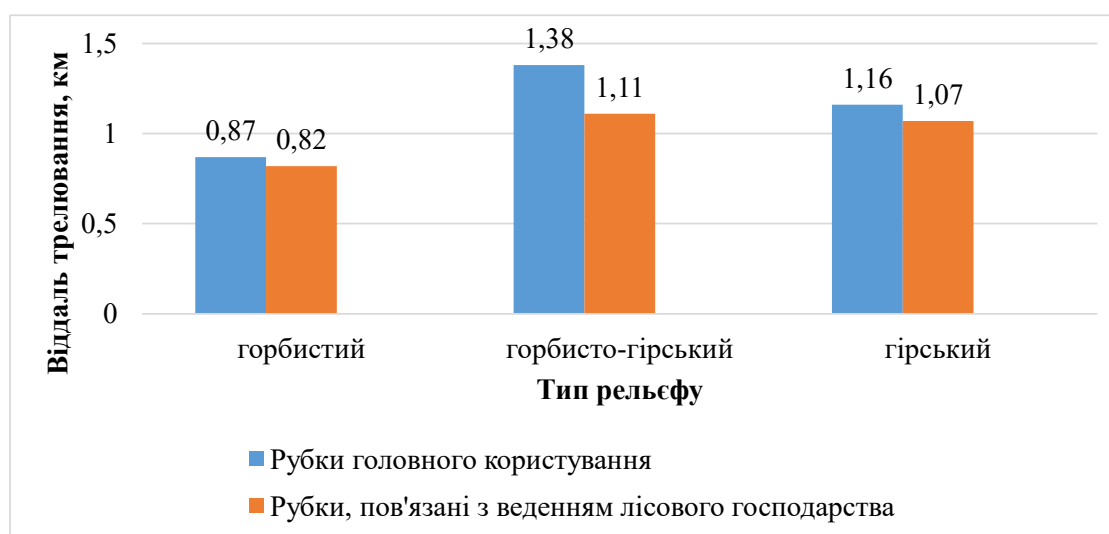


Рис. 2. Середні віддалі трелювання деревини в різних рельєфних умовах.

Примітка: сформовано авторами на основі джерела [3].

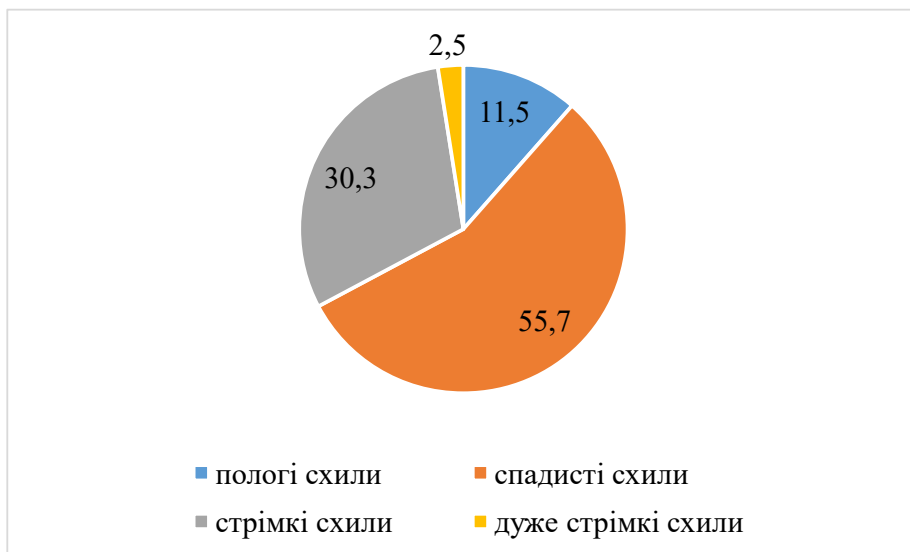


Рис. 3. Розподіл ділянок за умовами рельєфу, %.

Встановлено, що 55,7 % їх розташовано на спадистих (11–20°) схилах та 11,5 % – на пологих (до 10°) схилах, що не становить особливих проблем у виборі технології лісосічних робіт. На третині ділянок (30,3 %) рубки проводили у складних рельєфних умовах на стрімких і лише на 2,5 % від усіх ділянок – на дуже стрімких схилах.

Щодо експозицій, які суттєво впливають на лісовідновні процеси, спостерігається перевага ділянок, розташованих на північних схилах – 57,9 %. Аналіз застосовуваної на підприємстві техніки та технології лісозаготівлі проводили на основі інформації по лісових ділянках. Отримані результати подано в таблиці 2.

Наведені дані таблиці 2 вказують, що частка гусеничної техніки становить 53,7 %, а колісної – 12,7 %. Досить значний відсоток

(34,5 %) використання на підприємстві гужового транспорту.

Дослідження трелювання деревини гужовим транспортом розглянуто на прикладі філії «Верховинське ЛГ» ДСГП «Ліси України» (рис. 4).

Розподіл освоєних рубками ділянок різними типами механізмів представлено на рисунку 5, із якого видно, що на рубки головного користування припадає 88,7 %, які розробляли із використанням гусеничних тракторів та лише 10,7 % – колісними тракторами. Водночас, при РФіОЛ на половині ділянок (50,7 %) використовували гужовий транспорт, а гусеничними тракторами розроблено 36,7 % лісових ділянок.

Про розвиток лісотранспортної мережі на території підприємства певною мірою свідчать показники середньої віддалі трелювання деревини (рис. 6).

Таблиця 2 – Розподіл ділянок за типом застосовуваних засобів на трелюванні деревини

Вид рубки	Гусеничні трактори		Колісні трактори			Гужовий транспорт	Всього ділянок
	ТДТ-55	ТДТ-75	МТЗ-1221	МТЗ-82.1	ЛКТ-81		
РГК	$\frac{170}{86,7}$	$\frac{4}{2,0}$	$\frac{16}{8,7}$	$\frac{2}{1,0}$	$\frac{2}{1,0}$	$\frac{1}{0,6}$	$\frac{195}{100}$
РФіОЛ	$\frac{135}{36,2}$	$\frac{2}{0,5}$	$\frac{35}{8,7}$	$\frac{6}{1,3}$	$\frac{10}{2,6}$	$\frac{191}{50,7}$	$\frac{379}{100}$
Інші	$\frac{2}{18,2}$	-	-	-	-	$\frac{9}{81,8}$	$\frac{11}{100}$
Разом	$\frac{309}{52,7}$	$\frac{6}{1,0}$	$\frac{50}{8,5}$	$\frac{7}{2,2}$	$\frac{12}{2,0}$	$\frac{201}{34,5}$	$\frac{585}{100}$

Примітка: в чисельнику – кількість ділянок, освоєних певним видом техніки; в знаменнику – частка ділянок, %.



