

### 3. ТЕХНОЛОГІЯ ТА УСТАТКУВАННЯ

УДК 630.31:658.011.51

#### ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ГУСЕНИЧНИХ ТА КОЛІСНИХ ТРЕЛЮВАЛЬНИХ ТРАКТОРІВ НА ЛІСОВЕ СЕРЕДОВИЩЕ В УМОВАХ СКОЛІВСЬКИХ БЕСКИДІВ

*Н.І. Библюк<sup>1</sup>, О.А. Стиранівський<sup>2</sup>, М.І. Герис<sup>3</sup>,  
М.М. Бойко<sup>4</sup>, М.І. Олійник<sup>5</sup>, А.Л. Щупак<sup>6</sup>*

Наведено результати дослідження впливу різних типів трелювальних машин на лісове середовище Українських Карпат. Встановлено головні види і показники пошкодження лісового середовища унаслідок роботи трелювальних тракторів. Обґрунтовано критерії екологічної сумісності наземних лісових машин і довкілля та показники порівняльної оцінки впливу колісних і гусеничних трелювальних тракторів на опорну поверхню. Досліджено динаміку зміни параметрів колієутворення у процесі багаторазових проїздів колісних і гусеничних трелювальних тракторів. Розроблено практичні рекомендації щодо екологічно безпечних та економічно доцільних умов використання трелювальних машин в умовах гірського лісового масиву Сколівські Beskidy.

**Ключові слова:** колісний і гусеничний трелювальний трактори, пошкодження, лісове середовище, Сколівські Beskidy.

**Вступ.** Лісова екосистема є своєрідним природним комплексом, що виконує важливі регіональні, кліматорегулятивні, захисні та рекреаційні функції, водночас вона слугує головним джерелом забезпечення господарських потреб деревиною та іншими продуктами побічного користування лісом. Господарський вплив на довкілля порушує природні екосистеми, призводить до зменшення водоохоронно-захисної ролі лісів, посилення ерозійних процесів, зниження біологічної стійкості деревостану.

У цьому контексті одним із екологічно найнебезпечніших видів господарської діяльності є лісозаготівля, зокрема трелювання деревини, оскільки під час цього процесу пошкоджуються деревостан, підріст, природні водотоки і ґрунт. Однак ступінь техногенного впливу, зокрема лісозаготівлі, на лісове середовище можна звести до екологічно прийнятної межі, а технічні показники використання лісотransпортних засобів – до економічно доцільних значень шляхом належного оцінювання інтенсивності екологічного ризику та прийняття певних технічних і технологічних рішень. Усе це засвідчує доцільність і актуальність виконання досліджень впливу різних типів трелювальних машин на лісове середовище Українських Карпат.

**Мета роботи** полягає у покращенні екологічних показників роботи наземних машин для трелювання деревини в умовах одного із гірських лісових масивів Карпат – Сколівських Beskidy.

Для цього потрібно вирішити такі завдання:

- проаналізувати види технічних засобів для трелювання деревини в умовах Сколівських Beskidy;
- встановити головні види і показники пошкодження лісового середовища унаслідок роботи трелювальних тракторів;
- обґрунтувати критерії екологічної сумісності наземних лісових машин і довкілля та показники порівняльної оцінки впливу колісних і гусеничних трелювальних тракторів на опорну поверхню;
- дослідити динаміку зміни параметрів колієутворення у процесі багаторазових проїздів колісних і гусеничних трелювальних тракторів;
- визначити усереднені геометричні параметри пошкодження ґрунтової поверхні;
- розробити практичні рекомендації щодо екологічно безпечних та економічно доцільних умов використання трелювальних машин в умовах гірського лісового масиву Сколівські Beskidy.

**Об'єкти і методика дослідження.** Пошкодження на лісосіці є неминучими і часами завдають незворотної шкоди лісовому середовищу, водночас їх параметри значною мірою залежать від типу лісової машини. Зважаючи на те, що на сьогодні в умовах гірських лісових масивів Сколівських Beskidy працюють тільки три канатні установки – дві у ДП "Славське лісове господарство" (Laгіх-3Т і MOZ-300) та одна у ДП "Сколівське лісове господарство" (MOZ-300), об'єктами дослідження вибрано гусеничний трелювальний трактор ТТ-4 (один із найчастіше застосовуваних у гірських умовах Сколівських Beskidy) і його відповідник за головними технічними параметрами колісний скідер HSM-805.

