

Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника

Факультет природничих наук

Кафедра лісового і аграрного менеджменту

ДИПЛОМНА РОБОТА

на здобуття другого (магістерського) рівня вищої освіти

на тему «**Особливості розташування трелювальних волоків на гірських
схилах Сколівських Бескид**»

Виконав: студент 2 курсу, групи ЛГ-21м

спеціальності 205 «Лісове господарство»
(шифр і назва спеціальності)

Чакір О.В.
(прізвище та ініціали студента)

Керівник: кандидат техн. наук, с.н.с.

Коржов В.Л.
науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)
Рецензент: кандидат біолог. наук, доцент

Клід В.В.
(науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

Івано-Франківськ – 2023 р.

АНОТАЦІЯ

Дипломна робота на здобуття другого (магістерського) рівня викладена на 59 сторінках машинописного тексту і містить в собі вступ, 5 розділів, висновки, список використаних джерел та 1 додаток, які включають 4 таблиці і 14 рисунків.

В процесі виконання магістерської роботи проведені польові і аналітичні дослідження, під час яких використані випробувані методики, наявні практичні рекомендації і положення та чинні в лісовій галузі нормативні документи. В результаті вивчено світовий досвід вирішення проблеми екологізації лісозаготівлі робіт, встановлені особливості розташування трелювальних волоків на гірських схилах в регіоні Сколівських Бескид та показники впливу тракторного трелювання лісоматеріалів на ґрунтову поверхню. Основним результатом є підготовка пропозицій по застосуванню лісівничо-екологічних вимог в практичній діяльності лісових підприємств при здійсненні первинного транспортування деревини під час лісосічних робіт.

Ключові слова: гірська лісозаготівля, регіон Сколівських Бескид, первинне транспортування деревини, трелювальні волоки, ґрунтова поверхня, порушення, ерозійні процеси

ЗМІСТ

Вступ.....	4
1. Методи і способи попередження ерозійних процесів при лісозаготівлі	6
1.1 Важливість трелювальних волоків в забезпеченні лісогосподарської діяльності	6
1.2 Практичні методи з контролю та попередження ерозійних процесів	8
1.3 Методи укріплення поверхні трелювальних волоків	13
1.4 Узагальнення аналізу літературних джерел	18
2.Методика досліджень.....	21
3. Природно-виробничі умови території досліджень	23
3.1 Загальна інформація про підприємство розташування дослідного об'єкту	23
3.2 Природно-кліматичні умови	27
3.3 Особливості лісозаготівельного процесу.....	29
4. Дослідження мережі трелювальних волоків на гірському водозборі	33
4.1. Характеристика дослідної ділянки	33
4.2. Показники протяжності трелювальних волоків	37
4.3. Обсяги порушення ґрунту на трелювальних волоках	41
5. Основні лісівничо-екологічні вимоги до первинного транспортування деревини	45
Висновки	50
Список використаних джерел.....	52
Додаток А. Основні показники трелювальних волоків на дослідному об'єкті	58

ВСТУП

Актуальність теми. На теперішньому етапі розвитку світової спільноти до ведення лісового господарства розглядаються через призму багатофункціонального значення лісів із забезпеченням стабільності, якості і розмаїтості деревостанів у поєднанні з щорічними доходами і можливостями зайнятості місцевого населення. Різноманітні функції, які притаманні лісам (економічні, екологічні, соціальні, культурні та естетичні), сприяють добробуту місцевих громад. На часі є запровадження принципів, що визначають обов'язки населення планети Земля щодо збереження спільного навколишнього середовища та забезпечення права на соціально-економічний розвиток [1, 2]. Наразі в Європі прийнята нова стратегія зростання, яка прагне перетворити ЄС в справедливе і процвітаюче суспільство, покращуючи якість життя нинішнього і майбутнього поколінь з сучасною, ресурсоефективною і конкурентоспроможною економікою. Тому, основним завданням є запровадження сталого управління лісовим господарством на інноваційних підходах, завдяки чому можна забезпечити стійкість гірських екосистем. Це передбачено Карпатською конвенцією, активним учасником якої виступає наша держава [3,4].

Зважаючи на те, що в сучасних умовах надзвичайно загострюються глобальні екологічні проблеми, до яких причетна і лісозаготівля, виникає потреба у підвищенні вимог до її лісівничо-екологічної ефективності. При цьому наголошується питання про безумовний перехід лісового господарства, особливо лісозаготівлі, на засади природозбереження. Оскільки основою лісозаготівельного процесу в регіоні Українських Карпат є надалі наземне транспортування деревини із гірських схилів, то ключова роль при цьому належить шляхам первинного транспортування деревини. Дотримання вимог лісівничо-екологічної ефективності первинного

транспортування деревини в гірських умовах можна досягнути шляхом вдосконалення мережі трелювальних волоків, які є основним джерелом виникнення ерозії та негативних змін стоку води [5,6].

Об'єкт дослідження – лісосічні роботи із застосуванням наземного трелювання лісоматеріалів лісовими тракторами.

Мета роботи – встановлення особливостей розташування трелювальних волоків на гірських схилах та показників впливу тракторного трелювання лісоматеріалів на ґрунтову поверхню.

Метод досліджень – аналітичні і польові дослідження пошкоджень ґрунтової поверхні процесі лісосічних робіт із застосуванням наземного трелювання круглих лісоматеріалів спеціальними лісовими тракторами, опрацювання отриманих даних і проведення їх аналізу.

В процесі підготовки магістерської роботи проведені дослідження із встановлення особливостей розташування і параметрів трелювальних волоків на гірських схилах в умовах Сколівських Бескид та підготовлені лісівничо-екологічні вимоги до організації первинного транспортування деревини, які можуть бути використані при проведенні лісосічних робіт у філії «Славське лісове господарство».

1 МЕТОДИ І СПОСОБИ ПОПЕРЕДЖЕННЯ ЕРОЗІЙНИХ ПРОЦЕСІВ ПРИ ЛІСОЗАГОТІВЛІ

1.1 Важливість трелювальних волоків в забезпеченні лісогосподарської діяльності

1.1.1 Інтенсивні лісозаготівлі, які проводяться із залученням потужної техніки викликають тривалий негативний вплив на лісові ґрунти. Аналіз проблем негативного техногенного впливу машин на лісове середовище у процесі проведення рубок дозволяє виявити основні групи факторів, що визначають ступінь такого впливу: природно-кліматичні, організаційні, технологічні та конструктивні. Група природно-кліматичних факторів обумовлена природою і практично не піддається управлінню. Сюди відносяться кліматичні чинники (період року, температура повітря, кількість опадів та вологість ґрунту), параметри деревостану (розміри дерев, їх вік та розташування по площі), рельєф місцевості і ґрунтові умови. Всі ці фактори не піддаються регулюванню, однак їх необхідно обов'язково враховувати при плануванні та проведенні рубки.

Решта три групи факторів обумовлені людською діяльністю, відповідно ними можна управляти. До організаційних чинників відносяться вибір періоду проведення рубки, підбір оптимальної технології для конкретної ділянки, вибір застосовуваної технології і систем машин тощо. У свою чергу технологічні фактори включають рівень проведення підготовчих робіт, технологічну схему освоєння лісосіки, раціональні схеми первинних шляхів трелювання деревини. Так, наприклад, раціонально спланована система трелювальних волоків може суттєво зменшити площу ущільнення майже на без зниження продуктивності трелювальної техніки. При плануванні мережі волоків має враховуватися необхідність попередження на них водної ерозії. Однозначно встановлено, що більш легкі малогабаритні

машини при роботі в лісі завдають менше шкоди навколишньому середовищу. Деякі легкі харвестери та форвардери призначені для роботи на вологих ґрунтах. Окремі сучасні дослідження показують наявність суттєвих екологічних переваг гусеничних машин з гумовими траками, які не тільки дозволяють працювати в складних рельєфно-гідрологічних умовах, але і здійснюють менший вплив на процеси ущільнення ґрунту.

1.1.2 Ведучи мову про ерозію ґрунту слід зауважити, що вона, в принципі, є невід’ємною складовою лісозаготівлі. Тим не менше, ерозія може бути зменшена, якщо її небезпеку оцінювати наперед. Лісові шляхи займають невелику площу при лісозаготівлі, однак вони є основним джерелом ерозії, тому на них можливі і економічно оправдані інтенсивні заходи боротьби з ерозією. Їх маршрути мають бути вибрані таким чином, щоб максимально уникнути стрімких та нестабільних ділянок місцевості. Значний вплив на об’єм та тип ерозії здійснює вибір системи лісозаготівлі, вдосконалення якої може мінімізувати обсяги ерозії. При виборі такої системи для проведення рубки на стрімких схилах в обов’язковому порядку мають враховуватися вимоги до їх протиерозійної стійкості.

Ряд вчених підкреслюють важливість трелювальних волоків в забезпеченні лісогосподарської діяльності, особливо в умовах інтенсивного ведення лісогосподарської діяльності. Ними розглядаються різні схеми розташування волоків в гірських лісах, які повинні застосовуватися при попередньому плануванні і влаштуванні лісотранспортної мережі. Також наголошується, що віддаль первинного транспортування деревини повинна бути в межах оптимальних величин і враховувати техніко-технологічно особливості для різних видів трелювальної техніки. Цей показник мав би бути в межах 350-450 м, при середньому значенні 250 м і менше. Цікавими є подані пропозиції по встановленню ряду різноманітних критеріїв для планування мережі трелювальних волоків, які автори виокремили в чотири групи, виходячи із таких умов: забезпечення ефективного транспортування

деревини під час лісозаготівлі; забезпечення якості води; контроль ерозії і поверхневого стоку; мінімізація ущільнення ґрунту [7-9].

1.2 Практичні методи з контролю та попередження ерозійних процесів

1.2 1 В питанні попередження ерозійних процесів при проведенні рубок проведено цілий ряд досліджень, як вітчизняними, так і зарубіжними вченими. На їх основі розроблено великий комплекс кращих практик управління з контролю та попередження ерозійних процесів при проведенні лісозаготівельних робіт [10-16]. В США вирішенню проблеми забезпечення якості лісових водозборів на практичному рівні надається серйозний пріоритет. Практично на протязі століття в цій державі управління лісами розвивається з урахуванням ключових аспектів заготівлі деревини та забезпечення якості води. Про це свідчить наявність ряду посібників, які умовно можна об'єднати під назвою «Найкращі практики лісоуправління» (в подальшому НПЛ) [17-19]. Як правило, в НПЛ рекомендується здійснювати попереднє планування лісозаготівельних робіт та ретельне проектування будівництва лісотранспортної мережі в тому числі лісових автодоріг і інших заходів, при яких порушується ґрунтова поверхня, мінімізацію транспортно-переміщувальних операцій та площ ділянок оголеного ґрунту, збереження прируслових зон, забезпечення швидкого лісовідновлення та меліорації тимчасових шляхів транспортування деревини і інших порушених ділянок. Практикою встановлено, що НПЛ є дуже ефективними для зменшення впливу від лісогосподарської діяльності. Узагальнення досліджень їх ефективності показує, що рекомендовані методи можуть бути на рівні 80-90% ефективними для зменшення забруднення потоків. Існує також значна кількість літератури про ефективність НПЛ, а також здійснюються різноманітні дослідження та моделювання процесів для подальшого вдосконалення рівня знань в цій сфері. НПЛ розроблені для різних регіонів країни, що дозволяє враховувати конкретні природно-виробничі умови. Їх

застосування спостерігається на протязі декількох десятиліть. При цьому в нових редакціях таких посібників вносяться актуальні зміни і доповнення. Тому лісові менеджери мають змогу застосовувати НПЛ та ефективні заходи пом'якшення наслідків для подальшого зменшення ризику виникнення негативного впливу від лісогосподарської діяльності [20-26].

1.2.2 В останні десятиліття також створені Web-платформи, які дозволяють проводити дистанційне навчання щодо ефективних методів господарювання на водозборах, в тому числі лісових. В США Академія захисту довкілля проводить широку інформаційну кампанію, присвячену різним методам господарювання на водозборах, в тому числі і лісових. Оригінальним є організація дистанційного навчання на спеціально створеному сайті [27-29]. Для фахівців лісового господарства підготовлений курс «Найкращі лісівничі практики управління водозборами в лісівництві», в якому враховані досвід, відображений в ряді видань по цьому питанню [30-34]. Пропонується здійснення таких основних лісогосподарських заходів з метою забезпечення мінімального впливу на довкілля в лісових водозборах:

- грамотне попереднє планування лісозаготівельних робіт, при якому мають вирішуватись питання контролю за виникненням ерозійних процесів та седиментації на місцях проведення лісосічних робіт та шляхів транспортування деревини;

- створення вздовж русла рік і потоків та підтримання в належному стані захисних зон достатньої ширини, функція яких полягає в захисті від згубних змін температури води в руслах, забезпеченні стійкості берегів, фільтрації осадів і забруднювачів;

- захист лісових водно-болотних угідь шляхом усунення або мінімізації впливу на це унікальне середовище;

- раціональне проведення робіт з будівництва автодоріг та влаштування трелювальних волоків, навантажувальних майданчиків та місць складування деревини, дотримуючись схем та конструкцій елементів

вищезгаданих систем, а також влаштування відповідних дренажних конструкцій та правильне встановлення переїздів через водотоки;

- проведення лісозаготівлі в оптимальні терміни з урахуванням попереднього планування лісозаготівельних робіт та з використанням належних систем машин і технологічних процесів, звертаючи особливу увагу на мінімізацію пошкоджень ґрунтової поверхні та гідрологічної мережі, а також забезпечуючи утримання доріг і трелювальних волоків;

- використання процесів ре-вегетації для зменшення ерозії та зсувів ґрунту шляхом швидкої регенерації ділянок, порушених внаслідок проведення рубки або будівництвом лісотранспортної мережі;

- виконання належних протипожежних заходів, а також використання методів пожежогасіння що дозволяють зменшувати обсяги забруднення лісових ділянок;

Для прикладу, відмічаємо, що для прибережної частини штату Каліфорнія (США) розроблений спеціальний довідник з відповідними практичними рисунками, де подані методи дрібномасштабного контролю ерозії [35]. Зокрема, для запобігання ерозії на дорогах пропонується застосування ряду заходів, таких як:

- впадини, що являють собою невеликі заглиблення на поверхні дороги, одна сторона яких має поступовий зріз нижче дорожнього полотна. Впадини розміщуються через достатні віддалі одна від одної, щоб не руйнувати дорогу та забезпечувати безперебійний рух автомобілів. Вони будуються на нестійких схилах при ухилах дороги більше 12%;

- водяні бар'єри, як засіб призупинення поверхневого стоку води на похилій ділянці дороги. Являють собою неглибокі канави з округлою бермою, розташованою через дорожнє покриття під кутом до напрямку поздовжнього ухилу, якими поверхневі води стікають з дорожнього полотна в понижені місця, що відповідним чином укріплені для запобігання ерозії. Такі бар'єри мають реконструюватися щорічно, тому що на протязі року зношуються;

- броди можуть використовуватися для перетину періодичних водотоків дорогою із слабким транспортним рухом. Вони мають нахил та можуть бути вимощені каменем чи бетоном;

- дренажні труби – обмежують та концентрують потік, перехоплюють переміщення осаду, проте часто блокують рух риби. Якщо труби належного розміру та встановлені в потрібному місці вони стають досить ефективними. Не рекомендується, щоб вихідний отвір труби висів в повітрі, а вода скидалася нижче на неукріплений ґрунт, оскільки це викличе ерозію. Захаращені водопропускні труби є однією із найбільш поширених причин виникнення розмивів. Вони повинні постійно розчищатися;

- мости є оптимальним рішенням переходу через водотік, забезпечуючи безперешкодний прохід потоку води та риби.