Рис. 4. Трелювання деревини кіньми в умовах філії «Верховинське лісове господарство» ДСГП «Ліси України» (фото Кімейчука І.В.).

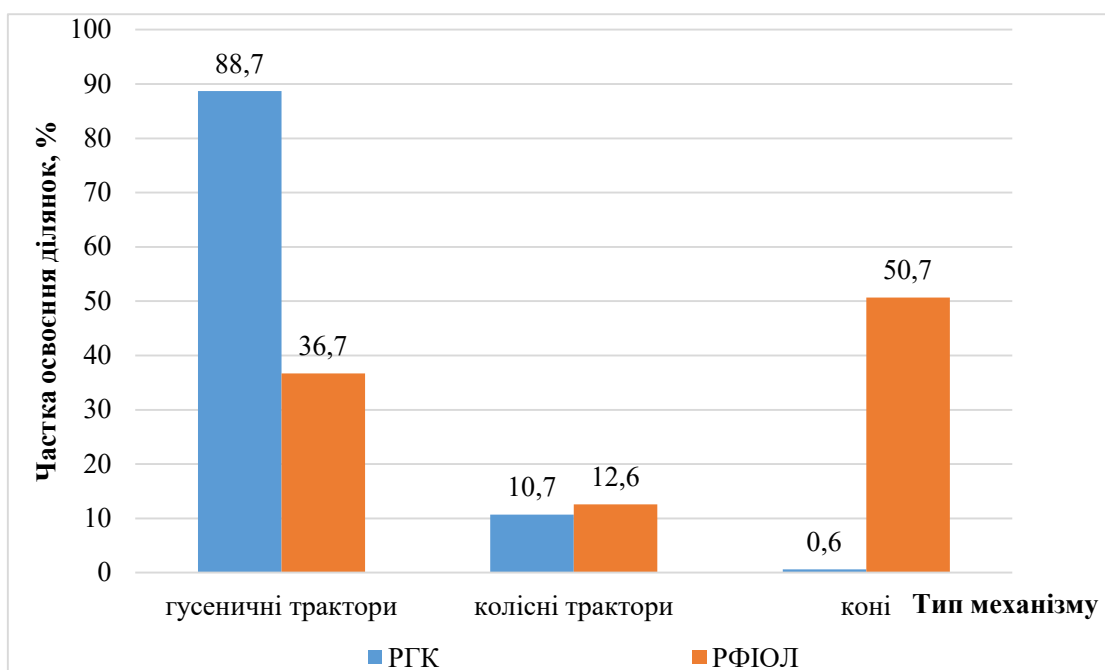


Рис. 5. Розподіл освоєних ділянок різними типами механізмів.

Подібний аналіз середніх віддалей трелювання здійснено і для гужового транспорту (рис. 7, 8). Встановлено, що на п'ятій частині ділянок, де проводили рубки, транспортування деревини кіньми здійснювали на віддаль до 50 м. Водночас відмічено значний відсоток ділянок (55,6 %), де гужовий транспорт використовували на віддалі 51–100 м. На 11,1 % об'єктів трелювання кіньми здійснювали на 201–300 м, що перевищувало рекомендовані умови застосування гужового транспорту.

У процесі гірської лісозаготівлі часто виникає потреба підтрелювання заготовленої

деревини до базового механізму. Як допоміжний засіб на підприємстві застосовували гужовий транспорт.

Наявність та розташування трелювальних волоків встановлювали за допомогою аналізу схем і техкарт. На рисунку 8 наведено інформацію щодо чисельності магістральних волоків на лісосіці.

Магістральні волоки використовують як для збору деревини у межах лісосіки, так і для її подальшого транспортування до навантажувальних пунктів. На основі аналізу схем техкарт РГК та РФіОЛ, встановлено розподіл

чисельності ділянок за часткою довжини магістральних волоків, що проходять по лісосіці, від їх загальної протяжності (рис. 9).

За аналізу трелювальних волоків магістральний волок заглиблювався на лісосіку лише до п'ятої частини своєї довжини. Водночас, лише на трьох лісосіках більше 40 % його протяжності знаходилося в межах лісосіки. Отже, здебільшого, магістральні волокни на підприємстві слугували для транспортування заготовленої деревини від лісосіки до навантажувальних пунктів. Віддалі трелювання була набагато більшою від рекомендованої для трелювальних тракторів (рис. 10).

На противагу використанню для трелювання деревини тракторів чи коней останнім

часом набуває все більшої актуальності застосування канатних установок, які навішують на трактори (рис. 11).

Для гірських лісових територій характерна лінійна форма водної ерозії, що пов'язано із значно мінералізованими ділянками, такими як трелювальні волокни і проїзди, а також навантажувальні пункти. Автомобільні проїзди та трелювальні волокни врізаються в схили, порушуючи ґрунтову поверхню, що спричиняє утворення значних обсягів ерозії та дренажу ґрунтового стоку. Особливо небезпечними є магістральні трелювальні волокни, які за низької густоти лісових автодоріг експлуатують тривалий час, і згодом перетворюються на лінійні виїмки (яри), до яких примикає мережа пасічних волоків [13].

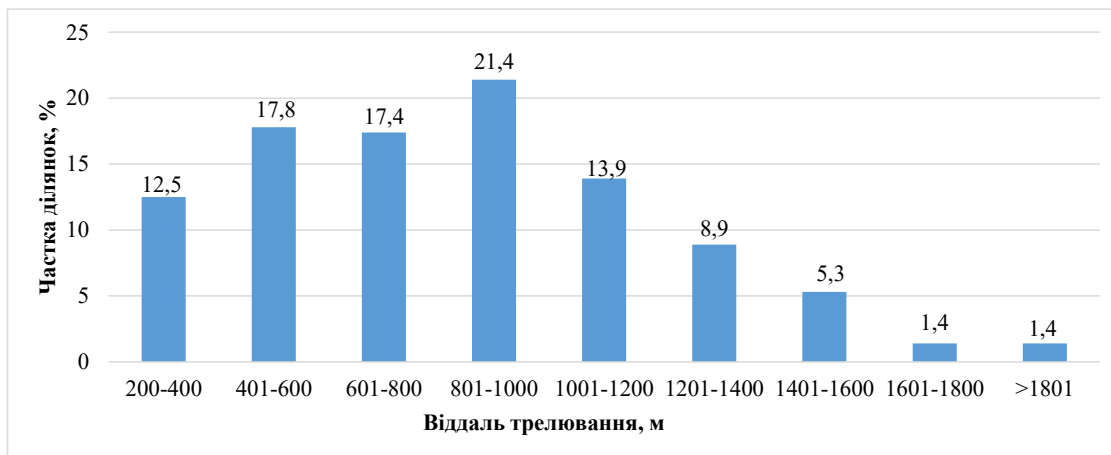


Рис. 6. Розподіл ділянок за середніми віддалями трелювання деревини тракторами.