Для визначення реальних показників пошкодження довкілля лісовими машинами, порівняльного екологічного оцінювання способів трелювання деревини, а також обґрунтування екологічно безпечних режимів роботи лісотransпортних засобів виконано натурні обстеження наслідків лісозаготівельної діяльності в гірських умовах Сколівських Beskidy та полігонні дослідження процесів колієутворення унаслідок багаторазового проїзду колісних і гусеничних трелювальних тракторів. Дослідження проведено у Рожанському лісництві ДП "Славське лісове господарство", територія якого за своїми особливостями є характерною для Сколівських Beskidy.

Для визначення динаміки колієутворення на випробувальному полігоні фіксували щільність непорушеного шару ґрунту, масову вологість ґрунту і глибину колії. При цьому використано методичні підходи, викладені в [1, 2].

**Результати досліджень.** Відомо три принципово різні за способом транспортування деревини технології гірської лісозаготівлі: наземне транспортування волоками чи канатними дорогами і повітряне транспортування літальними апаратами (рис. 1) [1].

Наземні транспортні засоби можуть рухатися в умовах бездоріжжя, а якщо природні умови місцевості стають занадто складними – інженерними спорудами (трелювальними волоками, чи канатними дорогами). Повітряне транспортування деревини може бути застосовано у будь-яких природних умовах і, без-

<sup>1</sup> проф. Н.І. Библюк, д-р техн. наук – НЛТУ України, м. Львів;

<sup>2</sup> доц. О.А. Стиранівський, канд. техн. наук – НЛТУ України, м. Львів;

<sup>3</sup> доц. М.І. Герис, канд. техн. наук – НЛТУ України, м. Львів;

<sup>4</sup> ст. викл. М.М. Бойко – НЛТУ України, м. Львів;

<sup>5</sup> ст. викл. М.І. Олійник – НЛТУ України, м. Львів;

<sup>6</sup> асист. А.Л. Щупак – НЛТУ України, м. Львів

перечно, з мінімальним впливом на довкілля, але через високі експлуатаційні витрати доцільність його використання визначають насамперед за економічними показниками.

Наземне транспортування			Повітряне транспортування
волоком		канатною дорогою	
			
Критерії вибору	природні умови, екологічний, економічний		економічний, екологічний

Рис. 1. Системи лісових машин за різних способів транспортування деревини

Рішення щодо вибору наземного виду лісотранспорту може бути ухвалене тільки для конкретної лісозаготівельної стратегії з урахуванням опорної прохідності лісової машини, ступеня її негативного впливу на довкілля, вартості дорожнього будівництва, експлуатаційних затрат тощо. Зважаючи на високі експлуатаційні затрати, транспортування деревини літальними апаратами у Сколівських Beskidaх, та й взагалі в Україні, не застосовують. Зазвичай на технологічній операції первинного транспортування (трелювання) деревини застосовують трелювальні трактори (скідери) з колісним чи гусеничним рушієм, рідше – канатні установки і в окремих випадках – коні.