Необхідно відмітити наявність НПЛ, яка представляє собою інструкцію з влаштування та обслуговування трелювальних волоків і проїздів, присвячену методам захисту природних функцій лісів та зменшенню ерозійних процесів. Одним із таких методів показано на рис. 1.1.



Рисунок 1.1 – Укріплення трелювального волоку низькоякісною деревиною

Завдяки їх застосуванню мінімізуються ризики потрапляння осадів та інших забруднюючих речовин у водойми, підтримується природний стан води у потоках і водно-болотних угіддях, захищається прибережна рослинність та досягається створення безпечної і стабільної лісотранспортної системи. Документом передбачається виконання практичних заходів спрямованих на покращення якості води шляхом розпорошення поверхневих вод, які утворюються на трелювальних волоках чи проїздах. Добре побудовані волоки і проїзди забезпечать доступ до лісових масивів, зберігаючи природні ресурси. Показовим є використання вислову «тримайте волоки подалі від води, а воду подалі від волоків» [36].

1.2.4 Важливим є розробка і застосування в практиці лісозаготівлі ефективних методів контролю ерозії, що виникає в процесі проведення у важких погодних умовах лісосічних робіт та їх завершенні. Такі методи спрямовані для мінімізації впливу лісозаготівлі на якість води і вважаються ефективними, якщо плануються напередодні проведення рубки. Для цього використовуються водовідводи на замерзлих дорогах та на волоках з ухилом. Бар'єри для води не можна правильно встановити, коли земля вже замерзла, тому їх установку слід планувати попередньо. Самим простим і ефективним для водовідводу є бар'єр, влаштований із колод, встановлений під кутом 30° до дороги чи волока. У якості фільтру для води служать лісосічні залишки. Для відведення води також можна ефективно використовувати сніг та лід, які насуваються через дорогу. Цей метод застосовується, коли сніг чи лід починають танути і вода стікає по поверхні. Коли земля замерзає і вода починає стікати по дорозі, укладання відходів деревини, розміщених під кутом 30° до дороги може бути достатнім заходом для відведення або уповільнення руху води. Матеріал можна заморозити на місці, щоб зробити його більш ефективним.

Також в якості бар'єру може бути використаний циліндр із стиснених солом'яних волокон, загорнутий у джгутову сітку. Встановлюється під кутом 30° до дороги та закріплюється на місці. Після сезонної відлиги такий бар'єр

знімається. З метою стабілізації ґрунтів на схилах можуть використовуватися рулони сіна, фашини та порубкові залишки, які запобігатимуть розвитку ерозійних процесів. Приклад одного з таких методів подано на рис. 1.2. Для запобігання руху осаду використовуються щільно упаковані гілки та верхівки дерев, які розміщуються у місцях надмірного потоку води, наприклад, у канаві поруч з волоком чи дорогою, де недостатній перехват осаду. Також у кюветі можуть тимчасово розміщуватися цілі дерева, отримані в результаті лісозаготівлі. При цьому, необхідно відмітити, що в зв'язку необхідністю їх забирання на останньому етапі лісозаготівельного процесу, потрібно передбачати інші методи запобігання переміщення осаду [37].



Рисунок 1.2 – Влаштування бар'єру для запобігання переміщення осаду

1.3 Методи укріплення поверхні трелювальних волоків

1.3.1 Результати дослідження ефективності використання деревної тріски та порубкових залишків з метою зниження ерозійних процесів на ухилах лісових автодоріг відображені в [38]. На основі взятих 108 проб води було встановлено, що об'єм втрат ґрунту на контрольних ділянках був

приблизно в 1,26 рази вищим, ніж на ділянках з порубковими залишками і в 2,21 рази вищим, ніж на ділянках з вистеленою деревною тріскою. Таким чином, вище названі матеріали можуть бути використані для зниження ерозії, яка виникає на стрімких ділянках лісових автодоріг.

В останні роки за кордоном набуло популярності мульчування трелювальних волоків, як метод зниження ерозії ґрунту після лісозаготівлі та зменшення на них стоку води. В якості мульчі використовують різні матеріали: тирсу, солому, листя і ін. У публікації [39] наводяться порівняльні результати створення водовідвідного бар'єру проти ерозії у вигляді колоди, мульчування ділянки волока тирсою та контрольний варіант волока без будь-якої обробки. Водовідвідні бар'єри були створені шляхом розміщення зрубаних колод діаметром від 25 до 30 см і довжиною 4 м перпендикулярно до напрямку волоків з відстанню між сусідніми бар'єрами 10 м. Розсипання мульчі проводилася вручну по всій поверхні колії з використанням 3,65 кг/м². Щільність ґрунту, загальну пористість, його стійкість до проникнення води та глибину колії встановлювали на трьох дослідних ділянках з різними поздовжніми ухилами (10, 20 та 30%), що зазнали різного рівня впливу (низький, середній і високий). На волоках з ухилом 10% найвищі значення відновлення щільності ґрунту (7,8%) та його загальної пористості (8,5%) спостерігалися при варіанті обробки мульчою, тоді як на найбільш стрімких ухилах (20 та 30%) найвищі значення відновлення щільності ґрунту (10,9%) та загальної пористості (12,9%) були відмічені на ділянках встановлення водовідвідних бар'єрів. Середнє відновлення стійкості ґрунту до проникнення води, у варіантах оброблених мульчою та із встановленими бар'єрами склало відповідно 19,1% та 10,5%. Загалом, величини щільності ґрунту, його загальної пористості, стійкості до проникнення та глибини колії продовжували виявляти ознаки порушень протягом 6-річного періоду моніторингу порівняно з непорушною зоною лісосіки.

1.3.2 Іранські дослідники вивчали ефективність мульчування соломою та тирсою сильно ущільненої суглинкової ділянки волоку протягом першого

року після лісозаготівлі [40]. Мульчування соломною здійснювалося в обсязі $16,5 \text{ кг/м}^2$, а тирсою – $2,8 \text{ кг/м}^2$. Результати моделювання показали, що сезон та обробка значно вплинули на об'єм стоку і осаду. Стік влітку був значно нижчим, ніж в інші пори року. При застосуванні солом'яної мульчі стік зменшився на 36,5%, а мульчування тирсою сприяло зменшенню стоку на 72,8% порівняно з контролем. Дослідники також відмічають, що у цілому стік води у безлистяний період був більшим, ніж за наявності листя. При використанні у якості мульчі соломи та тирси стік води у безлистяний період становив відповідно 91,7% та 89,8% від загального стоку. Подібна тенденція спостерігалася і відносно транспортування осаду. Таким чином, мульчування ґрунтової поверхні на волоках значно знижує поверхневий стік та вихід осаду на волоках.

В іншому випадку, в якості мульчі використовувалася листяна підстилка [41]. Як відомо, при наземному трелюванні рослинність та шар підстилки зазвичай пошкоджуються або переміщуються, залишаючи територію вразливою для стоку та переміщення осаду. Одним із варіантів зменшення стоку води та втрат ґрунту є мульчування сильно пошкоджених ділянок підстилкою. Під час досліджень обиралися чотири рівні мульчування волока підстилкою; 0,42, 0,81, 1,31 та $1,69 \text{ кг/м}^2$ при двох рівнях його ухилу – 10% та 20%. Було встановлено, що найвищі значення стоку – 1,54 та 1,33 мм зафіксовані на ухилах 10 і 20% на необробленому підстилкою волоку. Використання мульчі з підстилки призвело до зменшення стоку на 49, 67, 75 та 79% відповідно до вище наведених обсягів її внесення. Тобто, наприклад, збільшення обсягу внесеної мульчі в чотири рази сприяло зниженню стоку більше ніж у півтора рази. Вихід осаду на необробленому підстилкою волоку склав $7,32 \text{ г/м}^2$ при 10% ухилу та $6,15 \text{ г/м}^2$ на волоку з ухилом 20%. Значення виходу осаду при вище наведених варіантах були відповідно менші на 76%, 85%, 90% та 93% порівняно з необробленим підстилкою волоком.

Подібні дослідження проведені на півночі Ірану, де у якості методів боротьби з ерозією використовувались тирса та настил з листяної деревини

[42]. Щільність настилу із вказаних матеріалів становила відповідно 7,5 і 15 кг/м² при двох рівнях ухилу волока – менше 20% та більше 20%. Усереднені за щільністю настилів та при обох ухилах схилу середні показники стоку та обсяг втрат ґрунту в коліях відповідно склали: на волоку без настилу 46,7 л та 6,1 г/м²; при варіанті з листяною деревиною - 16,8 л та 2,8 г/м² і при варіанті з тирсою - 11,7 л та 1,9 г/м². Результати показали, що поверхнєве покриття є необхідним елементом регулювання обсягів ерозії, особливо на стрімких схилах.

1.3.3 Оскільки на лісових дорогах формується до 90% від усього об'єму осаду, питання впровадження різних способів боротьби з ерозією є одним із пріоритетних для лісового господарства [43]. У цьому напрямку протягом чотирьох років проводилися дослідження в штаті Алабама з вивчення ефективності застосування на лісових дорогах настилу із деревини місцевих та екзотичних видів. У порівнянні із оголеними ділянками застосування настилу зменшило обсяги осаду та стоку води з бокових укосів лісової автодороги. Середній вихід осаду при застосуванні місцевої рослинності, екзотичних видів та при укладанні протиерозійних матів склав відповідно 1,10, 0,45 та 0,80 г/м². Рослинність корінних видів була такою ж ефективною, як рослинність та протиерозійний настил з екзотичних видів у плані зменшення виходу осаду з боку лісової дороги. Скорочення більше 70% втрат ґрунту внаслідок застосування вказаних матеріалів спостерігалось протягом перших шести місяців.

Суттєвим методом зниження обсягів седиментації з поверхні лісових автодоріг, як вказується в публікації [44], є їх покриття гравійною сумішшю. Втрати ґрунту на дорозі без трав'яного покриву та з ним порівнювалися із втратами з доріг, які були вкриті гірською породою різних фракцій. У перші два місяці після будівництва на дорозі з супіщаною основою рівень змиву ґрунту був у вісім разів більший, ніж на ділянці з оголеною ґрунтовою поверхнею та із дорожнім покриттям з гравію товщиною 15-20 см. У цілому, рівень втрат ґрунту за 6-місячний період мало інтенсивного руху знизився, а

сукупні втрати становили понад 200 т/га при оголеному ґрунтовому покриттю та менше 35 т/га на дорогах, що були вкриті дробленою породою, або крупним каменем (7,5 см). Втрати ґрунту зросли, коли розпочався рух транспорту внаслідок лісозаготівлі, при цьому після її завершення ділянки без гравію були засіяні травою. При лісозаготівлі гравійна ділянка (шар гравію 5 см) була сильно зруйнована і на третій рік обсяг ерозії на ній приблизно був рівним обсягу на оголеній ділянці та вдвоє вищим, ніж на ділянці обробленій посівом трав.

Для запобігання ерозії ґрунту на дорогах і магістральних волоках та їх захисту від пошкодження поверхневими водами велике значення має догляд за ними та підтримання у належному стані. Своєчасний догляд та усунення незначних проблем на дорогах, можуть заощадити кошти, захистити якість води та забезпечити постійне їх використання. Регулярні заходи з технічного обслуговування доріг допомагають забезпечити мінімальне порушення продуктивності лісів та якості води, а також місць існування риб і диких тварин. При цьому, необхідне дотримання ряду заходів [45]:

- перевірити переходи через водотоки, щоб переконатися, що стік води з дорожнього полотна та каналів не потрапляє безпосередньо в потік;
- за необхідності воду слід перенаправляти на стабільні рослинні буферні зони, які можуть фільтрувати осад;
- слід очищати від сміття водостоки, канали та інші дренажні конструкції, щоб запобігти їх засміченню, що може призвести до їх руйнування;
- дорожні поверхні періодично необхідно профілювати для забезпечення належного відводу води;
- пошкодження та ями на дорозі слід як можна швидше заповнити гравієм та ущільнити, щоб зменшити потенціал ерозії;
- необхідно звести до мінімуму рух транспорту під час дощового періоду та весняної відлиги.

З метою запобігання забрудненню з ділянок, де ведеться активна лісозаготівля, проведені експерименти по застосуванню асортименту сучасних синтетичних матеріалів для затримування осаду [46]. Їх використання може бути ефективним доповненням до вищезгаданих природних матеріалів. У зв'язку з цим, вивчалась ефективність таких чотирьох матеріалів: гессіан, гітекс та два варіанти терраму. Гітекс - тканина, спеціально розроблена для утримання осаду. Виявилося, що він має найбільш стійкі показники порівняно із террамом та гессіаном. Разом з тим, відзначається, що для отримання додаткової інформації відносно ефективності даних матеріалів потрібні подальші дослідження у польових умовах.

1.4 Узагальнення аналізу літературних джерел

1.4.1 Аналіз літературних джерел засвідчує, що як у розвинутих країнах світу, так і в Україні постійно апробуються та впроваджуються певні методи та способи попередження ерозійних процесів, зокрема і в гірських умовах. Важлива роль відводиться правильному підбору лісової ділянки та якісному плануванню лісозаготівельних робіт, особливо в часі сезону, що дозволяє суттєво знизити пошкодження лісової ґрунтової поверхні. Так, в ялинових лісах лісозаготівлю по проміжному користуванню рекомендують проводити тільки в зимовий період. В інших типах лісу при проведенні рубки волоки слід укріплювати порубковими залишками, що значно знижує ущільнення ґрунту. Суттєвим застереженням є дотримання параметрів трелювальних волоків, особливо в плані їх ширини, та площі, яку вони повинні займати на лісосіці. Деякі технологічні схеми при більшій ширині пасік допускають заїзд машин на пасіку, що може призвести до негативного впливу на ґрунтову поверхню.