Рис. 7. Розподіл ділянок за середніми віддалями трелювання деревини гужовим способом.

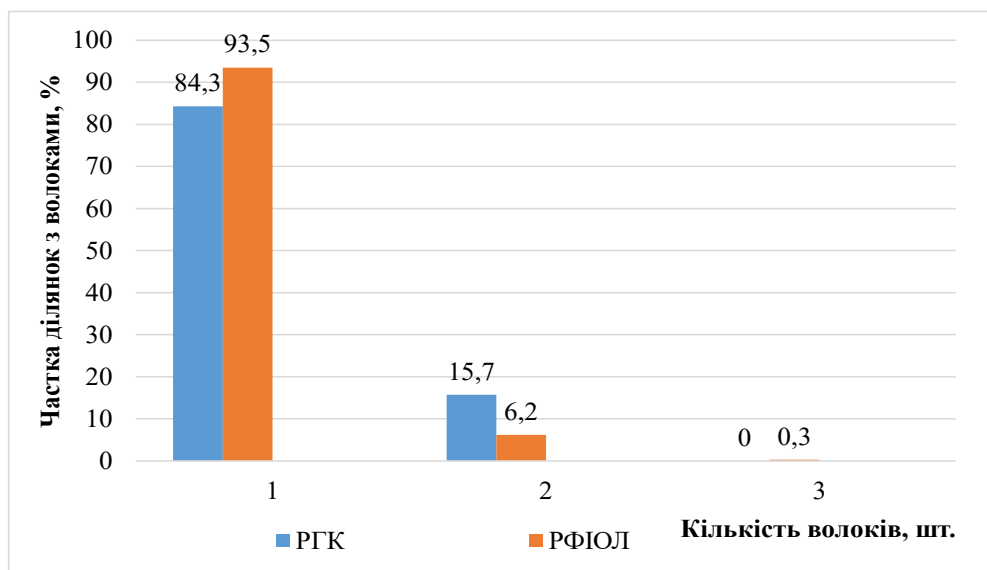


Рис. 8. Розподіл ділянок за кількістю магістральних волоків.

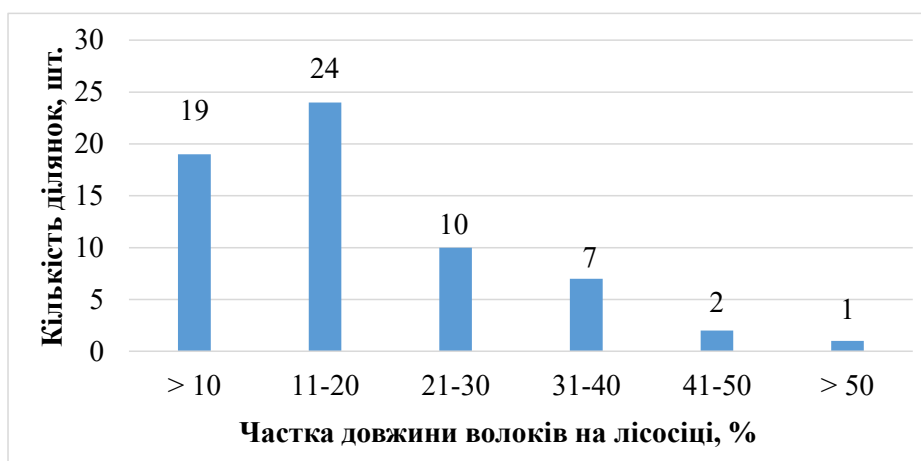


Рис. 9. Розподіл ділянок за часткою протяжності на них магістральних волоків.

Дослідження, проведені впродовж останніх 30–40 років свідчать, що на пошкодження ґрунту і об'єми експлуатаційної ерозії значною мірою впливають способи головних рубок, внутрішньолісосічна організація робіт, сезон лісозаготівель та способи трелювання [14, 15].

Результати обстежень лісосік і свіжих вирубок показали, що в умовах однакової технології лісозаготівель частка пошкодженої поверхні ґрунту за суцільних рубок у середньому в 1,2 рази більша, ніж за рівномірно-поступових рубок і в два рази більша порівняно із добровільно-вибірковими.

Зимове освоєння лісосік зменшує частку пошкодженої поверхні ґрунту в середньому у два рази порівняно із розробкою в безсніжний сезон року, а об'єм експлуатаційної ерозії відповідно в 1,5 рази [16]. Дослідження внутрішньолісосічної організації робіт на прикладі лісосік у буково-дубових лісах засвідчили, що під час пересування трелювального трактора по волоках із рідкими з'їздами на позаволокові ділянки ґрунту був пошкоджений на 17 % площі лісосіки, із частими – на 67 %, а за безсистемного пересування – на 87 %. Встановлено, що найменше пошкоджується ґрунт за підвісного трелю-

вання – канатними установками (пересічно на 6 % площі лісосіки), трохи більше – за напівпідвісного канатного трелювання з кінним підтрелюванням (11 %), значно сильніше – за тракторного трелювання (до 21 %) і найбільше – у разі зрідка застосовуваному напівпідвісному спуску деревини із тракторним підтрелюванням (майже до 40 %) [4, 17]. Ступінь порушення ґрунтового покриву передусім залежить від двох основних способів трелювання – тракторного і канатного, на тлі яких вплив інших чинників значно нівелюється.

Основним проявом негативного впливу трелювальних волоків на лісове середовище є порушення ґрунтового покриву за їх підготовки та в процесі трелювання по них деревини. Загалом, на волоки припадає від 50 до 70 % від загального обсягу лісоексплуатаційної ерозії, що проявляється під час лісосічних робіт. Значна насиченість площі волоками призводить до збільшення обсягу ерозійних процесів, прояви яких спостерігаються тривалий час (рис. 12). Оптимальною вважається розгалуженість волоків у межах до 150 м пог./га.



Рис. 10. Загальний вигляд тракторних волоків:
А – в умовах філії «Осмолодське лісове господарство»;
Б – в умовах філії «Верховинське лісове господарство» ДП «Ліси України»
(фото Ткачук О.М., Кімейчука І.В.).



Рис. 11. Використання повітряно-трелювальної канатної установки фірми «Тайфун» для переміщення лісопродукції в умовах філії «Вигодське лісове господарство» ДП «Ліси України» (фото Ткачук О.М.).