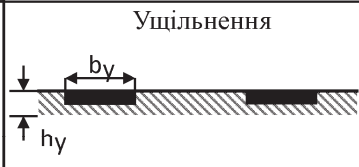
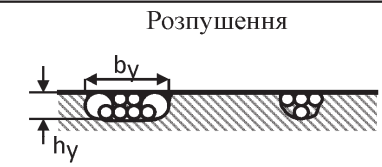
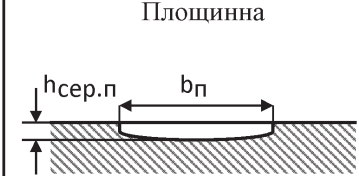
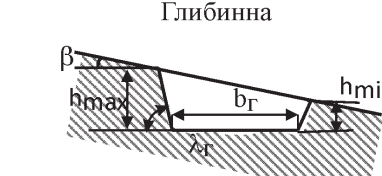
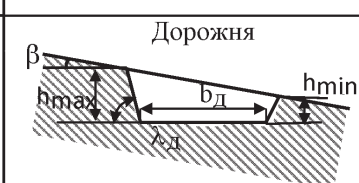
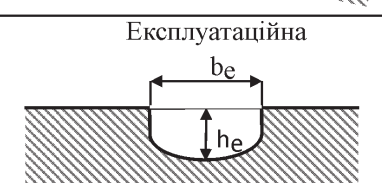
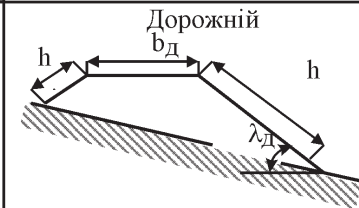
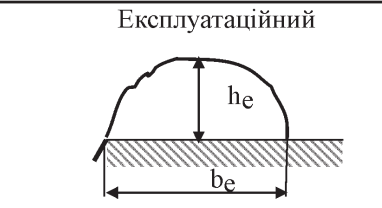
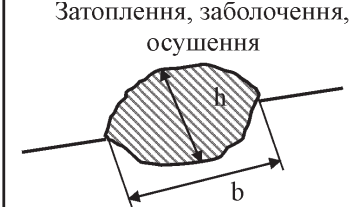
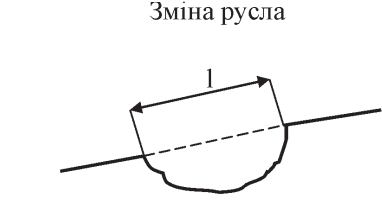
Головними наслідками впливу лісозаготівлі на водоохоронно-грунтозахисні властивості лісів і лісовідновлення є пошкодження поверхні ґрунту, дерев і підросту. Найбільшою мірою величина пошкоджень залежить від: способу і сезону рубання та трелювання деревини, протяжності, крутості, форми та експозиції схилу [3]. Особливо великої шкоди довкіллю завдають прокладання й експлуатація лісотранспортних шляхів (доріг, трелювальних волоків) у складних рельєфних умовах. На гірських лісосіках волокни прокладають поперек схилу із зрізанням і переміщенням значних об'ємів ґрунту, що призводить до оголювання гірської породи, активізації ерозійних процесів і поверхневого змивання ґрунтових частинок під час дощів.

Порушення, пов'язані з лісозаготівельною діяльністю, поділяють на такі види: геомеханічні, гідродинамічні, аеродинамічні та біоморфологічні (табл. 1). Аеродинамічні порушення (вітрові коридори) можуть виникати внаслідок розташування довгих лісосік уздовж напрямків панівних вітрів. Біоморфологічні (фіто-, зоо- і мікробіотичні) порушення виникають, зазвичай, одночасно з геомеханічними і гідродинамічними порушеннями. Найпоширеніші форми фітоценотичних порушень: пошкодження, знищення та видові зміни рослинності. Контур цих порушень проявляється досить чітко.

На здатність ґрунту витримувати зовнішні навантаження визначальний вплив мають такі параметри [4]: структура ґрунту, його природна щільність і

пористість, миттєва вологість, товщина шару гумусу і кореневої системи. Під дією контактного тиску зменшується пористість ґрунту, зростає щільність і змінюються інші параметри його фізичного стану.

Табл. 1. Характерні форми порушень природних компонентів у зоні дії лісозаготівельних підприємств

Вид	Група	Форма	
		Ущільнення	Розпушення
Геомеханічні	Деформація		
	Ерозія		
	Виймка		
	Насип		
Гідродинамічні		Затоплення, заболочення, осушення 	Зміна русла 

Придатність ґрунтової поверхні до лісоексплуатації, рівень ефективності майбутніх лісотранспортних робіт, а також ступінь потенційно завданої довкіллю шкоди значною мірою залежать від тримної здатності ґрунту та його опору зсувним зусиллям. На ступінь ущільнення ґрунту значною мірою впливають та-

кож параметри конструкції (повна вага, типорозмір шин, тиск повітря у них) [5] і руху (швидкість руху і кількість проїздів) лісотransпортного засобу. І тому серед науковців досі нема єдиної думки щодо критеріїв екологічної сумісності рушія лісової машини з ґрунтовою поверхнею.

Екологічно допустимі межі використання лісових машин в EcoWood проекті [6] запропоновано оцінювати за співвідношенням конусного показника  $CI$  і контактного тиску на ґрунт  $p_k$ , т. зв. колісного індексу (індексу рушія). Приймаючи максимальну глибину колії на рівні 10 см, визначено екологічно допустимі значення відношення  $CI/p_k$  у діапазоні від 3 до 7 (рис. 2), що відповідає певному допустимому значенню контактного тиску на ґрунт (табл. 2).