Одним із важливих заходів, направлених на попередження ерозійних процесів і посилення водоохоронної та захисної ролі гірських лісів є

спеціально розроблені правила рубок в гірських умовах, які характеризуються більш жорсткими вимогами до лісокористувачів. Так, наприклад, чинними в Україні «Правилами рубок...» [47] передбачено ряд вимог з природозбереження, які підлягають обов'язковому виконанню. Це питання, пов'язані із прокладанням трелювальних волоків, їх частки в межах лісосіки, заходи із збереження ґрунтів, вимоги до очищення місць рубок, заходи, пов'язані із відновленням лісу та ін. Важливим доповненням в технологічному плані до згаданих вище правил є «Рекомендації з удосконалення технології лісозаготівлі при різних способах рубок в гірських лісах Українських Карпат» [48], в яких наведено ряд заходів по збереженню та мінімізації пошкоджень ґрунтової поверхні при проведенні рубок.

Велика роль серед заходів попередження ерозії на гірських схилах відводиться організаційно-технічним заходам. Так, введені відповідні обмеження до застосування тракторів на гірських схилах, загострюється особлива увага на розробці лісосік у лісах з вологими ґрунтами, де трелювання деревини у весняний, літній та осінній періоди допускається тільки по волоках, укріплених порубковими залишками.. Крім того, з метою зменшення пошкодження ґрунту на магістральних, пасічних волоках і навантажувальних майданчиках під час проведення рубок головного та проміжного користування підприємство повинно: встановити сезон лісозаготівлі для кожної лісосіки з врахуванням ґрунтових умов, вказуючи його в технологічних картах; строго дотримуватися встановлених термінів в процесі лісосічних робіт; призупиняти лісозаготівлю/трелювання деревини при перезволоженні верхнього шару ґрунту після злив або затяжних дощів. Правилами лісозаготівлі обмежується площа під волоки, навантажувальні площадки та побутові об'єкти, де відбувається надмірне ущільнення ґрунту. Після закінчення лісосічних робіт такі місця підлягають обов'язковій рекультивації (як технічній, так і біологічній, шляхом посадки лісових культур).

При ймовірності поширення водної ерозії комплекс протиерозійних заходів повинен охоплювати весь водозбірний басейн, що дозволить раціонально регулювати поверхневий стік води. Під час виконання комплексу взаємопов'язаних протиерозійних заходів створюється протиерозійна інженерно-біологічна система, де лісові насадження є основним елементом [49,50].

Ключовими факторами негативного впливу лісозаготівлі на лісове середовище є експлуатаційна ерозія та забруднення води, спричинені наземним трелюванням деревини та машинами і механізмами, які при цьому застосовуються. Лісівничо-екологічна ефективність первинного транспортування деревини в гірських умовах також залежить від оптимальної дорожньої мережі, яка в свою чергу повинна знизити поширення трелювальних волоків – основного джерела виникнення ерозії та негативних змін стоку води. Для посилення екологізації лісозаготівлі доцільно розробити заходи щодо попередження ерозійних процесів на первинних шляхах транспортування деревини в гірських лісах регіону.

2 МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ

Для грамотної постановки завдання досліджень в процесі виконання магістерської роботи виконано пошук, опрацювання і аналіз наукової, науково-технічної і науково-популярної літератури, яка стосується розглядуваного питання. Здійснено вивчення і аналіз знайдених в результаті пошуку літературних джерел та різного роду інформації матеріалів, в яких відображені завдання і тенденції розвитку лісокористування, особливості виконання робіт на первинному транспортуванні деревини наземним способом, застосовувані при цьому технологічні процеси та системи машин і обладнання. Особлива увага звернута на гірські лісозаготівлі та методи встановлення впливу тракторного трелювання на лісове середовище. Увага також приділена трелювальним волокам, які в обов'язковому порядку влаштовуються під час виконання підготовчих робіт перед проведенням лісозаготівлі. При цьому здійснено вивчення як вітчизняної, так і зарубіжної інформації, переважно за останні два десятиліття. В результаті підготовлено аналітичний огляд присвячений методам і способам попередження ерозійних процесів при лісозаготівлі.

Для проведення досліджень вибрано дослідний об'єкт, що розташований у філії «Славське лісове господарство». Природно-виробничі умови цього підприємства є характерними для регіону Сколівських Бескидів. Основним напрямком дослідження в цьому аспекті є встановлення параметрів та умов розташування шляхів первинного транспортування деревини. Крім цього, визначені в розрізі видів рубок різного цільового призначення обсяги заготовленої деревини, яку транспортували по волоках. Польові роботи включали встановлення характеру і місця проходження трелювальних волоків та їх параметрів (протяжності,

ширини, поздовжнього ухилу, глибини врізання в схил полотна волоку) для різних їх типів. Трелювальні волокни, у відповідності із застосовуваними на підприємстві технологічними підходами, поділялися на такі три типи: магістральні, пасічні 1-го порядку, пасічні 2 -го порядку. До магістральних волоків безпосередньо прилягають пасічні волокни 1-го порядку, а до них - волокни 2-го порядку.

Обстеження волоків проводилося шляхом безпосереднього проходження по них з веденням польового журналу, який являється основним документом цієї стадії робіт. За допомогою навігаційного GPS (Magellan Triton 2000) встановлюються географічні координати і висота над рівнем моря характерних точок елементів волоків (початок і закінчення, місце примикання того чи іншого типу волока, границя лісового фонду, розташування границь розроблених лісосік, верхніх складів чи навантажувальних пунктів, розташування постійних чи тимчасових водотоків, а також місця їх перетину). Ширина проїзної частини волоку вимірювалась один раз на кожній однотипній ділянці волоків, з точністю до 0,1 м. Протяжність волоків, їх ширина та глибина вимірюються за допомогою навігаційного GPS і лазерного дальноміра. Під час обстеження також визначався стан волоку (наявність ерозійних процесів, ступінь локалізації трав'яною рослинністю. На основі польових обмірів здійснені розрахунки з визначення площі перерізів та об'ємів порушень ґрунту як на окремих ділянках волоків, так і в загальному по типу волоків.

На основі польових досліджень і камеральних робіт встановлено характер розташування і реальна технічна характеристика наявної на дослідному об'єкті мережі трелювальних волоків різного типу. Також встановлено окремі лісівничо-екологічні показники такі як обсяги порушеного ґрунту в результаті влаштування і експлуатації волоків та ступінь їх локалізації трав'яною рослинністю. Для цього використовувалися методи комп'ютерної статистики. В результаті досліджень підготовлені

пропозиції з улаштування мережі трелювальних волоків з використанням принципів природозбереження та відповідні висновки.

3 ПРИРОДНО-ВИРОБНИЧІ УМОВИ ТЕРИТОРІЇ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Загальна інформація про підприємство розташування дослідного об'єкту

3.1.1 Лісовий фонд філії «Славське лісове господарство» ДП «Ліси України» знаходиться в південно-західній частині Львівської області на території Стрийського адміністративного району. Контора лісгоспу знаходиться у селищі Славське за 62 км від районного центру м. Стрий. До складу підприємства, яке створено в 1960 році, ввійшли землі колишніх гірських нерентабельних колгоспів, землі Славського підсобного господарства і державного лісового фонду Сколівського лісгоспу. З часу існування було проведено декілька змін назви підприємства. Остання зміна відбулася в 2022 році. Схема розташування лісів філії «Славське лісове господарство» подана на рис. 3.1.

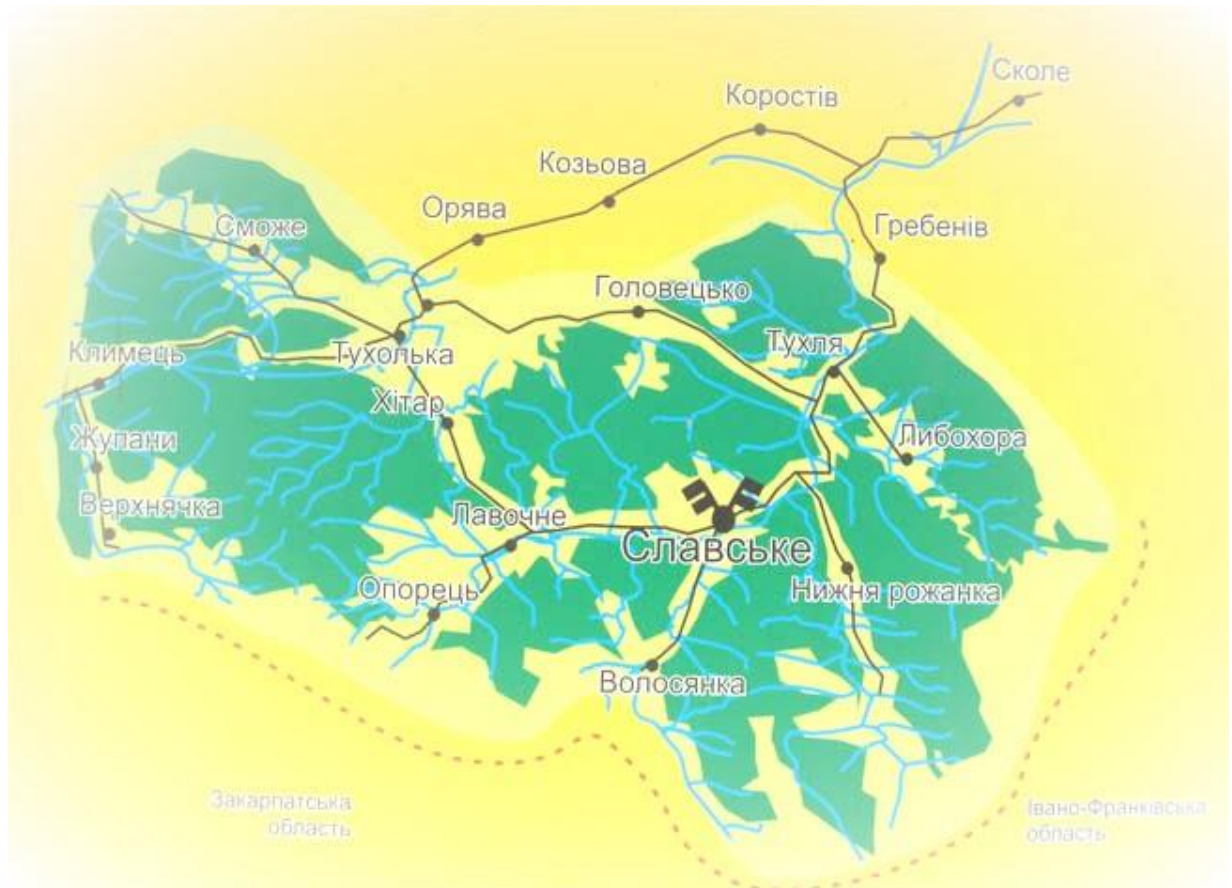


Рисунок 3.1 - Схема розташування лісів філії «Славське лісове господарство»

Загальна площа філії «Славське лісове господарство» становить 24654 га, з яких 22387 га є землями, які вкриті лісовою рослинністю. Це найбільш лісистий район Львівщини. Частка площ вкритих лісовою рослинністю від загальної площі підприємства становить 91%. В лісовому фонді переважають насадження хвойних і твердолистяних порід. Район розташування лісгоспу відноситься до числа промислово-аграрних районів Львівської області. При цьому, великих промислових підприємств, які шкідливо впливають на лісові масиви в зоні діяльності підприємства немає. Крім задоволення потреб народного господарства в деревині і продукції побічних лісових користувань, лісові насадження мають важливе природоохоронне і рекреаційне значення. Ліси зводять до мінімуму ерозію ґрунтів, регулюють стік, сприяють зниженню інтенсивності паводків і повеней.

3.1.2 Поступове і планомірне розширення, використання і відновлення лісових ресурсів, підвищення якісного складу і продуктивності

лісів, а також посилення їх водорегулюючих, ґрунтозахисних та рекреаційних функцій є основними напрямками розвитку лісового господарства підприємства. Господарська діяльність підприємства спрямована на дотримання принципів сталого, безперервного і раціонального використання лісових ресурсів, збереження умов відтворення корінних біологічно стійких високопродуктивних деревостанів, їх екологічних та інших корисних функцій.. Всі роботи виконуються, в основному, з дотриманням діючих нормативних актів. Понад допустимого негативного впливу на навколишнє середовище господарська діяльність не спричинює.

Основними видами діяльності філії “Славське лісове господарство” є охорона і захист лісів, ведення лісового і мисливського господарства, організація лісозаготівлі. Ключовими структурними складовими підприємства є лісництва, які організовують виконання комплексу робіт з ведення лісового господарства, включно з проведенням лісосічних робіт та інших видів лісокористування. Інформація про найменування лісництв та площу їх лісового фонду наведена в табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Структурна організація філії «Славське лісове господарство»

Найменування лісництва	Загальна площа, га
Сможанське	3148
Головецьке	2925
Тухлянське	4888
Климецьке	4435
Опорецьке	4533
Рожанське	4725
Разом по підприємству	24654

3.1.3 Загальна площа лісового фонду філії «Славське лісове господарство» складає 24,654 тис. га. Загальний запас деревини становить 7,3 млн. м³. Основними лісоутворюючими породами є ялина, ялиця, бук, явір і модрина. Хвойні ліси займають 75%, твердолистяні 24%, м'яколистяні 1%. Ліси природоохоронного, наукового, історико-культурного призначення займають 4966 га, (20,1%), рекреаційно- оздоровчі ліси – 1469 га (6,0%), захисні ліси – 2355 га (9,6%) і експлуатаційні ліси становлять 15864 га (64,3%). На підприємстві організовані нижченаведені господарські частини:

- ліси природоохоронного призначення з особливим режимом користування в горах;
- ліси природоохоронного призначення з обмеженим режимом користування в горах;
- рекреаційно-оздоровчі ліси з особливим режимом користування в горах;
- рекреаційно-оздоровчі ліси з обмеженим режимом користування в горах;
- захисні ліси з особливим режимом користування в горах;
- захисні ліси з обмеженим режимом користування в горах;
- експлуатаційні ліси в горах.

Вікова структура сформована насадженнями різного віку, де переважають середньовікові деревостани (42,2% загальної площі). Молодняки, що складаються переважно з шпилькових порід, займають близько третини площ всіх насаджень, а стиглі і перестійні ліси складають 13,7%. Розподіл деревостанів за віком показано на рис.3.2.