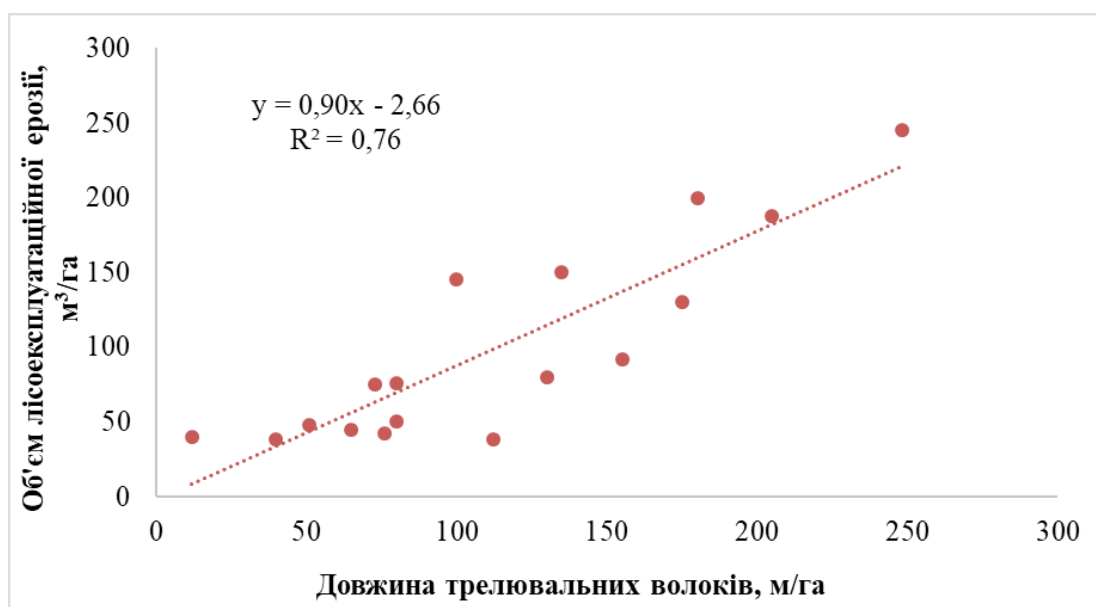


Рис. 12. Залежність обсягів лісоексплуатаційної ерозії (м³/га) від довжини волоків (м/га).

Із розгалуженістю тісно пов'язаний показник частки площі, яку займають волокни на певній ділянці. Вона може становити від 4–6 до 10–30 % площі лісосіки. Для зменшення лісоексплуатаційної ерозії рекомендується обмежувати площу, зайняту волоками, до менш ніж 15 % від загальної площі ділянки, враховуючи навантажувальні майданчики. За умови раціонально сформованої мережі трелювальних волоків спостерігаються значно менші обсяги пошкоджень лісових ґрунтів, у порівнянні із їх безсистемним прокладанням та без врахування експлуатаційних можливостей трелювальної техніки [18].

Наведене вище свідчить про те, що для всіх дослідних ділянок характерним є значні віддалі трелювання, які суттєво перевищують оптимальні значення. Другим негативним явищем є досить значна густина пасічних трелювальних волоків різного порядку. Зокрема наявна значна кількість таких волоків, віддалі між якими становить менше 20 м, а інколи і 11–13 м, що не є необхідним для застосування трелювальних тракторів, оснащених технологічним устаткуванням із трелювальними лебідками.

Основним чинником, який спричиняє негативний вплив на лісове середовище під час проведення лісосічних робіт є первинне транспортування деревини, яке в регіоні Українських Карпат в переважній більшості (понад 90 %) здійснюють наземним способом. Для його проведення використовують гусеничні та колісні трактори, гужовий транспорт, для яких необхідне влаштування трелювальних волоків, а рух трелювальних засобів, що тягнуть за собою пакет круглих лісоматеріалів (стовбури чи колоди) призводить до того, що технологічний процес збору деревини на лісосіці та подальше її транспортування до верхнього складу чи навантажувального пункту, здебільшого, справляють значно більший вплив на лісовий біоценоз, ніж безпосередньо спосіб рубки. Трелювання деревини в межах лісосіки призводить до:

– пошкодження природного поновлення, що сформувалося до рубки, порушення а в ряді випадків і знесення на окремих ділянках лісової підстилки та пошкодження частини ґрунту, зокрема внаслідок його змиву;

– привнесення в природне середовище залишків палива та продуктів його згорання під час трелювання деревини;

– перетворення поверхні лісових ділянок внаслідок улаштування трелювальних волоків, які також є основними осередками концентрації поверхневих вод на лісосіках та місцями проявів ерозійних процесів [16].

Експериментальні дослідження з вивчення впливу наземного (гусеничні, колісні трактори і гужовий транспорт) та підвісного (канатні установки) трелювання на лісове середовище (деревостан, підріст і ґрунт) проводили на підібраних дослідно-виробничих ділянках в різних природно-кліматичних умовах регіону Карпат, у зоні хвойних та букових лісів.

Вивчення впливу рубки на деревостан проводили на лісосіках після її завершення. Пробні площі розмірами 100×100 м (або дві 50×500 м) закладали з таким розрахунком, щоб було охоплено не менше 200 дерев основного намету лісу [19]. В основу методичного підходу з визначення стану дерев було покладено методика, що враховувала різні категорії пошкоджень [20].

Облік дерев на пробній площі проводили з їх розподілом за породами, діаметром та ступенем пошкодження.

За станом виділяли три групи дерев. До першої групи належали непошкоджені дерева. До другої групи – дерева з пошкодження-

ми, які не зумовлюють припинення їх росту. Вона включала наступні категорії:

2а – дерева з обшморгнутою кроною менше 1/2 її протяжності;

2б – дерева з обдертою корою до 30 % по окружності стовбура;

2в – дерева з обдертими і обламаними скелетними коренями до 1/2 окружності стовбура;

2г – дерева, що мають нахил до 30° без відриву коренів;

2д – дерева з обламанною вершиною.

До третьої групи належали дерева із сильними травмами, тобто пошкоджені до ступеня припинення росту. Сюди віднесені наступні категорії:

3а – дерева з обшморгнутою кроною більше половини її протяжності;

3б – дерева з обдертою корою більше 30 % по окружності стовбура;

3в – дерева з обдертими і обламаними скелетними коренями більше половини окружності стовбура;

3г – повалені дерева, або такі, що мають нахил більше 30°;

3д – дерева із зламанним стовбуром [21].