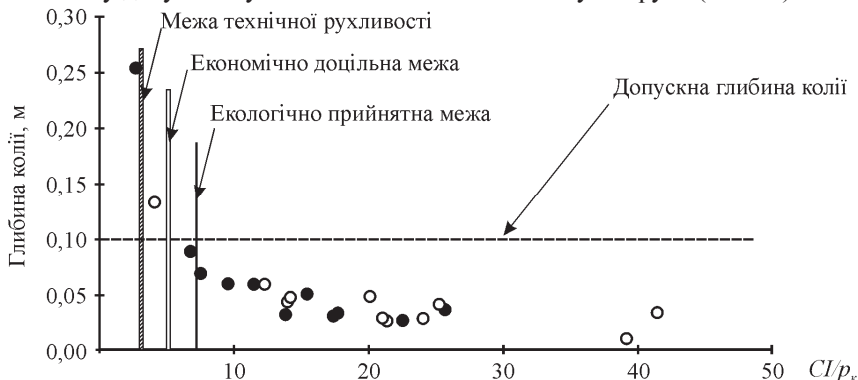


Рис. 2. Залежність глибини колії від індексу рушія за EcoWood проектом

Табл. 2. Класифікація ґрунтових умов за EcoWood проектом

Опис ґрунтової поверхні (клас)	Параметри витримувальної здатності ґрунту			Допустиме значення питомого тиску, кПа
	$CI$ , кПа	$E$ , кПа	$\tau$ , кПа	
Тверда (1)	>500	>60	>60	>80
Середньої твердості (2)	300-500	20-60	20-60	60-80
М'яка (3)	<300	<20	<20	40-60

Узагальнено можна констатувати, що індекс рушія, запропонований в EcoWood проекті, як критерій екологічної сприйнятливості трелювання деревини є досить універсальним, однак він не враховує кількості проїздів лісової машини одним і тим самим слідом й площі пошкодження. На наш погляд, для порівняльної оцінки впливу колісних і гусеничних трелювальних тракторів доцільно використати глибину колії у процесі багаторазових проїздів та площу пошкодження.

Для визначення усереднених параметрів пошкоджень, завданих трелювальними тракторами, за методикою, розробленою в Національному лісотехнічному університеті України [1], було обстежено і побудовано розподіли величин їх геометричних параметрів за діапазонами (див. рис. 3).

Ухил ділянок волоків змінюється від  $0^\circ$  до  $35^\circ$ , середнє значення становить  $10,2^\circ$ - $13,5^\circ$ . Ширина волока перебуває в межах від 1,4 до 11,8 м, середнє значення становить 4,9-5,4 м.

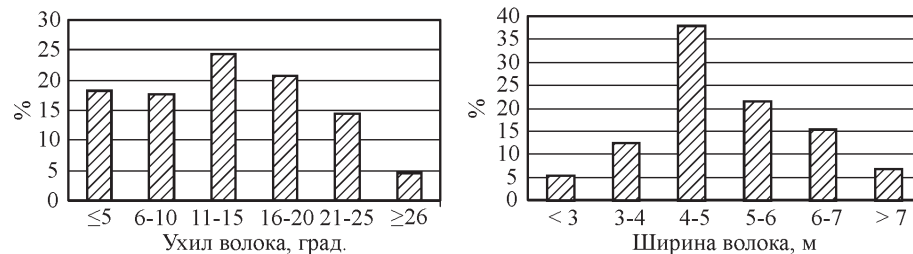


Рис. 3. Розподіл геометричних параметрів волоків

У процесі дослідження не встановлено істотної різниці між геометричними параметрами (шириною) пошкоджень опорної поверхні унаслідок руху колісних і гусеничних трелювальних тракторів. Водночас виявлено, що пошкодження більшої ширини характерні для поворотів трелювальних волоків з невеликими радіусами заокруглень і спричинені головно пачкою деревини, яка трелюється. Це свідчить про те, що для зменшення площі пошкодження ґрунтової поверхні унаслідок трелювання деревини цю технологічну операцію потрібно здійснювати форвардерами (машинами, що транспортують деревину у повністю завантаженому стані) і також уникати поворотів волоків з малими радіусами заокруглень. Фотографії окремих фрагментів полігонних досліджень процесів колієутворення та їх висліди наведено на рис. 4-6.