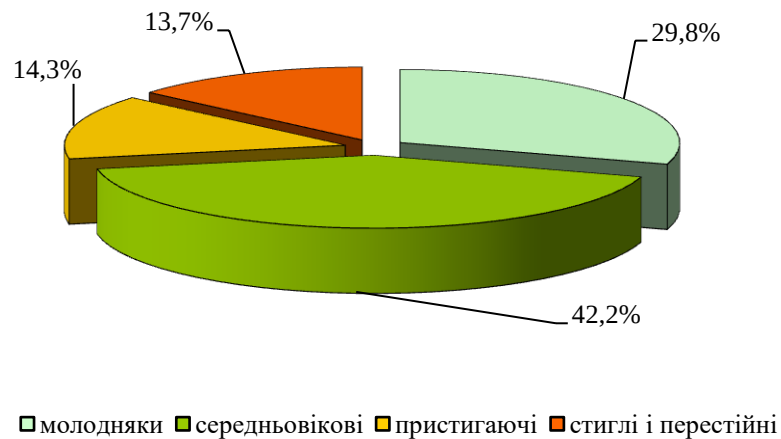


Рисунок 3.2 - Вікова структура лісів

У цілому у філії «Славське лісове господарство» переважають продуктивні високо бонітетні деревостани I і вищого класів бонітету, що займають 79,1% площі. Низькопродуктивні насадження (4 і 5 класів бонітету) складають лише 0,8% площі. Ліси характеризуються високою повнотою, де високоповнотні (0,8 і вище) деревостани займають близько половини вкритої лісовою рослинністю площі. Значну частку (35,4%) становлять середньоповнотні насадження (0,6-0,7). Основу лісового покриву формують деревостани з участю ялини (73,6%), де середні запаси стиглих і перестійних насаджень складають 473 м³/га. Їх середній клас бонітету - 1А, а повнота - 0,7.

Середній вік насаджень по лісгоспу становить 67 років, а повнота – 0,67. Запас стиглих та перестійних деревостанів пересічно складає 277 м³/га. Середньорічні за останні роки показники ведення лісового господарства наступні: лісовідновлення- близько 250 га, вирощування садивного матеріалу близько 2 млн. шт, рубки поліпшення якісного складу лісів – 800га, у тому числі рубки догляду в молодняках – 500га.

3.2 Природно-кліматичні умови

3.2.1 По лісорослинному районуванню територія розташування лісів підприємства відноситься до Центрально-Європейської провінції Європейської зони широколистяних лісів Східно Карпатської гірської підпровінції ялиново-сосново-букових і сосново-ялиново-букових лісів. Східна частина по лінії Головецьке-Тернавка-Хащовате розташована в фізико-географічному районі Сколівських Бескид, а західна частина – у фізико-географічному районі Стрийсько-Сянської Верховини. Розглядувана територія розташована в області Скибових Карпат, які представлені середньогірним рельєфом з рівновисокими хребтами висотою 900-1200 м над рівнем моря. Рельєф представляє собою систему хребтів другого і третього порядків, які порізані гірськими потоками. Переважаючою формою гірських схилів є їх випуклість, при середній стрімкості схилів 20-30%. За стрімкістю схили розподіляються таким чином: пологі (до 11 градусів) – 19,1%, покаті (11-20 градусів) – 43,9%, стрімкі (21-30 градусів на південних і 21-35 градусів на північних схилах) – 31,3% і дуже стрімкі (понад 30 градусів на південних і 35 градусів на північних схилах) – 5,7%. Переважна частина лісових масивів розташована в межах висот 550-800 м над рівнем моря. Найвищою точкою є гора Магура, висота якої 1362 м. Всі ліси віднесені до гірських.

3.2.2 Клімат району розташування лісгоспу характеризується як перехідний від помірно-теплого західноєвропейського до континентального східноєвропейського. Характеристика кліматичних умов, які мають значення для лісогосподарської діяльності подана в табл. 3.2.

Таблиця 3.2 – Характеристика кліматичних умов району розташування дослідного об'єкту

Назва показників	Одиниці вимірювання	Значення	Дата отримання даних
------------------	---------------------	----------	----------------------

1. Температура повітря: середньорічна абсолютна максимальна абсолютна мінімальна	градус градус градус	+5,3 +34,1 -36,9	липень, 1952р. січень, 1954р.
2. Кількість опадів за рік	мм	1127	
3. Тривалість вегетаційного періоду	днів	146	
4. Останні заморозки весною		-3,4	14.06.1978р.
5. Перші заморозки восени		-1,6	4.09.1958р.
6. Середня товщина снігового покриву	см	29-79	
7. Глибина промерзання ґрунту	см	25-65	
8. Відносна вологість повітря	%	75,3	

Кліматичні і гідрологічні фактори території досліджень суттєво залежать від висотної диференціації. Крім того, кліматичні умови пов'язані як з абсолютною висотою території, так і формою рельєфу та експозицією схилів. За величиною кількості опадів і умов випаровування територія належить до зони стійкого зволоження. При цьому найвище розташовані ділянки відносяться до зони надмірного зволоження. Наявні такі негативні кліматичні фактори, які суттєво впливають на особливості росту життєвості і стійкості лісових насаджень:

- ранні весняні і пізні осінні заморозки спричиняють загибель молодих дерев, особливо в пониженнях, де розташовані долини рік і потоків;
- опади у вигляді злив і різке сніготанення спричинює підвищення рівня рік і потоків, підмивання і розмив їх берегів, призводять до виникнення зсувів, селей і інших кризових явищ;
- сильні вітри призводять до виникнення вітровалів і сніголомів, що характерно для високоповнотних молодняків.

3.2.3 В цілому на території підприємства переважають бурі лісові ґрунти делювії Карпатського фліша і гірські підзолисті ґрунти на продуктах

вивітрювання пісковиків. Найбільше розповсюдження мають бурі гірські лісові слабопідзолисті ґрунти, які займають більше 90%. Із других різновидностей бурих гірських лісових ґрунтів найбільше розповсюджені середньопотужні щербенисті суглинисті ґрунти. Важливу роль при розвитку і розповсюдженні шкідливих природних явищ відіграє антропогенний фактор, тобто характер господарського використання рельєфу, ґрунтово-рослинних і водних ресурсів. Найбільш інтенсивно ерозійні процеси розвиваються на лісосіках суцільних зрубів, де на 60-70% поверхні відсутня лісова підстилка і гумусовий перехідний горизонт. На гірських схилах мають місце інтенсивні прояви всіх видів водної ерозії. Інтенсивність цих процесів, в першу чергу, пов'язана із стрімкістю та експозицією схилів. На південних схилах ерозійні процеси відбуваються інтенсивніше. Це пов'язано з тим, що такі схили більш прогріваються і на них швидше проходить розкладання лісової підстилки. Велике значення при цьому має і господарська діяльність. Із вищенаведеного можна зробити висновок, що в умовах філії «Славське лісове господарство» важливе значення у запобіганні ерозії ґрунтів є формування високоповнотних насаджень змішаного складу, які також є стійкими проти вітру, хворіб і шкідників.

3.3 Особливості лісозаготівельного процесу.

3.3.1 У відповідності до проекту організації та розвитку лісового господарства, який розроблено ВО «Укрдержліспроєкт», підприємством в останні роки заготовляється в процесі рубок головного користування понад 42,0 тис. м³ деревини в рік. Зазвичай, в процесі таких рубок призначаються в розробку пошкодженні ялинові насадження, що призводить до середнього виходу ділової деревини в межах 50 %. В цілому, від усіх видів рубок щорічно отримується близько 80 тис. м³. Основними сортиментами, які отримуються під час лісозаготівлі є пиловник хвойних порід (більше 50%), будівельний ліс (орієнтовно 25%) і решта дрова технологічні і паливні.

Потреба в деревині сторонніх організацій і населення задовільняється на 85%, на власні потреби – 100%. При цьому середній розмір лісокористування на 1 га вкритих лісовою рослинністю землях становить $4,2 \text{ м}^3$, а по головному користуванню – $1,5 \text{ м}^3$. Основними способами рубок головного користування на підприємстві в даний час є суцільнолісосічні та поступові, рідше вибіркові рубки

3.3.2 В процесі виконання лісосічних робіт застосовуються сучасні бензомоторні пили фірм Huskvarna (Швеція), та Stihl (Німеччина). На первинному транспортуванні деревини, в основному, використовується тракторне трелювання із застосуванням різних типів трелювальних тракторів, яким транспортується абсолютна більшість (90,7%) загального обсягу заготовленої деревини. Обсяги заготівлі із застосуванням колісних трелювальних тракторів становлять 46,9%, що свідчить про незначну перевагу над гусеничними тракторами. Доцільно відмітити, що в останні роки парк трелювальної техніки поповнився сучасними трелювальними тракторами HSM-805S (Німеччина), LKT-81T (Словаччина), MTЗ -1025.2 і MTЗ-1221.В (Білорусь), TAF-609 (Румунія), які характеризуються високою продуктивністю та ергономічними показниками. Процес трелювання стовбурів колісним трелювальним трактором HSM-805S, який оснащений двома лебідками показано на рис. 3.3. Канатоємність кожної з лебідок складає 100 м, що дозволяє суттєво зменшувати віддалі між волоками та забезпечувати дотримання вимог із природозбереження, в тому числі знижувати обсяги ерозійних процесів на лісосіках .



Рисунок 3.3 – Трелювання стовбурів сучасним колісним трактором HSM-805S

3.3.3 Розподіл обсягів лісозаготівлі в розрізі різних типів трелювальних засобів, які показані на рис. 3.4.

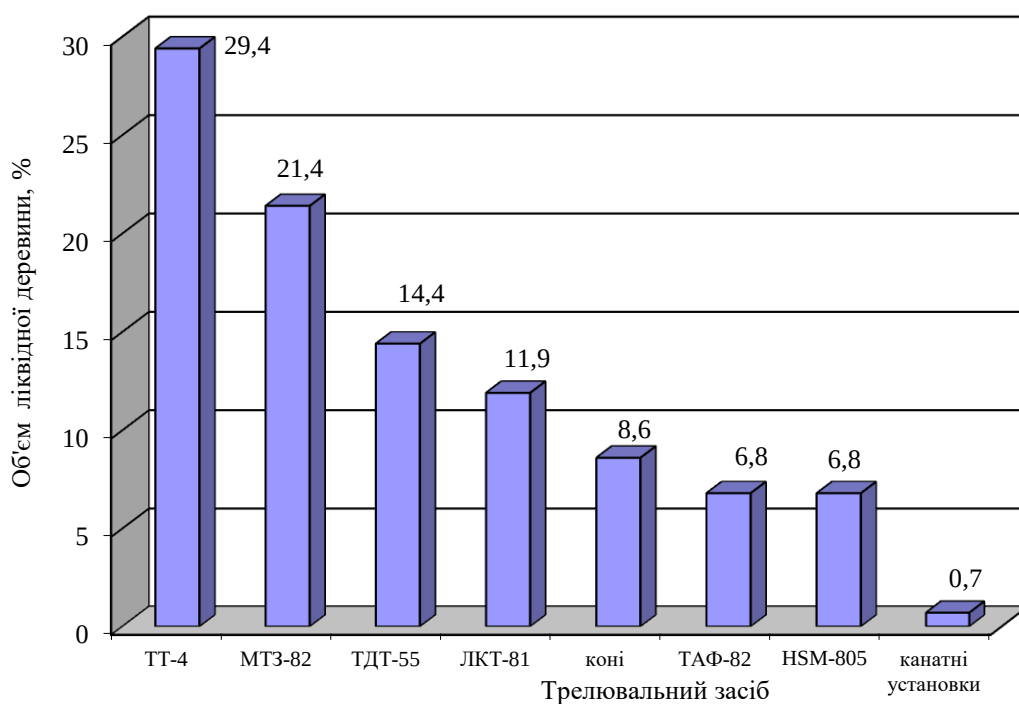


Рисунок 3.4 – Обсяги застосуванням різних трелювальних засобів

Обсяги трелювання гужовим транспортом, який застосовується в більшості випадків на рубках догляду, складають близько 9%. Вищенаведене свідчить, що під час лісозаготівлі практично весь обсяг деревини (понад 99%) транспортується із використанням наземного транспорту. Також, у випадку розташування лісосік на стрімких схилах, у комплексі із вищенаведеною технікою працює канатна лісотранспортна установка навісного типу “LARIX 3T” (Чехія), яка змонтована на колісному тракторі сільськогосподарського призначення з усіма ведучими осями.

На вивезенні круглих лісоматеріалів працюють лісовозні автопотяги на базі автомобілів КАМАЗ-4310, КАМАЗ-53228, УРАЛ-4320, які обладнані гідроманіпуляторами EPSILON- 65 та “Велмаш-ОМТЛ 70.02. Заготовлена деревина поступає на розташований біля залізниці нижній склад, з якого відвантажується споживачам. Частина круглих лісоматеріалів переробляється на наявному лісопильно-деревообробному устаткуванні, що збільшує обсяг добавленої вартості та забезпечує роботою місцеве населення.

4 ДОСЛІДЖЕННЯ МЕРЕЖІ ТРЕЛЮВАЛЬНИХ ВОЛОКІВ НА ГІРСЬКОМУ ВОДОЗБОРІ

4.1 Характеристика дослідної ділянки

4.1.1 Дослідний об'єкт площею 189 га розташований в Тухлянському лісництві філії «Славське лісове господарство» (квартали 35 і 36) на гірському схилі північної експозиції на висотах від 590 до 1140м. Перепад висот становить 550 м. У верхній його частині спостерігається наявність відносно крутих хребтів з виходом на поверхню твердих порід ґрунту. Для нижньої частини характерні більш пологі схили, хоча в місцях проходження потоків спостерігаються круті схили з ознаками ерозійних процесів. Дослідний об'єкт, в основному, займає територію кв. 36 і частково - кв. 35. Загальні його характеристики показані в табл. 4.1.

Таблиця 4.1 – Загальна характеристики дослідного об'єкту

Назва показників	Величина показників
Назва лісництва, квартал	Тухлянське, кв. 35 і 36
Орієнтовні географічні координати центру ділянки	48°51'50,74" Пн 23°30' 46,54" Сх
Кількість відокремлених ділянок, шт.	1
Загальна площа, га	160
Висота над рівнем моря, м	
мінімальна	590
максимальна	1140
Експозиція схилу	північно-східна
Середній ухил території, град	15

Дослідний об'єкт включає в себе три малих гірських водозбори, для яких характерними є тимчасові водотоки, поверхневі води з яких поступають у водозбірний басейн потоку Річка, який впадає в ріку Опір. Всі вищезгадані малі водозбори представляють собою водозбори 6 порядку, межі яких проходять по території лісового фонду. Загальний вигляд цього об'єкту з космосу представлено на рис. 4.1.