Для вивчення впливу технології на деревостан на окремих лісосіках, що освоювали канатними установками, визначали ступінь пошкодження дерев на різних віддальх (з інтервалом через 5 м) від траси канатної установки.

Дослідники, які вивчали питання впливу різних методів трелювання на порушення ґрунту в гірських лісах Північного Ірану порівнювали різні методи трелювання, такі як волоком і колісні системи, для оцінки їх впливу на ґрунтову ерозію й руйнування родючого шару. Зокрема виявили, що методи трелювання волоком спричиняють більше пошкодження ґрунту, особливо на перезволожених ділянках, у порівнянні з колісними системами, які краще працюють на сухих ґрунтах [22].

З огляду на зазначене вище, за розробки лісосік із застосуванням наземного трелювання важливим є раціональна організація технологічного процесу, правильний вибір напрямів трелювальних волоків, а також застосування сучасних тракторів з довгодистанційними трелювальними лебідками. З огляду на важливість транспортної інфраструктури в діяльності лісового господарства в «Стратегічному плані дій з впровадження Протоколу щодо збалансованого управління лісами», який прийнятий в межах Карпатської конвенції, передбачено виконання заходів з поліпшення лісотранспортної інфраструктури гірських

лісів, зокрема шляхів первинного транспортування деревини. Також, під час планування мережі трелювальних волоків для проведення лісосічних робіт слід враховувати вимоги міжнародних документів щодо збереження біологічного різноманіття лісових екосистем, зокрема їх складових, які мають природоохоронне значення (ключові об'єкти і біотопи). Крім того, має забезпечуватися виконання комплексу заходів, спрямованих як на мінімізацію і попередження виникнення кризових явищ в місцях проведення лісосічних робіт, так і на їх усунення ефективними та екологічно і економічно прийнятними методами [23, 24].

Висновки. В сучасних умовах, для яких характерні негативні тенденції кліматичних змін, надзвичайно загострюються глобальні екологічні проблеми, з якими пов'язана і лісозаготівля. Тому забезпечення стабільності, життєвості і раціонального використання багатофункціональності лісів, а також запровадження практичних заходів із зниження впливу лісосічних робіт на довкілля є важливим і актуальним завданням.

Лісокористування, зокрема в карпатському регіоні, має базуватись на застосуванні природоошадних технологій і систем лісових машин у поєднанні із заходами з попередження ерозійних процесів на гірських схилах та облаштуванням ефективною лісотранспортної мережі.

Рельєф Карпат значно впливає на вибір технологій лісозаготівлі через стрімкість схилів, що знижує продуктивність трелювальних тракторів і погіршує захисні функції ґрунту та водно-регулюючі властивості. Лісові дороги та трелювальні волоки стають основними джерелами ґрунтової ерозії, що забруднює лісові водоймища. Горбисто-гірський рельєф потребує трелювання на відстані 0,87 км по тракторних волоках, що значно перевищує оптимальні значення для гусеничних тракторів, особливо на стрімких схилах. Одним із чинників, які знижують віддалі трелювання, є неоптимальна дорожня інфраструктура в Українських Карпатах, менша у 2,5–4,0 рази в порівнянні з іншими європейськими країнами.

Проведений аналіз технологічних карт розроблення лісосік дає підставу стверджувати, що:

- на первинному транспортуванні деревини переважно застосовують гусеничні та колісні трелювальні трактори, частка яких, в середньому становить відповідно 44,6 і 39,4 %, а гужовий транспорт використовують,

здебільшого, на рубках формування і оздоровлення лісів;

- віддалі трелювання деревини значно перевищують рекомендовані значення для згаданих вище видів техніки;

- спостерігається подання в техкартах технологічних схем розробки лісосік в спрощеному вигляді без дотримання масштабу, утруднюючи у такий спосіб можливість встановлення достовірних даних про мережу трелювальних волоків, місця розташування і види природоохоронних заходів тощо;

- у переважній більшості техкарт, особливо останніх років, передбачено низку природоохоронних заходів, які умовно можна поділити на лісівничі, ґрунтозахисні та екологічні. Однак, спостерігається істотна відмінність в їх кількості і видах у різних лісових підприємствах;

- в техкартах не повною мірою відображено аспекти раціонального розташування трелювальних волоків на лісосіках, зокрема щодо гідрологічної мережі, що є основною метою мінімізації негативного впливу лісозаготівлі на лісове середовище;

- назріла необхідність внесення у техкарти відповідних позицій, які сприятимуть вдосконаленню порядку планування лісозаготівлі та контролю за її проведенням з урахуванням лісівничо-екологічних аспектів.

Дослідження із встановлення наявності та особливостей розташування трелювальних волоків на гірських схилах показали, що:

- процес планування мережі трелювальних волоків, більшою мірою, залежить від суб'єктивних чинників, ніж від рельєфно-гідрологічних умов, про що свідчить відсутність раціональних схем розташування трелювальних волоків на лісосіках;

- характерним є наявність значних відстаней трелювання деревини по магістральних волоках, які зазвичай, перевищують рекомендовані;

- спостерігається надзвичайно густа мережа пасічних волоків, для більшості з яких віддаль між ними становить до 60 м, за наявності непоодиноких випадків віддалі меншої ніж 20 м, що підтверджує неефективне використання технологічного обладнання застосовуваних трелювальних тракторів оснастки;

- за раціонального влаштування волоків, порівняно із безсистемним, відмічаються наступні переваги: в 1,7 рази зменшується протяжність магістральних волоків; в 6,1 рази зменшується кількість волоків, віддаль між якими становить до 20 м та в 1,6 рази – віддаль між якими від 20 до 40 м; у 2,9 рази

збільшується кількість волоків, віддалі між якими становить 41–60 м.

Для застосовуваних трелювальних тракторів наявна можливість забезпечення влаштування трелювальних волоків на віддалі 50–60 м між ними, яка може бути збільшена за використання більш сучасних тракторів.

У процесі оцінки мережі трелювальних волоків та під час проведення досліджень з цієї проблеми актуальним і доцільним є використання сучасних приладів, зокрема БПЛА, і можливостей ГІС та методів ДЗЗ, що дозволяє підвищити оперативність отримання інформації, якість наукових досліджень та ефективність управлінських рішень.

На виникнення ерозії ґрунту впливають різні способи технології лісосічних робіт. За освоєння лісосік тракторами площа пошкодженого ґрунту майже в два рази більша, ніж за використання канатних установок, а об'єм лісоексплуатаційної ерозії відповідно більший у сім разів. Це зумовлюється наявністю волоків, які є невід'ємним елементом тракторного трелювання. Відновлення фізичних та інфільтраційних властивостей ґрунту, порушених лісоексплуатаційними роботами, 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 в погіршеному стані.