Рис. 4. Полігонні дослідження взаємодії трелювальних тракторів TT-4 і HSM-805 з опорною поверхнею

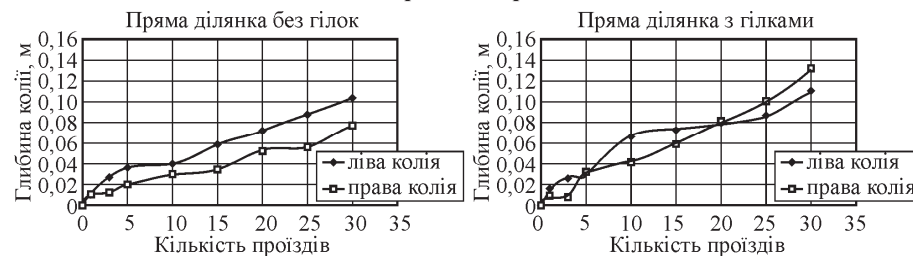


Рис. 5. Порівняльний вплив використання настилу з гілок на колієутворення для колісного трактора

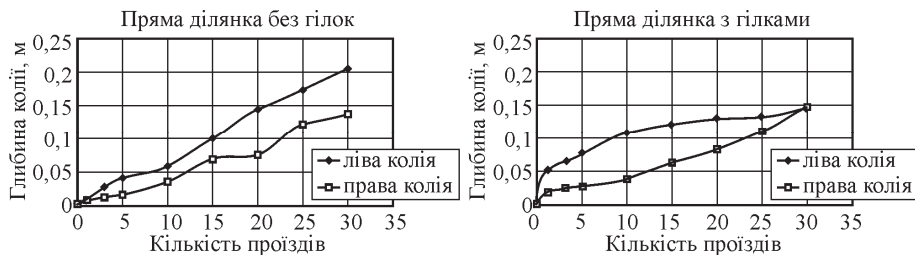


Рис. 6. Порівняльний вплив використання настилу з гілок на колієутворення для гусеничного трактора

Тестова ділянка для руху колісного трактора HSM-805: не порушеної структури, покрита щільним рослинним покривом, ухил – 3°, щільність ґрунту 1,13-1,44 г/см<sup>3</sup>, вологість 68-76%. Тестова ділянка для руху гусеничного трактора ТТ-4: щільність ґрунту 1,06-1,36 г/см<sup>3</sup>, вологість 81-85%. Дослідження проводили для руху тракторів з навантаженням у вигляді бетонних блоків масою 3900 кг.

З результатів дослідження (див. рис. 4-5) видно, що глибина колії після перших 5-10-ти проїздів становить близько 70% глибини колії після 20-ти проїздів, що відповідає практично найбільшому ущільненню ґрунтових частинок. Надалі (після 20-ти проїздів) зростання глибини пошкодження ґрунтової поверхні відбувається головним чином внаслідок ерозійних процесів.

**Висновки.** На підставі аналізу вислідів досліджень впливу різних типів трелювальних машин на лісове середовище Українських Карпат встановлено:

- наслідками впливу лісових машин на довкілля є: геомеханічні, ґрунтогідрологічні, аеродинамічні та біоморфологічні порушення лісового середовища. Найнебезпечніші із них – геомеханічні пошкодження опорної поверхні, які характеризують глибиною колії та площею пошкодженої поверхні;
- інтенсивність колієутворення істотно залежить від тримної здатності ґрунту, яка значною мірою зумовлена геоморфологічною структурою Карпат;
- наявність настилу з гілок на 10-20% зменшує глибину колії;
- максимальна глибина колії внаслідок 5-10 проїздів колісного HSM-805 і гусеничного ТТ-4 тракторів у русі на прямій дослідній ділянці не перевищувала екологічно безпечної межі;
- ущільнення ґрунту середньої твердості колісними і гусеничними тракторами під час прямолінійного руху відбувається практично за однаковими залежностями.