Рисунок 4.1 – Загальний вигляд дослідного об'єкту

4.1.2 на дослідному об'єкті у різний час було проведено ряд господарських заходів у вигляді рубок різного цільового призначення, які включали як рубки головного користування, так і рубки формування і оздоровлення лісів. Зокрема - це суцільні рубки головного користування на площі 9,2 га, суцільні санітарні рубки на площі 49,9 га та прочистки на площі 11,0 га. Інформація про спосіб і вид рубки, місце розташування лісосік та їх площу наведена в табл. 4.2. Як показує аналіз, значна

частина виділів повністю пройдені запланованими господарськими заходами. В цілому, площа пройдена різними способами рубок за останні 7 років становить 37,2% від загальної площі розглядуваної території. Необхідно відмітити, що за площею переважають (75,6%) суцільні санітарні рубки. Прочистки становлять 15,56%, а рубки головного користування - 8,9%. При цьому спостерігається певна концентрація місць проведення рубок, внаслідок чого, на теперішній час спостерігаються не вкриті лісом значні площі малих водозборів.

Таблиця 4.2 – Інформація про проведені рубки

Спосіб рубки	Площа, га	Виділ
1	2	3
квартал 35		
1. Суцільна санітарна	1,4	6
2. Прочистка	4,8	10
3. Прочистка	3,6	21
4. Суцільна санітарна	3,0	20
5. Суцільна (головне користування)	3,0	20
6. Суцільна санітарна	2,0	22
7. Суцільна санітарна	2,8	22
8. Суцільна санітарна	3,5	22
9. Суцільна санітарна	2,2	22
10. Суцільна (головне користування)	1,8	24
11. Суцільна санітарна	2,9	24
12. Суцільна санітарна	4,8	24
13. Суцільна (головне користування)	3,0	24
14. Суцільна санітарна	4,5	24
15. Суцільна санітарна	2,6	24
16. Суцільна (головне користування)	1,4	24
17. Суцільна санітарна	4,4	26
18. Суцільна санітарна	3,1	26
19. Суцільна санітарна	1,9	26
20. Суцільна санітарна	3,4	26
21. Суцільна санітарна	2,2	26
Разом	62,3	

Продовження табл. 4.2

1	2	3
квартал 36		
22. Суцільна санітарна	3,2	2
23. Прочистка	2,6	16
24. Суцільна санітарна	2,0	33
Разом	7,8	
Всього	70,1	

Схема розташування на дослідному об'єкті ділянок, де проведені рубки, представлена на схемі показана на рис. 4.2.

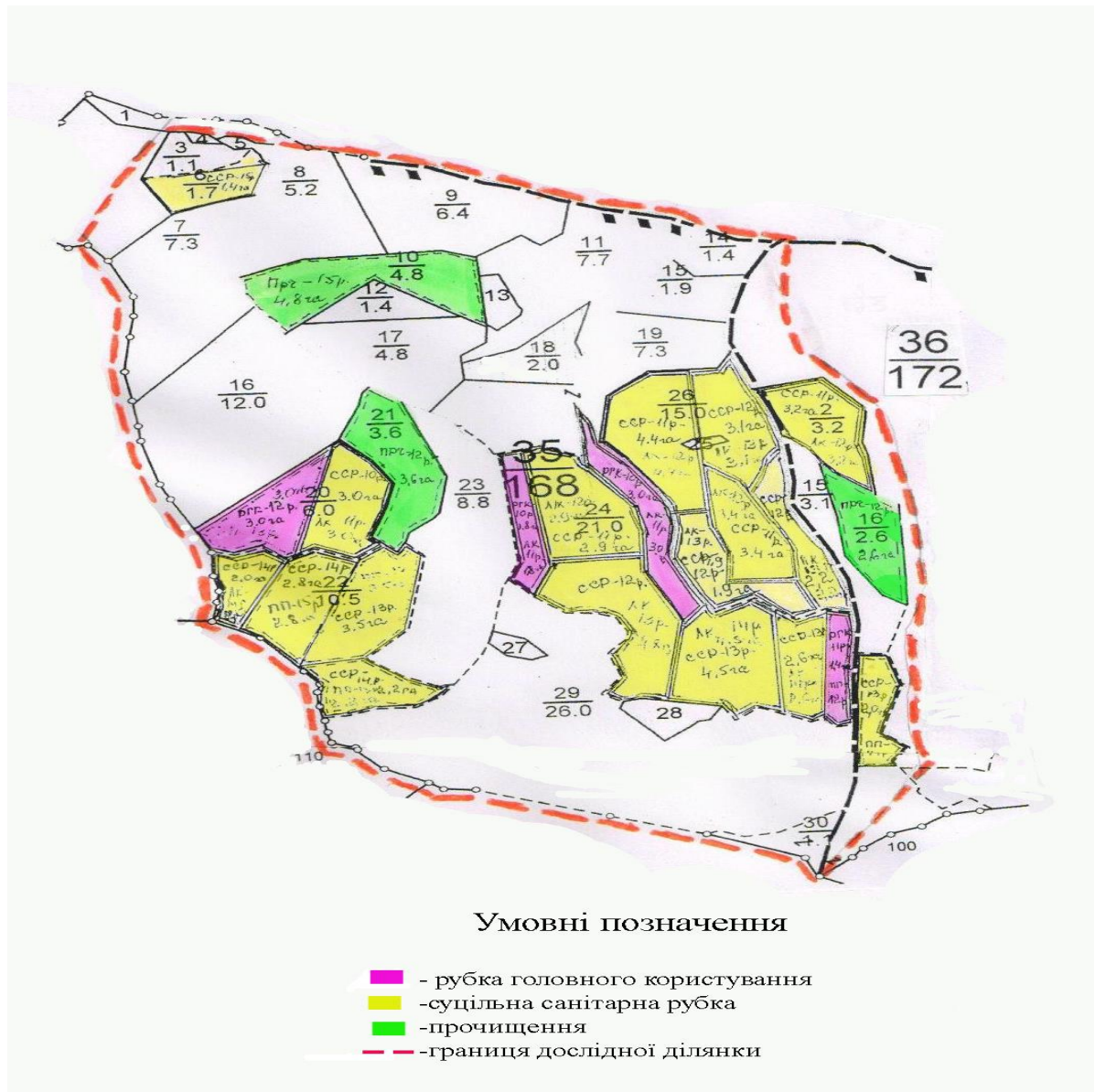


Рисунок 4.2 – Схема розташування ділянок, освоєних різними способами рубок

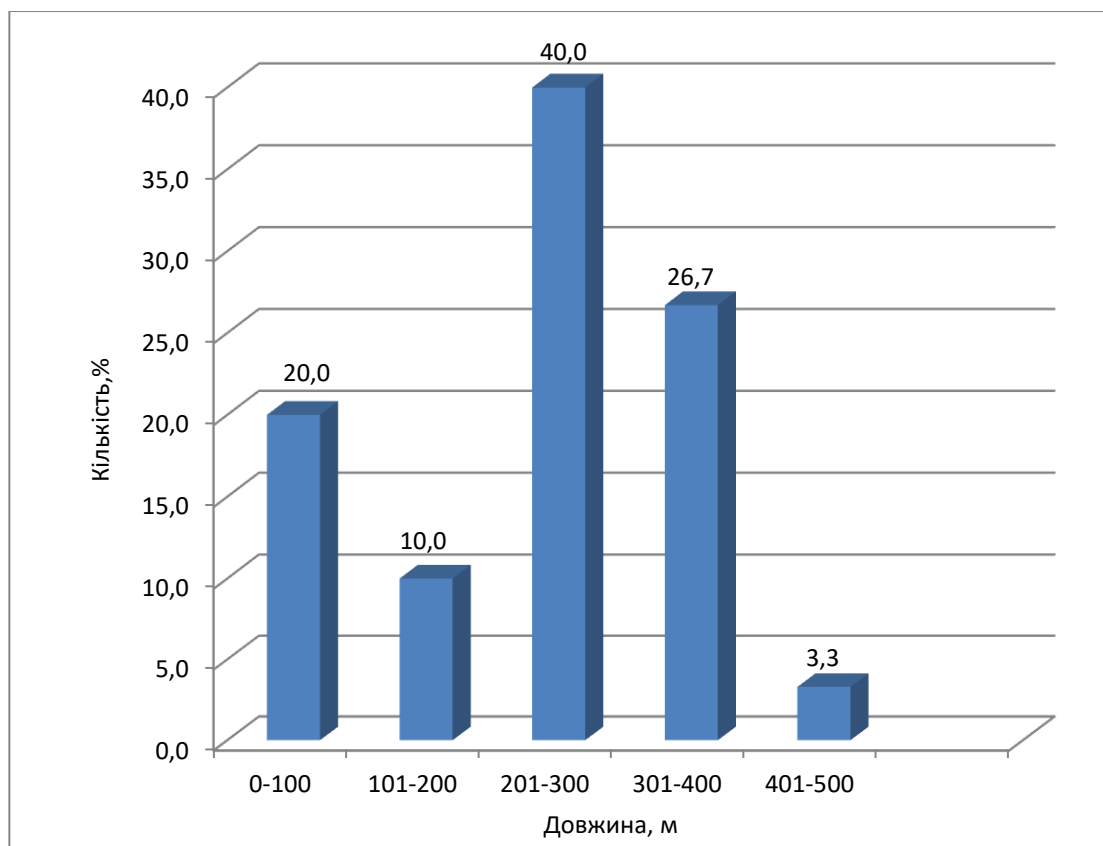
4.2 Показники протяжності трелювальних волоків

4.2.1 На дослідному об'єкті, у відповідності з методикою, викладеною в розділі 2, проведені дослідження із встановлення характеру і місця проходження трелювальних волоків та їх параметрів (протяжності, ширини, поздовжнього ухилу, глибини врізання в схил полотна волоку) в розрізі різних типів волоків які поділені на магістральні, пасічні 1-го порядку, пасічні 2 -го порядку). До магістральних волоків безпосередньо прилягають пасічні волокни 1-го порядку, а до них - волокни 2-го порядку. Загальна інформація про параметричні характеристики магістральних і пасічних волоків та розраховані показники їх площ поперечних перерізів і об'ємів переміщеного ґрунту подана в додатку А.

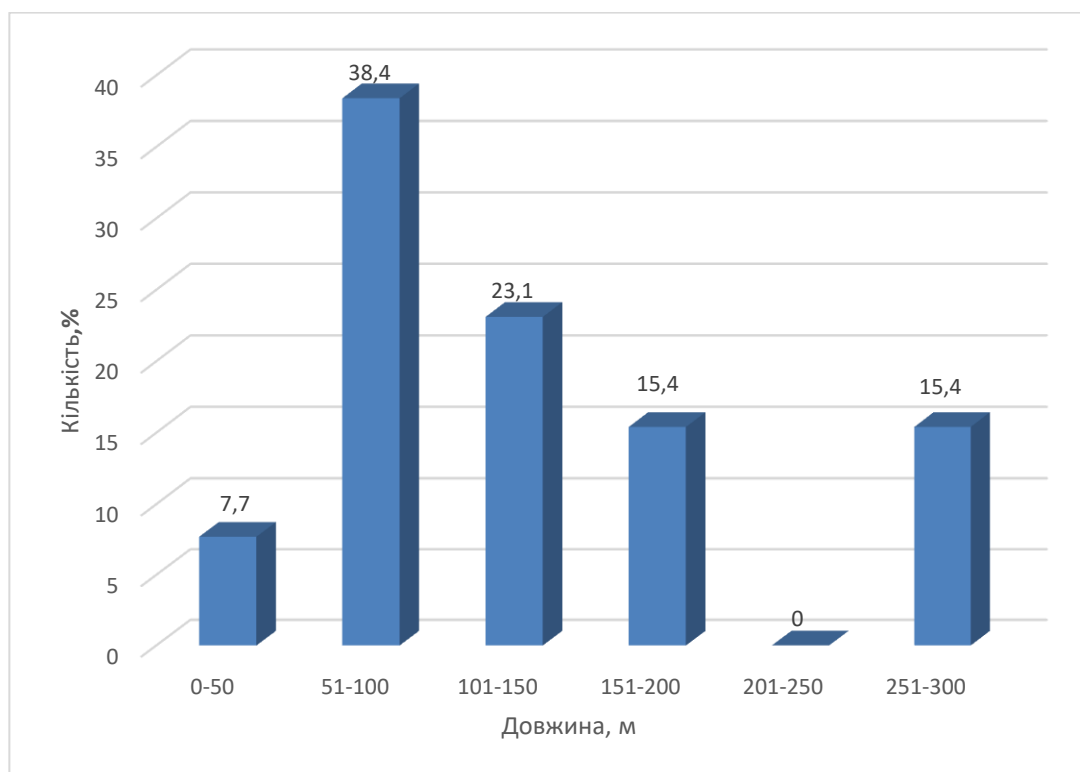
В результаті досліджень становлено, що загальна довжина всіх трелювальних волоків становить понад 16 км, що складає близько 80 м на 1 га. Сумарна площа волоків різного порядку становить 4,6% від його загальної площі, або 12,3% від площі лісових ділянок, на якій проведені лісосічні роботи. На обслідуваній ділянці виділено шість магістральних трелювальних волоків, загальна протяжність яких становить 6,49 км, або 40,5% від довжини всіх трелювальних волоків. Протяжність магістрального волоку, практично в усіх випадках перевищує 1 км і коливається в межах 1,03 – 1,65 км.

Всього обліковано 30 пасічних трелювальних волоків 1-го порядку. Їх загальна протяжність складає 6,93 км, або 43,3% від загальної довжини всіх волоків. Варто зауважити, що залежно від віддалі підтрелювання деревини довжина пасічних волоків 1-го порядку коливається від 42 м до 459 м. Розподіл пасічних трелювальних волоків 1-го порядку за довжиною подано на рис. 4.3. Аналіз поданої на ньому інформації показує, що переважна більшість (66,7%) таких волоків має довжину від 200 до 400м.

При цьому волокни з довжиною до 200 м складають майже третину від їх загальної кількості.



а) пасічні трелювальні волокни 1-го порядку



б) пасічні трелювальні волокни 2-го порядку

Рисунок 4.3– Розподіл пасічних трелювальних волоків
за довжинами

Пасічні трелювальні волокни 2-го порядку мають загальну протяжність 2,60 км, що складає 16,2% від всієї довжини шляхів первинного трелювання деревини на дослідному об'єкті. При цьому довжина більшості таких волоків коливається межах 100 - 300 м. Аналіз розподілу пасічних трелювальних волоків 2-го порядку за протяжністю дозволяє стверджувати, що переважна більшість (61,5%) пасічних трелювальних волоків 2-го порядку має довжину від 50 до 150 м. Хоча, потрібно відмітити, що такі волокни довжиною понад 150 м (від 150 до 300 м) також становлять вагомий частку (30,8%).