Враховуючи надзвичайну актуальність вирішення проблеми екологізації лісокористування і зниження обсягів ерозійних процесів за проведення лісосічних робіт доцільним є продовження наукових досліджень щодо акцентування уваги на розробці та запровадженні практичних заходів із запобігання розвитку ерозійних процесів в гірських лісах.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Гуменюк Ю.В. Сучасні технології та технологічні процеси гірської лісозаготівлі. Сучасні виклики і актуальні проблеми лісівничої освіти, науки та виробництва: матеріали I Міжнарод. наук.-практ. інтернет-конф. Біла Церква, 2021. С. 169–172.
2. Ткачук О.М., Кириленко Я.О. Лісоексплуатаційна ерозія ґрунту при трелюванні деревини у гірських лісах Українських Карпат. Сучасний стан, проблеми і перспективи лісівничої освіти, науки та виробництва: матеріали IV Міжнарод. наук.-практ. інтернет-конф. Біла Церква, 2024. С. 48–53.
3. Кудра В.С. Особливості вибору технології лісозаготівлі при гірському рельєфі. Сучасні

виклики і актуальні проблеми лісівничої освіти, науки та виробництва: матеріали I Міжнарод. наук.-практ. інтернет-конф. Біла Церква, 2021. С. 174–177.

4. Олійник В.С., Ткачук О.М. Зміни ґрунтозахисних властивостей лісів Передкарпаття під впливом вибіркових і суцільних рубань. Науковий вісник НЛТУ України. Вип. 26.1. 2016. С. 8–16.

5. Вітер Р.М. Вплив гусеничних трелювальних тракторів на стан підросту в гірських лісах Українських Карпат. Науковий вісник НЛТУ України: збірник науково-технічних праць. Львів: РВВ НЛТУ України. 2017. Вип. 27(1). С. 22–24.

6. Олійник В.С., Вітер Р.М. Ґрунтозахисна роль лісу на водозборах Карпат. Наукові праці Лісівничої академії наук України. 2017. Вип. 15. С. 27–32.

7. Шкіря Т.М. Технологія і машини лісосічних робіт. Львів: УкрДЛТУ, «Тріада плюс», 2003. 352 с.

8. Шкіря Т.М., Кий В.В., Сойма І.В., Цимбалюк Ю.І. Щодо екологічно невиснажливих засобів трелювання лісоматеріалів в гірській місцевості. Лісове господарство, лісова, паперова і деревообробна промисловість: міжвід. наук.-техн. зб. Львів: УкрДЛТУ, 1999. Вип. 26. С. 58–62.

9. Кий А.В., Адамовський М.Г. Проблеми тракторного трелювання деревини у гірських умовах. Науковий вісник: збірник науково-технічних праць. Секція «Лісоексплуатація». Національний лісотехнічний університет України. 2006. Вип. 16.6. С. 69–73.

10. Коржов В.Л., Кудра В.С., Кокоць С.Ю. Лісівничо-екологічна ефективність використання мобільної канатної установки LARIX-3T. Науковий вісник НЛТУ України: зб. наук.-техн. праць. Львів: РВВ НЛТУ України, 2014. Вип. 24.8. С. 174–181.

11. Рекомендації з удосконалення технології лісозаготівлі при різних способах рубок в гірських лісах Українських Карпат / В.Л. Коржов та ін. Івано-Франківськ: Просвіта, 2017. 52 с.

12. Правила рубок головного користування в гірських лісах Карпат: затверджено постановою Кабінету Міністрів України від 22 жовтня 2008 р. № 929. 12 с.

13. Коржов В.Л. Особливості гідрологічної ролі гірських лісових територій у разі виникнення паводків. Науковий вісник НЛТУ України. Збірник науково-технічних праць. Національний лісотехнічний університет України. 2015. Вип. 25.3. С. 9–17.

14. Коржов В.Л. Дати оцінку впливу на лісове середовище систем машин і механізмів при рубках головного користування в лісах Карпат: звіт про НДР (остаточний) № держреєстрації 0105U4007526. Івано-Франківськ, УкрНДДГірлік, 2009. 247 с.

15. Bybluk N., Styranivsky O., Korzhov V., Kudra V. Timber harvesting in the Carpathians: ecological problems and methods to solve them. Journal of forest science. 2010. No 56 (7). P. 333–340.

16. Олійник В.С. Гідрологічна роль лісів Українських Карпат: монографія. Івано-Франківськ: НАІР, 2013. 232 с.

17. Библюк Н.І. Лісотранспорт в Українських Карпатах: головні етапи і тенденції розвитку. Наук. вісник УкрДЛТУ: Лісова інженерія: техніка, технологія і доквілля. Львів: УкрДЛТУ, 2004. Вип. 14.3. С. 183–194.

18. Коржов В.Л., Кудра В.С. Лісівничо-екологічні аспекти роботи агрегатних машин на гірській лісозаготівлі в Українських Карпатах. Наукові праці Лісівничої академії наук України. 2012. Вип. 10. С. 242–247.

19. Олійник В.С. Класифікація пошкоджень ґрунту під час лісозаготівель в Карпатах. Науковий вісник Чернівецького університету. 1998. С. 13–20.

20. Методичні підходи до удосконалення технології гірської лісозаготівлі з урахуванням екологічних вимог / Н. Библюк та ін. Науковий вісник Національного аграрного університету. Київ: НАУ, 2002. Вип. 54. С. 128–137.

21. Визначення оптимального кута прикладання тягового зусилля трелювального засобу «Крокуючі сани» / Б.О. Магура та ін. Вісник ХНАДУ. 2023. Вип. 101. Т. 2. С. 121–128.

22. Магура Б.О., Кий В.В. Патент на корисну модель UA 109011, МПК В60Р 3/41 (2006.01), В62D 63/08 (2006.01). Малогабаритний трелювальний засіб «Крокуючі сани». Заявник і власник патенту Національний лісотехнічний університет України. № u 2016 00976; заявл. 08.02.2016; опубл. 10.08.2016. Бюл. № 15.

23. Ramin Naghdi, Ahmad Solgi, Eric K. Zenner. Soil disturbance caused by different skidding methods in mountainous forests of Northern Iran. *International Journal of Forest Engineering*. 2015. 26(3). P. 212–224. DOI: 10.1080/14942119.2015.1099814.

24. Механізація і транспортування лісу: інноваційні підходи у лісоексплуатації та лісогосподарських роботах / О.С. Ситник та ін. Агробіологія. 2024. № 1. С. 153–159. DOI: 10.33245/2310-9270-2024-187-1-153-159.