Для зменшення негативного впливу на довкілля у процесі трелювання деревини в експлуатаційних умовах Сколівських Бескидів доцільно дотримуватися таких настанов:

- на стрімких і дуже стрімких схилах надавати перевагу використанню канатних лісотransпортних систем;
- на пологих і спадистих схилах застосовувати форвардери, в окремих випадках скідери з колісним рушієм (на ґрунтах з високою та середньою тримною здатністю, модуль деформації – понад 80 кПа) і з гусеничним рушієм (на ґрунтах з низькою тримною здатністю, модуль деформації до 40 кПа);
- дотримуватися оптимальної відстані трелювання для колісних машин 600-800 м, для гусеничних машин 400-500 м;
- за змогою уникати поворотів малих радіусів;

- на ділянках із низькою тримною здатністю і високим ступенем техно-генного впливу (пасічні волоки – понад 5 проїздів, магістральні волоки) про-стелити за-лишки лісозаготівлі (свіжо зрубані гілки, дрібні уламки стовбурів).

### Література

1. Стиранівський О.А. Природоохоронні засади транспортного освоєння гірських лісових територій : монографія / О.А. Стиранівський, Ю.О. Стиранівський. – Львів : РВВ НЛТУ України, 2010. – 208 с.
2. Byblyuk N. Timber harvesting in the Ukrainian Carpathians: Ecological problems and methods to solve them / N. Byblyuk, O. Styranyivsky, V. Korzhov, V. Kudra // Journal of Forest Science. – 2010. – Vol. 56 (7). – Pp. 333-340.
3. Библюк Н. Екологічні аспекти гірської лісозаготівлі / Н. Библюк, М. Библюк // Праці НТШ. – 1998. – Т. 2. – С. 586-600.
4. Arnup R.W. The extent, effect and management of forestry-related soil disturbance, with reference to implications for the Clay Belt: a literature review / R.W. Arnup // Ontario Ministry of Natural Resources. Northeast Science & Technology, TR-37, 1998. – 30 p.
5. Čížek J. Biotechnické prepoklady mechanizace lesní výroby / J. Čížek. – Praha : Statni Zemedelske Nakladatelstvi. – 1979. – 35 s.
6. Owende P.M.O. Operations protocol for Eco-efficient Wood Harvesting on Sensitive Sites / P.M.O. Owende, J. Lyons, R. Haarlaa, A. Peltola, R. Spinelli, J. Molano, S.M. Ward // Project ECO-WOOD. Contract No. QLK5-1999-00991, 2002. – 74 p.

Надіслано до редакції 04.02.2016 р.

### Библюк Н.И., Стиранівський О.А., Герыс Н.И., Бойко М.М., Олійник М.И., Шчупак А.Л. Исследование влияния гусеничных и колесных трелевочных тракторов на лесную среду в условиях Сколевских Бескидов

Приведены результаты исследования влияния различных типов трелевочных машин на лесную среду Украинских Карпат. Установлены главные виды и показатели поврежденной лесной среды вследствие работы трелевочных тракторов. Обоснованы критерии экологической совместимости наземных лесных машин и окружающей среды и показатели сравнительной оценки влияния колесных и гусеничных трелевочных тракторов на опорную поверхность. Исследована динамика изменения параметров колееобразования в процессе многократных проездов колесных и гусеничных трелевочных тракторов. Разработаны практические рекомендации по экологически безопасных и экономически целесообразных условиях использования трелевочных машин в условиях горного лесного массива Сколевские Бескиды.

**Ключевые слова:** колесный и гусеничный трелевочный тракторы, повреждения, лесная среда, Сколевские Бескиды.

### Byblyuk N.I., Styranyivsky O.A., Herys M.I., Boyko M.M., Oliynyk M.I., Shchupak A.L. The Research of the Influence of Tracked and Wheeled Skidders on the Forest Environment in the Conditions of Skole Beskids

Some research results of the influence of different types of skidders on the forest environment of the Ukrainian Carpathians are provided. Main types and indicators of damage of forest environment due to skidding operations are identified. The criteria of environmental compatibility of forest machines and the environment and the indicators of comparative assessment of the impact of wheeled and tracked skidders on the supporting surface were substantiated. The dynamics of changes in the rutting parameters during multiple passages of wheeled and tracked skidders was investigated. Practical guidelines for the environmentally sound and economically viable conditions of using skidder in the conditions of mountain forest in Skole Beskids have been developed.

**Keywords:** wheeled and tracked skidders, damage, forest environment, Skole Beskids.