4.2.2 Ширина магістральних трелювальних волоків на дослідному об'єкті коливається від 5,2 до 7,2 м. Через їх малу кількість встановлення їх розподілу за шириною не проводилось. При цьому їх середня ширина встановлена в розмірі 5,9 м. Майже на всіх магістральних волоках відмічені ділянки з триваючими ерозійними процесами, лише один волок повністю локалізований трав'яною рослинністю.

Розподіл пасічних трелювальних волоків 1-го порядку за шириною показана на рис. 4.4. Подана на ньому інформація показує, що переважна більшість (60,0%) таких трелювальних волоків має ширину від 4 до 6 м. При цьому волокни шириною 6-8 м складають близько третини їх загальної кількості. Ширина волоків до 4 м становить 13,3%.

На відміну від пасічних трелювальних волоків 1-го порядку переважна більшість (64,3%) волоків 2-го порядку має ширину від 3 до 4 м (див. рис. 4.5), що є цілком логічним, виходячи із кількості деревини, яка транспортується такими волоками. Цей факт підтверджує одну із головних особливостей сухопутного транспорту лісу, тобто його збираючий характер і зростання вантажообігів по мірі наближення до лісових складів чи навантажувальних майданчиків. При цьому волокни шириною 5-6 м

складають понад п'яту частину від їх кількості. Слід відмітити і достатньо високу частку волоків шириною понад 7 м (14,3%).

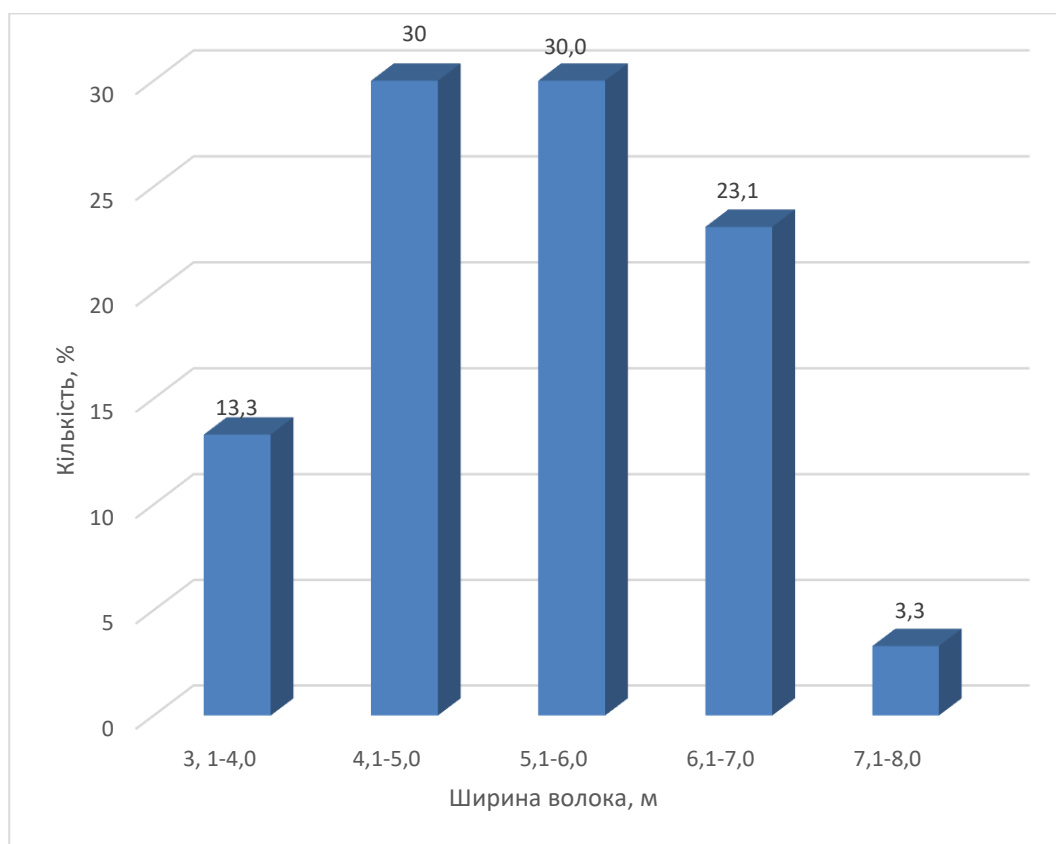


Рисунок 4.4 - Розподіл пасічних трелювальних волоків 1-го порядку за шириною

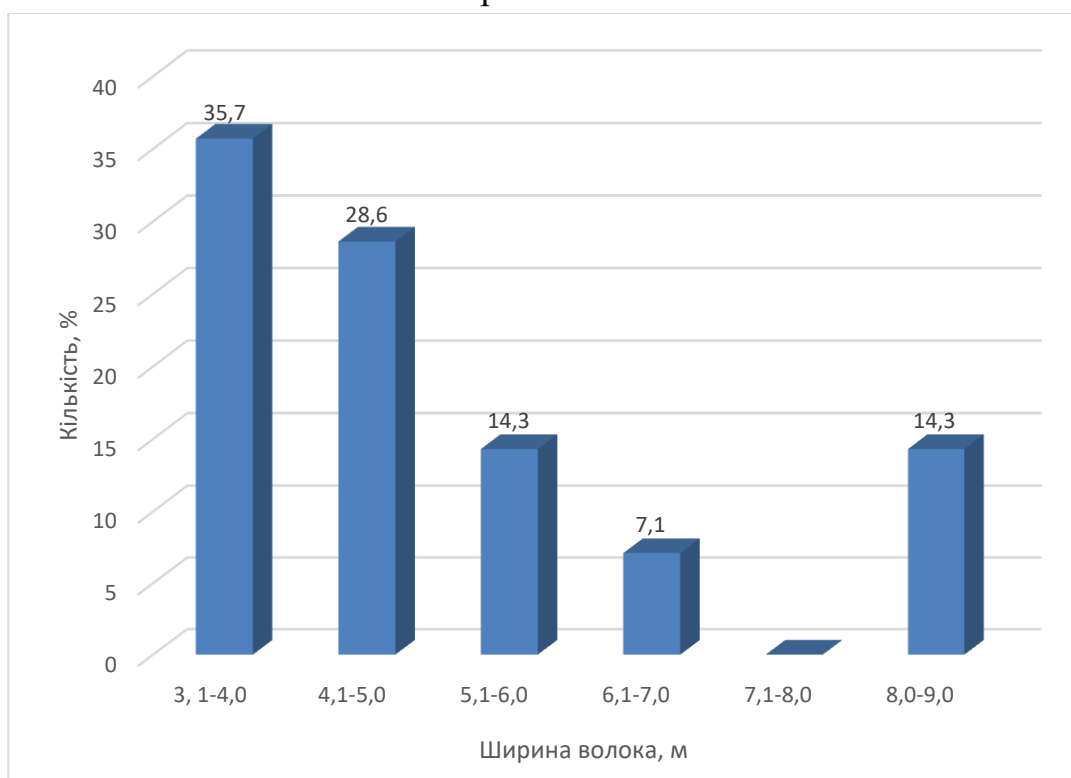


Рисунок 4.5 - Розподіл пасічних трелювальних волоків 2-го порядку за шириною

4.3 Обсяги порушення ґрунту на трелювальних волоках

4.3.1 Згідно із методикою досліджень, якою передбачено встановлення під час польових робіт параметрів і стану трелювальних волоків, здійснені розрахунки з визначення площі перерізів та об'ємів порушень ґрунту на них (див. додаток А). Ці показники визначались як на окремих ділянках волоків, так і в загальному по типу волоків, виходячи із довжини і ширина волоків та глибини їх врізання в ґрунтову поверхню гірських схилів. Магістральні трелювальні волоки характеризуються такими особливостями. Їх середня ширина становить 5,9 м, а глибина – 0,8 м. Майже на всіх магістральних волоках відмічені ділянки з триваючими ерозійними процесами, лише один волок повністю локалізований трав'яною рослинністю. При цьому внаслідок їх будівництва та експлуатації в середньому переміщено $6,4 \text{ м}^3$ ґрунту на 1 пог. м. волоку. Розподіл магістральних трелювальних волоків за обсягом переміщеного ґрунту подано на рис. 4.6.

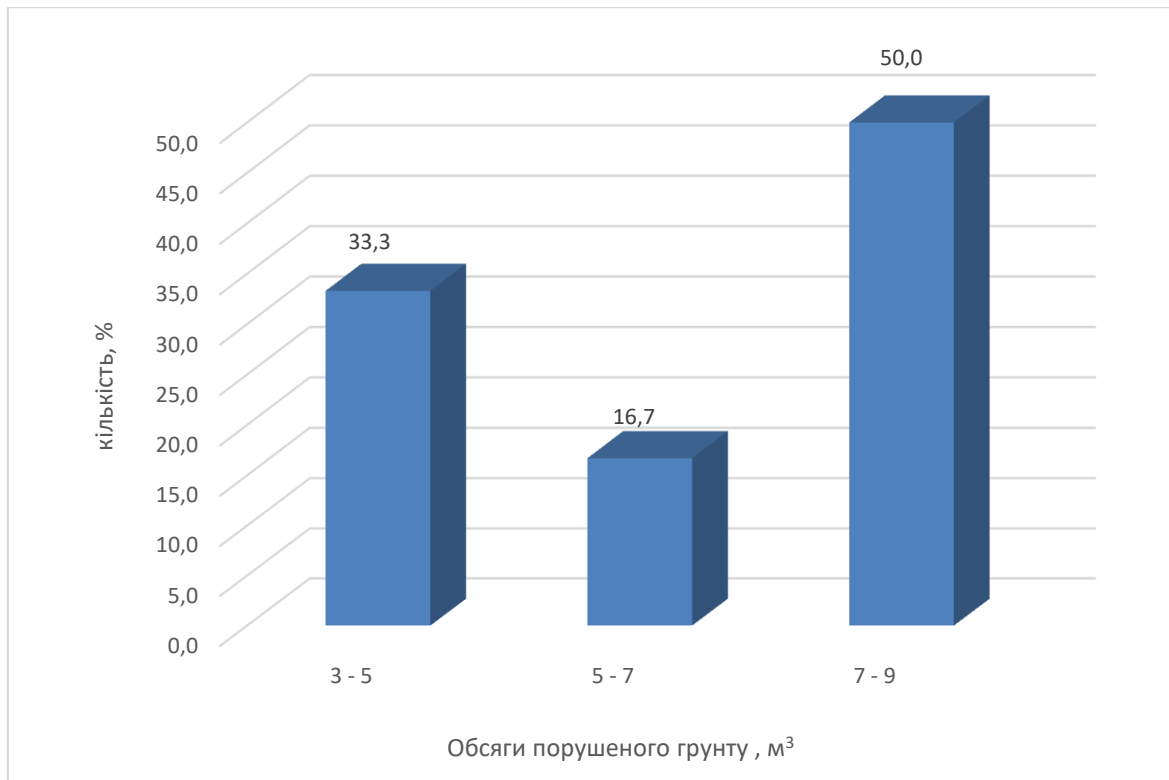


Рисунок 4.6 – Розподіл магістральних трелювальних волоків за обсягом порушеного ґрунту

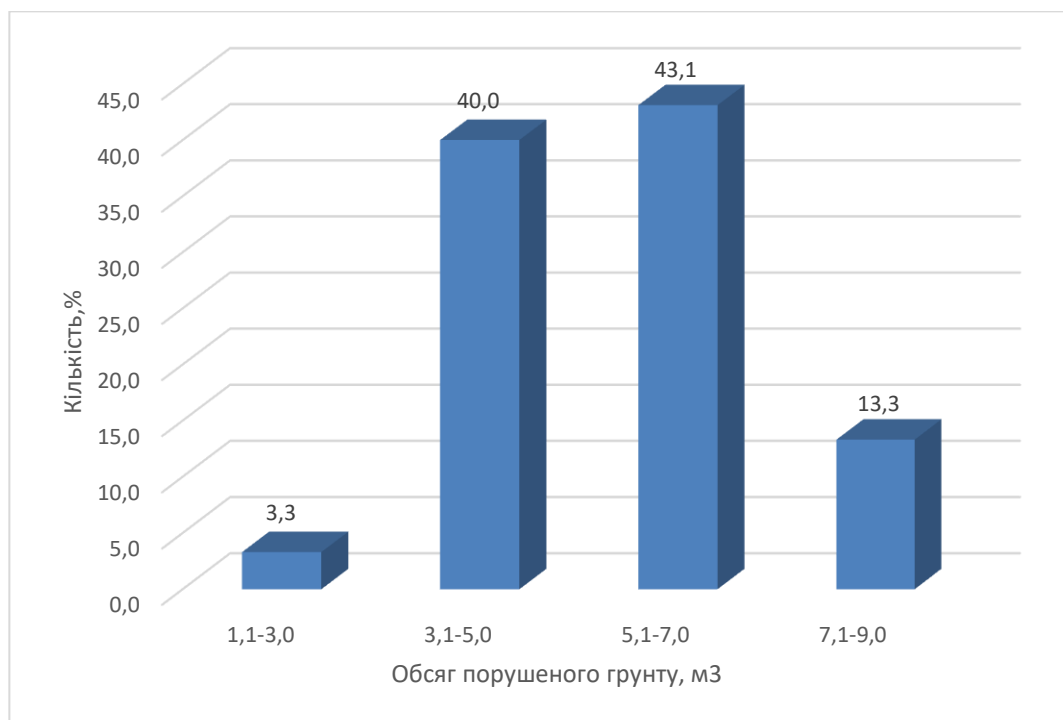
Аналіз даних цього рисунку показує, що на половині всіх магістральних волоків обсяги порушеного ґрунту на 1 пог. м довжини волока знаходяться в межах 7-9 м³. Тільки на третині таких волоків обсяги порушеного ґрунту становлять менше 5 м³ на 1 пог. м.