REFERENCES

1. Humeniuk, Yu.V. (2021). Suchasni tekhnologii ta tekhnolohichni protsesy hirs'koi lisozahotivli [Modern technologies and technological processes of mountain logging]. *Suchasni vyklyky i aktualni problemy lisivnychoi osvity, nauky ta vyrobnytstva: materialy I Mizhnar. nauk.-prakt. internet-konf.* [Modern challenges and actual problems of forestry education, science and production: materials of the 1st International. science and practice Internet conf.]. Bila Tserkva, pp. 169–172.

2. Tkachuk, O.M., Kyrylenko, Ya.O. (2024). Lisoekspluatatsiina eroziia ґрунту pry treliuvanni derevyny u hirs'kykh lisakh Ukrainy Karpat [Forest exploitation soil erosion during timber trawling in the mountain forests of the Ukrainian Carpathians]. *Suchasnyi stan, problemy i perspektyvy lisivnychoi osvity, nauky ta vyrobnytstva: materialy IV Mizhnar.*

nauk.-prakt. internet-konf. [The current state, problems and prospects of forestry education, science and production: materials of the IV International. science and practice Internet conf.]. Bila Tserkva, pp. 48–53.

3. Kudra, V.S. (2021). Osoblyvosti vyboru tekhnolohii lisozahotivli pry hirs'komu reliefi [Peculiarities of the choice of logging technology in mountainous terrain]. *Suchasni vyklyky i aktualni problemy lisivnychoi osvity, nauky ta vyrobnytstva: materialy I Mizhnar. nauk.-prakt. internet-konf.* [Modern challenges and actual problems of forestry education, science and production: materials of the 1st International. science and practice Internet Conf.]. Bila Tserkva, pp. 174–177.

4. Oliinyk, V.S., Tkachuk, O.M. (2016). Zminy ґruntozakhysnykh vlastyvosti lisiv Peredkarpattia pid vplyvom vybirkovykh i sutislnykh ruban [Changes in the soil protective properties of Precarpathian forests under the influence of selective and continuous felling]. *Naukovyj visnyk NLTU Ukraïny* [Scientific bulletin of UNFU]. Vol. 26.1, pp. 8–16.

5. Viter, R.M. (2017). Vplyv husenychnykh treliuvalnykh traktoriv na stan pidrostu v hirs'kykh lisakh Ukrainy Karpat [The influence of crawler tractors on the state of undergrowth in the mountain forests of the Ukrainian Carpathians]. *Naukovyj visnyk NLTU Ukraïny: zbirnyk naukovo-tehnichnykh prac'* [Scientific bulletin of UNFU: collection of scientific and technical works]. Lviv, RVV NLTU of Ukraine, Vol. 27(1), pp. 22–24.

6. Oliinyk, V.S., Viter, R.M. (2017). ґruntozakhysna rol lisu na vodozborakh Karpat [The soil protection role of forests in the catchments of the Carpathians]. *Naukovi prac'i Lisivnychoi akademii nauk Ukraïny* [Scientific works of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine]. Vol. 15, pp. 27–32.

7. Shkiriya, T.M. (2003). Tekhnolohiia i mashyny lisosichnykh robit [Logging technology and machines]. Lviv, UkrDLTU, Triada plus, 352 p.

8. Shkiriya, T.M., Kyi, V.V., Soima, I.V., Tsybaliuk, Yu.I. (1999). Shchodo ekolohichno nevysnazhlyvykh zasobiv treliuvannya lisomaterialiv v hirs'kii mistsevosti [Regarding ecologically inexhaustible means of trawling timber in mountainous terrain]. *Lisove hospodarstvo, lisova, paperova i derevoobrobna promyslovist: mizhvid. nauk.-tekhn. zb.* [Forestry, forest, paper, and woodworking industry: interdepartment science and technology coll.]. Lviv, UkrDLTU, Vol. 26, pp. 58–62.

9. Kyi, A.V., Adamovskyi, M.H. (2006). Problemy traktornoho treliuvannya derevyny u hirs'kykh umovakh [Problems of tractor trawling of wood in mountainous conditions]. *Naukovyi visnyk. Zbirnyk naukovo-tehnichnykh prats. Sektsiia «Lisoekspluatatsiia»* [Scientific Bulletin. Collection of scientific and technical works. Section "Forestry exploitation"]. *Natsionalnyi lisotekhnichniy universytet Ukrainy* [National Forestry University of Ukraine]. Vol. 16.6, pp. 69–73.

10. Korzhov, V.L., Kudra, V.S., Kokots, S.Iu. (2014). Lisivnycho-ekolohichna efektyvnist vykorystannya mobilnoi kanatnoi ustanovky LARIX-3T

- [Forestry and environmental efficiency of using the LARIX-3T mobile rope installation]. *Naukovyi visnyk NLTU Ukrainy: zb. nauk.-tekh. prats* [Scientific bulletin of NLTU of Ukraine: coll. science and technology works]. Lviv, RVV NLTU Ukrainy, Vol. 24.8, pp. 174–181.
11. Korzhov, V.L., Kudra, V.S., Kuzyk, P.M., Tymchuk, B.I., Kokots, S.Iu., Pukman, V.V., Styranivskiy, Yu.O. (2017). Rekomendatsii z udoskonalennia tekhnolohii lisozahotivli pry riznykh sposobakh rubok v hirskykh lisakh Ukrainy Karpats [Recommendations for improving logging technology with different methods of felling in the mountain forests of the Ukrainian Carpathians]. Ivano-Frankivsk, Prosvita, 52 p.
12. Rules for main-use felling in the Carpathian mountain forests. Approved by the resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine dated October 22. 2008. no. 929, 12 p.
13. Korzhov, V.L. (2015). Osoblyvosti hidrohichnoi roli hirskykh lisovykh terytorii u razi vynyknennia pavodkiv [Peculiarities of the hydrological role of mountain forest areas in case of floods]. *Naukovyi visnyk NLTU Ukrainy. Zbirnyk nauko-vo-tekhnichnykh prats* [Scientific bulletin of NLTU of Ukraine. Collection of scientific and technical works]. Natsionalnyi lisotekhnichnyi universytet Ukrainy [National Forestry University of Ukraine]. Vol. 25.3, pp. 9–17.
14. Korzhov, V.L. (2009). Daty otsinku vplyvu na lisove seredovyshehe system mashyn i mekhanizmiv pry rubkakh holovnoho korystuvannia v lisakh Karpats: zvit pro NDR (ostatochnyi) № derzhreistratsii 0105U4007526 [To assess the impact on the forest environment of systems of machines and mechanisms during felling of main use in the forests of the Carpathians: report on the GDR (final) state registration number 0105U4007526]. Ivano-Frankivsk, UkrNDI-hirlis, 247 p.
15. Bybliuk, N., Styranivsky, O., Korzhov, V., Kudra, V. (2010). Timber harvesting in the Carpathians: ecological problems and methods to solve them. *Journal of forest science*. no. 56 (7), pp. 333–340.
16. Oliinyk, V.S. (2013). Hidrohichna rol lisiv Ukrainy Karpats: monohrafiia [Hydrological role of the forests of the Ukrainian Carpathians]. Ivano-Frankivsk, NAIR, 232 p.
17. Bybliuk, N.I. (2004). Lisotransport v Ukrainy Karpatakh: holovni etapy i tendentsii rozvytku [Forest transport in the Ukrainian Carpathians: main stages and development trends]. *Nauk. visnyk UkrDLTU: Lisova inzheneriia: tekhnika, tekhnolohiia i dokillia* [Sciences Herald of UkrDLTU: Forest engineering: technique, technology and environment]. Lviv, UkrDLTU, Vol. 14.3, pp. 183–194.
18. Korzhov, V.L., Kudra V.S. (2012). Lisivnycho-ekolohichni aspekty roboty ahrehatnykh mashyn na hirskaa lisozahotivli v Ukrainy Karpatakh [Forestry and ecological aspects of the operation of aggregate machines in mountain logging in the Ukrainian Carpathians]. *Naukovi pratsi Lisivnychoi akademii nauk Ukrainy* [Scientific works of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine]. Vol. 10, pp. 242–247.
19. Oliinyk, V.S. (1998). Klasyfikatsiia poskodzhen gruntu pid chas lisozahotivel v Karpatakh [Classification of soil damage during logging in the Carpathians]. *Naukovyi visnyk Chernivetskoho universytetu* [Scientific Bulletin of Chernivtsi University]. Vol. 1, pp. 13–20.
20. Bybliuk, N., Styranivskiy, O., Bybliuk, M., Boiko, M., Shchupak, A. (2002). Metodychni pidkhody do udoskonalennia tekhnolohii hirskaa lisozahotivli z urakhuvanniam ekolohichnykh vymoh [Methodical approaches to improving the technology of mountain logging taking into account ecological requirements]. *Naukovyi visnyk Natsionalnoho ahrarnoho universytetu* [Scientific Bulletin of the National Agrarian University]. Kyiv, NAU, Vol. 54, pp. 128–137.
21. Mahura, B.O., Bakai, B.Ia., Bilous, O.V., Karatnyk, I.R., Kyi, V.V. (2023). Vyznachennia optymalnoho kuta prykladannia tiahovoho zusyillia trelivvalnoho zasobu «Krokuiuchi sany» [Determination of the optimal angle of application of the traction force of the traction device "Walking sled"]. *Visnyk KhNADU* [Herald of the KhNADU]. Vol. 101(2), pp. 121–128.
22. Mahura, B.O., Kiy, V.V. Utility model patent UA 109011, IPC B60P 3/41(2006.01), B62D 63/08 (2006.01). Small-sized skidding device "Walking sledge" the applicant and the owner of the patent is the National Forestry University of Ukraine, no. u 2016 00976, statement 08.02.2016; published 10.08.2016. Bull. no. 15.
23. Ramin, Naghdi, Ahmad, Solgi, Eric, K. Zenner. (2015). Soil disturbance caused by different skidding methods in mountainous forests of Northern Iran. *International Journal of Forest Engineering*. Vol. 26(3), pp. 212–224. DOI: 10.1080/14942119.2015.1099814.
24. Sytnyk, O.S., Khryk, V.M., Kimeichuk, I.V., Levandovska, S.M., Masalskyi, V.P., Lozinska, T.P., Penkova, S.V. (2024). Mekhanizatsiia i transportuvannia lisu: innovatsiini pidkhody u lisoekspluatatsii ta lisohospodarskykh robotakh [Forest mechanization and transportation: innovative approaches in forest exploitation and forestry work]. *Ahrobiolohiia* [Agrobiology]. no. 1, pp. 153–159. DOI: 10.33245/2310-9270-2024-187-1-153-159.

Impact of forest exploitation on soil stability in the Ukrainian Carpathians and ways to improve it
Kimeichuk I., Tkachuk O., Sitnik O.

Evaluation of erosion processes occurring during logging is of great importance for a balanced approach to the use of natural resources and forest ecosystems preservation.

The article evaluates erosion processes during logging in the Ukrainian Carpathians. The influence of mountain topography on the risks of erosion and pollution of water streams due to the high steepness of the slopes and the need for specialized equipment for logging operations was analyzed. The need for

measures to minimize the impact of logging on the natural environment of mountain regions has been substantiated.

The study examines the influence of the hilly and mountainous terrain on the logging activities of the «Putyl Forestry», «Verkhovyna Forestry», «Osmolod Forestry» and «Chernivtsi Forestry» branches. It has been found that more than half of timber harvesting is carried out by tractor skidding. Average skidding distances significantly exceed the optimal values for transport, which complicates the process of exploitation of forest resources and increases their cost. The study shows that the company mainly uses tracked equipment for timber skidding (53.8%), wheeled equipment (11.8%) and horse-drawn transport (34.4%) to a lesser extent. The distribution of developed forest areas indicates the dominance of tracked tractors (88.7%) in final felling, and horse-drawn transport (50.7%) in forest formation and improvement fellings. The data on average distances indicate the high efficiency of tracked tractors and the use of horse-drawn transport at distances exceed-

ing the optimal values in mountainous terrain. The data show that in most areas the distance between horses skidding and a tractor does not exceed 60 meters. The length of skidding trails in the logging areas varies depending on their area, where the main skidding roads are used to transport timber to loading points.

The practical significance of the research includes requirements implementation of the «Framework Convention on Protection and Sustainable Development of the Carpathians» and the «Strategic Action Plan for the Implementation of the Protocol on Sustainable Forest Management». The introduction of modern ecological methods of preventing erosion processes on mountain slopes will contribute to greening of logging in the region and will have a significant positive effect in terms of nature conservation.

Key words: wood logging, timber transportation, tractor skidding, felling volume, mountain logging technology, slope steepness, average skidding distance, terrain, loading facilities.



Copyright: Кімейчук І.В., Ткачук О.М., Ситник О.С. © This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.



ORCID iD:

Кімейчук І.В.

Ткачук О.М.

Ситник О.С.

<https://orcid.org/0000-0002-9100-1206>

<https://orcid.org/0000-0002-7569-0523>

<https://orcid.org/0009-0002-2637-1849>