4.3.2 На пасічних трелювальних волоках 1-го порядку середня ширина становить 5,3 м при глибині 0,78 м. Обсяг порушень ґрунту характеризується значним діапазоном коливань (від 2,2 м³ до 9,0 м³ на один погонний метр волоку), що безумовно залежить від терміну і особливостей їх влаштування та строку подальшої експлуатації. Середній обсяг порушень ґрунту на таких волоках складає 5,1 м³. Із загальної кількості пасічних волоків 1-го порядку 53,3% покрито трав'яною рослинністю, на решті – присутні ерозійні процеси, які переважно носять затухаючий характер. Розподіл пасічних трелювальних волоках 1-го порядку за обсягом порушеного ґрунту подано на рис. 4.7. В результаті встановлено, що найбільша частка припадає на волокни, в яких обсяг порушеного ґрунту складає 5-7 м³. Також наявна відчутна частка волоків

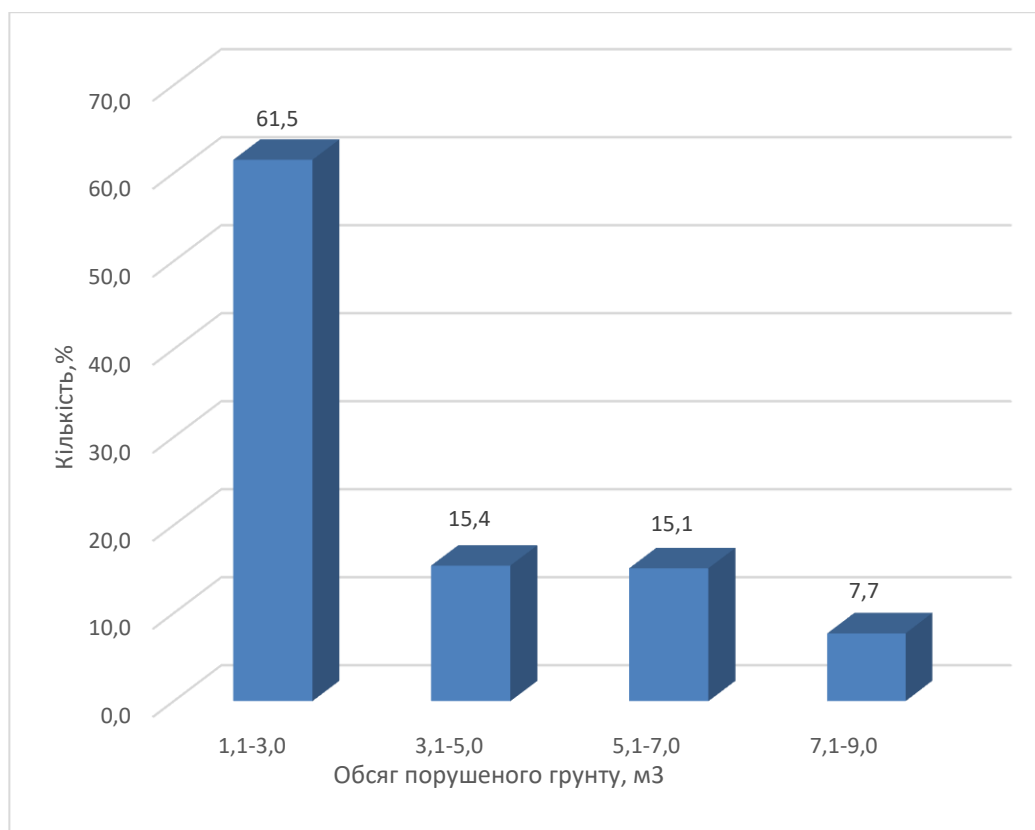
(13,3%), де обсяг порушеного ґрунту складає 7-9 м³. І тільки на незначній частині волоків (3,3%) ця величина становить менше 3 м³.

Середня ширина пасічних трелювальних волоках 2-го порядку становить 4,9 м, а їх глибина – 0,66 м. Встановлено, що середній обсяг експлуатаційної ерозії на пасічних волоках 2-го порядку складає 4,5 м³ на один погонний метр волоку. В свою чергу, 57,1% таких волоків покрито трав'яною рослинністю. Розподіл пасічних волоках 2-го порядку за обсягом порушеного ґрунту (рис. 4.7) показує, що на їх переважній більшості (61,5%) цей показник становить менше 3 м³. При цьому, частка таких волоків з обсягом порушеного ґрунту від 5 до 9 м³ є досить вагомою і становить 22,8%.

Отримані дані дозволять зробити висновок, що найбільш небезпечними в ерозійному відношенні є магістральні трелювальні волоки, на яких виконуються найбільші обсяги вантажної роботи, і термін їх дії значно перевищує термін дії пасічних трелювальних волоків. В більшості випадків спостерігаються незначні перерви в експлуатації магістральних волоків.



а) пасічні трелювальні волоки 1-го порядку



а) пасічні трелювальні волокни 2-го порядку

Рисунок 4.7 – Розподіл пасічних трелювальних волоків за обсягом порушеного ґрунту

Це підтверджується обсягами порушеного ґрунту, які в 1,2 рази більші ніж на пасічних трелювальних волоках 1-го порядку і в 1,4 рази більші ніж на пасічних волоках 2-го порядку. Також для магістральних трелювальних волоків характерним є незатухаючі ерозійні процеси, які на дослідному об'єкті притаманні для більше 80% їх протяжності. Загальний вигляд одного з магістральних трелювальних волоків подано на рис. 4.8.



Рисунок 4.8 - Загальний вигляд магістрального трелювального волоку

Такі обставини викликані або відсутністю на окремих лісових територіях належної дорожньої мережі чи їх малою густотою, що в свою чергу зумовлює необхідність влаштування значної кількості трелювальних волоків різного призначення.

5 ОСНОВНІ ЛІСІВНИЧО-ЕКОЛОГІЧНІ ВИМОГИ ДО ПЕРВИННОГО ТРАНСПОРТУВАННЯ ДЕРЕВИНИ

5.1 Виконання лісівничих вимог при розробці технологічних процесів та проведенні лісосічних робіт повинно забезпечувати екологізацію лісозаготівлі, формування сприятливих умов для успішного природного і штучного відновлення лісу. Весь комплекс лісосічних робіт, включаючи

підготовчі роботи, має проводитися способами, які забезпечують допустимі величини негативного впливу на лісове середовище, елементи біологічного різноманіття, стан водойм і інших природних об'єктів, а також направлені на збереження підросту і молодняку головних деревних порід, що скорочує період відновлення лісу і терміни вирощування технічно стиглої деревини.

5.2 З метою попередження розвитку ерозійних процесів, погіршення водно-фізичних властивостей лісових ґрунтів та їх родючості, а також водоохоронних і захисних властивостей лісу, повинно забезпечуватися виконання наступних вимог:

- вибір типу лісосічних машин має здійснюватися залежно від несучої здатності ґрунту, типу рушія, типу лісу та об'єму стовбура або сортиментів;
- переміщення і розвертання трелювальних машин має здійснюватися тільки по волоках і навантажувальних площадках, уникаючи прямого попадання продуктів поверхневого пошкодження (ґрунтова маса, залишки рослинності, уламки деревини) у водні потоки;
- укріплення волоків порубковими залишками, особливо при розробці лісосік з вологими і перезволоженими, а також із свіжими суглинковими ґрунтами;
- залишення «відбійних» дерев, які мають вирубуватися в останню чергу;
- не проектувати прямих ділянок волоків довжиною понад 200 м на схилах з ухилом понад 15° , зокрема якщо лісозаготівля проводиться у дощові періоди, коли є небезпека буксування лісових машин та розвиток ерозійних процесів;
- будувати відповідні інженерні споруди (мости, труби, облаштовані броди) у місцях перетину волоками постійних чи тимчасових водотоків для уникнення руйнування берегів та розвитку ерозійних процесів;
- створювати буферні берегові зони для унеможливлення поступлення поверхневих вод з полотна доріг чи волоків та водовідвідних каналів безпосередньо до водних потоків.

5.3 Площа, зайнята під верхніми складами, навантажувальними майданчиками та трелювальними волоками за будь-якої технології лісосічних робіт має бути мінімальною. Для влаштування навантажувальних майданчиків у першу чергу використовуються прогалини, лісові дороги і інші вільні від дерев місця, а при їх відсутності і неможливості облаштування навантажувального майданчика на лісосіці, дозволяється їх облаштування за межами лісосіки на вільних від дерев місцях.

5.4 Місця розташування та протяжність магістральних і пасічних волоків мають визначатися розмірами та конфігурацією лісосіки, а також її положенням відносно лісової автодороги. Для забезпечення продуктивної та безпечної роботи не слід допускати прилягання двох пасічних волоків до магістрального в одній точці. При куті прилягання більше 45° має бути забезпечений плавний перехід від пасічного волока до магістрального.

5.5 Переміщення гусеничних і колісних машин з метою збереження життєздатного підросту допускається тільки по волоках, ширина яких повинна відповідати вимогам чинних “Правил охорони праці для працівників лісового господарства та лісової промисловості” [51]. Категорично забороняється прокладання волоків по руслах постійних та тимчасових водотоків, а також у місцях витоку річок, джерел та навколо них. Їх розташування має бути на відстані не меншій ніж 20 м від постійних і 10 м від тимчасових водотоків. 5.6 На гірських схилах трелювальні волоки розміщуються, як правило, у напрямках, близьких до горизонталей. При цьому їх проїзна частина повинна займати не більше 10 відсотків площі лісосіки [47].

5.6 Проведення вибіркового і поступового рубок слід здійснювати із застосуванням технологій та лісових машин, які забезпечують збереження дерев і підросту, що залишаються на лісосіці. З урахуванням необхідності збереження життєздатного підросту і молодняку, звалювання дерев, які призначені в рубку, проводиться у проміжки між ростучими. Стовбури та

сортименти потрібно переміщувати на волок без їх розвертання на пасіках.

5.7 Допустимих екологічних показників при лісозаготівлі можна досягнути при застосуванні трелювальних тракторів за умови оптимально спланованої мережі первинних шляхів транспортування деревини на лісосіці та дотримання технологічної дисципліни при проведенні рубки.

5.8 Формування пакетів деревини необхідно проводити, як правило, при знаходженні трактора на волоку. Не обґрунтовані з'їзди трелювального засобу за межі волоків або його безсистемний рух по лісосіці забороняються. Чокерування деревини здійснюється переважно за відземки стовбурів (сортиментів). Чокерування за вершини) проводиться у випадку звалювання дерев вершинами на волок.

5.9 В насадженнях на вологих і сирих ґрунтах з наявністю підросту дрібної і середньої категорій трелювання деревини повинно проводитись в основному у зимовий період. Лісосіки з наявністю підросту, що підлягає збереженню, розробляються переважно в осінньо-зимовий період.

5.10 На стрімких схилах застосування відповідних технологій та трелювальних засобів повинно запобігати розвитку ерозійних процесів. При цьому мають враховуватися рельєфні умови даної території. Трелювання деревини тракторами на схилах стрімкістю понад 20^0 не допускається. На схилах з меншою стрімкістю трелювальні волоки розміщуються з урахуванням розташування меж лісосіки, наявних лісових автомобільних доріг, навантажувальних майданчиків чи верхніх складів, а також напрямку гірського схилу.

5.11 Для зменшення пошкоджень ґрунту на магістральних, пасічних волоках та навантажувальних площадках під час проведення рубки необхідне виконання наступних вимог :

- визначити сезон заготівлі для конкретної лісосіки із урахуванням ґрунтових умов;

- у період року із значним зволоженням (весняне сніготанення, зяжні дощі) наземне трелювання тракторами рекомендується обмежувати або не проводити.

- при нарізці лісосік в проектах і планах рубок обов'язково враховувати встановлений сезон лісозаготівлі, який вказувати у технологічній карті;

- у процесі проведення лісозаготівлі строго дотримуватись встановлених термінів;

- призупиняти трелювання деревини при перезволоженні верхнього шару

грунту внаслідок злив або зяжних дощів до відновлення нормальних фізико-механічних властивостей ґрунту на ділянці;

- зупиняти лісозаготівлю і вивезення деревини в період весняного та осіннього бездоріжжя.

5.12 При плануванні розташування мережі трелювальних волоків, у першу чергу мають використовуватися місця з мінімальною кількістю підросту та дерев других ярусів, що підлягають збереженню при рубці. Для збереження підросту і не підлягаючих рубці дерев по обидва боки волоків залишаються відбійні дерева, які вибирають з числа призначених в рубку. Після завершення лісосічних робіт вони вирубуються. При поступових рубках відбійні дерева вирубуються після завершення чергового прийому рубки.

5.13 Очищення зрубів від порубкових залишків має здійснюватися способами, які передбачені чинними нормативними документами та з урахуванням гідрологічної ролі лісових територій і необхідності створення умов для відновлення і росту деревних порід. Перевагу доцільно надавати комбінованим методам очищення лісосік. В літній період частина порубкових залишків укладається на проїзну частину волоків з наступним їх ущільненням трелювальним механізмом.

5.14 Місця навантажувальних майданчиків (верхніх складів) після завершення лісосічних робіт мають бути приведені в стан, придатний для лісовідновлення шляхом повного забирання стовбурної деревини та крупних частин лісосічних решток. Крім того рекомендується здійснювати вирівнювання мікрорельєфу.

1. В сучасних умовах, коли надзвичайно загострюються глобальні екологічні проблеми, до яких причетна і лісозаготівля, виникає потреба у підвищенні її лісівничо-екологічної ефективності та практичному застосуванні засад природозбереження. Аналіз літературних джерел засвідчує, що як у розвинутих країнах світу, так і в Україні постійно апробуються та впроваджуються певні методи та способи попередження ерозійних процесів, зокрема і в гірських умовах.

2. Філія «Славське лісове господарство» є типовим лісовим підприємством Сколівських Бескид, чий лісові масиви розташовані в межах висот 550-800м, переважно на пологих і покатих схилах (66,6%). За віком більшість складають середньовікові деревостани (42,2% загальної площі).

3. Основу лісового покриву підприємства формують деревостани з участю ялини (73,6%), де середні запаси стиглих і перестійних насаджень складають 473 м³/га. При цьому їх середній клас бонітету - 1А, а повнота - 0,7. Спостерігається низька стійкість цієї породи до різних збудників хворіб і стихійних явищ (вітровали, буреломи). Тому значні площі лісів потребують проведення великих обсягів оздоровчих заходів, які включають рубки різного цільового призначення.

4. Відзначається повсюдне застосування на лісозаготівлі наземного транспортування деревини (понад 99% від загального обсягу заготівлі). Понад 90% деревини трелюється тракторами різних типів при невеликому переважанні колісних трелювальних тракторів (46,9%). Із застосуванням канатних установок заготовлюється менше 1% деревини. Обсяги трелювання гужовим транспортом, який застосовується в більшості випадків на рубках догляду, є вагомими і складають менше 9%.

5. Значні обсяги трелювання деревини тракторами різних типів вимагають улаштування великої кількості трелювальних волоків, що спричиняє суттєві пошкодження як поверхні зрубів, так і прилеглих територій. Особливо небезпечними в ерозійному відношенні є магістральні трелювальні волоки, що за наявної невисокої густоти лісових автодоріг експлуатуються тривалий

період і з часом перетворюються у лінійні виїмки (яри), до яких примикають пасічні волоки. Тому наявна мережа волоків різного типу змінює гідрологічний режим гірських схилів, що негативно впливає на природну вологість лісових ґрунтів, які є основою забезпечення росту деревостанів.

6. Актуальним є застосування в практичній діяльності лісових підприємств обґрунтованих лісівничо-екологічні вимоги до первинного транспортування деревини, виконання яких при розробці технологічних процесів та проведенні лісосічних робіт повинно забезпечувати екологізацію лісозаготівлі, зниженню ерозійних процесів лісових ґрунтів, чим може бути досягнуто формування сприятливих умов для успішного природного і штучного відновлення лісових деревостанів та забезпечення їх життєвості і стійкості.

1. Message from the XIII world Forestry Congress to the COP 15 of the UNFCCC URL: <http://www.cfm.2009.org/en/detalle-ovedad.asp>.

2. UN Forum on Forests – 18th session (8 to 12 May 2023). URL: <https://www.un.org/esa/forests/forum/index.html>

3. Рамкова конвенція про охорону та сталий розвиток Карпат. Ратифіковано Законом України № 1672-IV від 07.04.2004.

4. Закон України “Про ратифікацію Протоколу про стале управління лісами до Рамковій конвенції про охорону та сталий розвиток Карпат” №5432-УІ від 16.10.2012р. URL: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/5432-17>.

5. Библиук Н.І. Лісотранспорт в Українських Карпатах: головні етапи і тенденції розвитку. Наук. вісник УкрДЛТУ: Лісова інженерія: техніка, технологія і довкілля. – Львів: вид-во УкрДЛТУ. –2004. –Вип. 14.3. –С. 183-194.

6. 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. Міжвідомч. наук.-техн. зб. –Львів: вид-во УкрДЛТУ. –1999.– Вип. 26. –С. 58-62.

7. Біблиук Н.І., Стиранівський О.А., Герис М.І., Бойко М.М., Олійник М.І., Щупак А.Л. Дослідження впливу гусеничних та колісних трелювальних тракторів на лісове середовище в умовах Сколівських Бескидів. Науковий вісник НЛТУ України. – 2016. - Вип. 26.1. - С.191-203

8. Стиранівський О., Библиук Н. Планування екологоприйняттого використання лісотransпортних засобів в Карпатах / О. Стиранівський, [Електронний ресурс]: –Режим доступу: <http://www.lolit.org.ua/hat/tramvaj/seminar/3.htm>.

9. Мартинців М.П. Проблеми первинного транспортування деревини в гірських умовах і шляхи їх вирішення / М.П. Мартинців // Наукові

праці Лісівничої академії наук України. Збірник наукових праць. –Вип. 3. – Львів: ПВБ НЛТУ України. –2004. –С. 114-117.

10. Rice R.M., Rothacher J.S., Megahan W.F. Erosional consequences of timber harvesting: an appraisal. DOI: <https://www.fs.fed.us/psw/publications/rice/Rice72.pdf>.

11. Skid Trails at Wood Harvesting. URL: https://www.researchgate.net/publication/274717237_Skid_Trails_at_Wood_Harvesting.

12. Forestry Best Management Practices. DOI: <https://www2.illinois.gov/dnr/publications/Documents/00000168.pdf>.

13. New Hampshire Best Management Practices for Erosion Control on Timber Harvesting Operations. DOI: https://extension.unh.edu/resources/files/Resource_000247_Rep266.pdf.

14. Maryland Soil Erosion and Sediment Control Standards and Specifications for Forest Harvest Operations. DOI: <https://mde.state.md.us/programs/Water/StormwaterManagementProgram/Documents/FHO%20MANUAL%20Dec%207%202015%20Complete.pdf>.

15. The Guide to Forestry Best Management Practices in Tennessee. DOI: <https://www.tn.gov/content/dam/tn/agriculture/documents/forestry/AgForBMPs.pdf>.

16. Evaluation of Different Best Management Practices for Erosion Control on Machine Operating Trails. /A. Solgi et.al. Croatian Journal of Forest Engineering. 2017. V.40.

17. Ice G. Forty years of lessons learned about the impacts of forest practices on watershed hydrology and water quality. URL: <http://faculty.washington.edu/emer/eic/Forty%20Years%20of%20Lessons.htm>.

18. Aust W.M., Blinn C.R. Forestry best management practices for timber harvesting and site preparation in the eastern United States: An over view of water quality and productivity research during the past 20 years (1982–2002). <https://doi.org/10.1023/B:WAFO.0000012828.33069.f6>.

19. Arthur M. A., Coltharp G. B., Brown D. L. Effects of best management practices on forest stream water quality in Eastern Kentucky. J. Amer. Water Resources Assoc. 1998. № 34(3). P.481–495.
20. Alabama's Best Management Practices for Forestry. Alabama Forestry Commission: 1993. 30 p.
21. Aust W.M. Best management practices for forested wetlands in the southern Appalachian region. Water, Air, and Soil Pollut. 1994. №77. P.457–458.
22. Kochenderfer J. N., Edwards P. J., Wood F. 'Hydrologic impacts of logging an Appalachian watershed using West Virginia's best management practices'. North. J. Appl. For. 1997. №14(4). P.207–218.
23. New York State Forestry Best Management Practices for Water Quality. BMP field guide. New York Department of Environmental Conservation: URL: https://www.dec.ny.gov/docs/lands_forests_pdf/forestrybmp.pdf
24. Texas best management practices for silviculture. Texas Forestry Association: 1989. 65 p.
25. Idaho forestry best management practices field guide. URL: <https://idahoforests.org/product/idaho-forestry-best-management-practices-field-guide-using-bmps-to-protect-water-quality/>.
26. Oklahoma's Best Management Practices for Water Quality. URL: <http://www.forestry.ok.gov/Websites/forestry/images/documents/WaterQuality/Forestry%20BMP-3-16.pdf>.
27. Forestry Best Management Practices in Watersheds. URL: https://cfpub.epa.gov/watertrain/moduleFrame.cfm?parent_object_id=1517.
28. Watershed Academy Web URL: <http://www.epa.gov/watertrain>.
29. Forestry Best Management Practices in Watersheds URL: <http://www.epa.gov/watertrain>.
30. Smallidge P., Goff G. Forestry Best Management Practices. URL: <http://www2.dnr.cornell.edu/ext/info/pubs/Harvesting/BMPs.htm>.

31. Montana guide to the Stream side Management Zone. URL: <https://www.amazon.com/Montana-guide-Streamside-Management-/rules/dp/11175318175>.
32. Montana's Forestry Best Management Practices Program: 20 Years of Continuous Improvement. Journal of Forestry /B.D. Sugden et. al. 2012. URL: <http://dx.doi.org/10.5849/jof.12-029>.
33. Water Quality and Forest Management. URL: https://www.researchgate.net/publication/263125648_Water_Quality_and_Forest_Management.
34. National Management Measures to Control Nonpoint Source Pollution from Forestry. URL: https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-10/documents/2005_05_09_nps_forestrygmt_guidance.pdf.
35. Handbook for small-scale Erosion Control in Coastal California. DOI: <http://www.marinrcd.org/wp/wp-content/uploads/2014/01/Groundwork-A-Handbook-for-Small-Scale-Erosion-Control-in-Coastal-California.pdf>.
36. Best Management Practices for Erosion Control During Trail Maintenance and Construction. URL: <https://www.nhstateparks.org/getmedia/3c45de00-e174-4df0-b678-4670b254290d/Best-Management-Practices-For-Erosion-Control-During-Trail-Maintenance-and-Construction.pdf>.
37. Emergency Erosion Control Techniques for Dealing with Severe Weather Conditions During an Active Timber Harvest. DOI: <https://extension.unh.edu/blog/emergency-erosion-control-techniques-dealing-severe-weather-conditions-during-active-timber>.
38. The Effects of Using Wood Chips and Slash in Reducing Sheet Erosion on Forest Road Slopes. DOI: https://www.researchgate.net/publication/328636163_The_Effect_of_Using_Chip_and_Slash_in_Reducing_Sheet_Erosion_on_Forest_Road_Slopes.
39. Labelle E.R., Jourgholami M., Khajavi S. Mulching and water diversion structures on skid trails: Response of soil physical properties six years after harvesting. Ecological Engineering. 2018. V.123. P.1-9.

40. Jourgholami M., Abari M.E. Effectiveness of sawdust and straw mulching on postharvest runoff and soil erosion of a skid trail in a mixed forest. *Ecological Engineering*. 2017. V.109, Part A. P.15-24.

41. Jourgholami M., Labelle E.R., Feghhi J. Efficacy of leaf litter mulch to mitigate runoff and sediment yield following mechanized operations in the Hyrcanian mixed forests. *Journal of Soils and Sediments*. 2019. V.19. P.2076–2088.

42. Comparison of different erosion control techniques in the Hyrcanian forest in northern Iran. /A. Masumian et.al. *Journal of Forest science*. 2017. V. 63: P.549–554.

43. Grace J. M. Effectiveness of vegetation in erosion control from forest Road sideslopes. DOI: <https://core.ac.uk/download/pdf/24059867.pdf>.

44. Swift L.W. Gravel and grass surfacing reduces soil loss from mountain roads. *Forest Science*. 1984. V.30. P. 657–670.

45. Maintain Forest Roads to Prevent Erosion and Protect Water. DOI: <https://extension.psu.edu/maintain-forest-roads-to-prevent-erosion-and-protect-water>.

46. Prevention of Diffuse Pollution from Active Forestry Harvesting Sites: A preliminary study into the source of sediment and the practical use of material for sediment retention. DOI: http://ssienvironmental.ie/wp-content/themes/Bizlight/pdf/Kirsty_Dissertation_Final.pdf.

47. Правила рубок головного користування в гірських лісах Карпат: затв. постановою Кабінету Міністрів від 22.10.2008р. №929. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/929-2008-%D0%BF>.

48. Рекомендації з удосконалення технології лісозаготівлі при різних способах рубок в гірських лісах Українських Карпат. Івано-Франківськ: Просвіта, 2017. 52с.

49. Библиук Н.І. Екологічна сумісність наявних технологій лісозаготівлі з природнім середовищем: європейський досвід і українські реалії. Збірник наукових праць ЛАНУ. Львів, 2004. Вип.3. С.118-132.

50. Екологічні методи запобігання ерозійних процесів на гірських схилах Верховинського регіону Українських Карпат. URL: http://nppver.at.ua/news/ekologichni_metodi_zapobigannja_erozijnikh_procesiv_na_girskikh_skhilakh_verkhovinskogo_regionu_ukrajinskikh_karpat/2013-11-14-117.

51. НПАОП 02.0-1.04-05 Правила охорони праці для працівників лісового господарства та лісової промисловості. Затв. Наказом Держнаглядохоронпраці від 13.07.2005 р. №119.

Додаток А

Основні показники трелювальних волоків на дослідному об'єкті

Позначення волоку	Загальна довжина волоку, м	Середні параметри волоку			Загальна площа волоку, м ²	Загальний об'єм ерозії на волоку, м ³	Об'єм ерозії на 1 пог. м волоку, м ³
		ширина, м	глибина, м	площа перерізу, м ²			
1	2	3	4	5	6	7	8
Магістральні волокни							
1	1258	5,2	0,7	4,7	6542	5699	4,5
2	1041	5,3	0,9	6,5	5517	6370	6,1
3	1025	5,1	0,6	3,9	5228	3388	3,3
4	462	7,2	0,9	7,5	3326	3764	8,1
5	1653	6,5	0,8	7,6	10745	14758	8,9
6	1051	6,2	1,0	7,4	6516	7842	7,5
Разом	6490				37874	41821	
Пасічні волокни 1-го порядку							
1.1	204	4,6	0,6	3,3	938	672	3,3
2.1	219	4,3	1,0	4,7	942	1019	4,6
2.2	252	5,4	0,7	4,2	1361	1080	4,3
2.3	118	5,1	0,9	5,1	602	601	5,1
2.4	278	6,3	1,2	10,1	1751	2546	9,2
2.5	63	4,9	1,1	6,5	309	404	6,4
2.6	88	3,9	1,1	5,5	343	491	5,6
2.7	171	4,9	0,9	5,7	838	911	5,3
2.8	255	6,4	0,4	3,9	1632	971	3,8
2.9	238	5,7	0,4	3,6	1357	811	3,4
2.10	307	4,9	0,5	3,7	1504	914	3,0
2.11	325	4,3	0,6	3,6	1398	1133	3,5
3.1	305	3,9	0,6	2,8	1190	677	2,2
3.2	303	4,0	0,6	3,2	1212	986	3,2
3.3	53	3,7	0,6	3,1	196	165	3,1
3.4	365	4,7	0,8	5,5	1716	1986	5,4
3.5	79	3,5	0,8	3,7	277	289	3,7
4.1	42	6,0	0,9	6,7	252	279	6,6
4.2	221	6,5	0,8	6,9	1437	1484	6,7
4.3	84	5,2	0,9	5,9	437	488	5,8
4.4	333	5,4	0,7	4,6	1798	1459	4,4
5.1	294	6,7	0,8	6,0	1970	1704	5,8
5.2	232	6,9	0,8	8,0	1601	1686	7,3
5.3	275	4,7	0,8	4,9	1293	1476	5,4

1	2	3	4	5	6	7	8
5.4	247	5,4	0,5	3,6	1334	900	3,6
5.5	361	7,6	0,8	8,5	2744	2838	7,9
5.6	226	5,1	0,8	5,4	1153	1350	6,0
5.7	144	6,9	1,0	8,3	994	1138	7,9
6.1	388	5,0	0,9	6,9	1940	2466	6,4
6.2	459	5,8	0,8	5,9	2662	2343	5,1
Разом	6929				37181	35267	
Пасічні волокни 2-го порядку							
1.1.1	95	3,6	0,5	2,0	342	189	2,0
2.1.1	110	3,4	0,7	2,7	374	286	2,6
2.11.1	99	4,1	0,5	3,1	406	305	3,1
2.11.2	134	5,3	0,4	2,3	710	307	2,3
2.11.3	94	4,9	0,4	2,8	461	261	2,8
2.11.4	256	4,2	0,5	2,9	1075	725	2,8
3.1.1	883	4,0	0,5	2,5	3532	2246	2,5
3.2.1	199	3,6	0,5	2,3	716	424	2,1
5.1.1	270	7,0	1,2	9,9	1890	2534	9,4
5.2.1	154	3,5	0,7	3,4	539	424	2,8
5.2.2	29	8,5	1,0	8,5	247	243	8,4
5.5.1	116	8,2	0,7	6,6	951	765	6,6
5.5.2	65	5,2	0,7	4,7	338	304	4,7
6.1.1	94	4,4	1,0	5,8	414	543	5,8
Разом	2598				11995	9556	
Всього	16017				87050	86644	