

**Дослідження впливу машин  
для первинного транспортування деревини  
на лісове середовище українських Карпат**

**Research of influence of machines for the primary transportation  
of wood on the forest environment of Ukrainian Carpathians**

*С. Ю. Кокоць, ДП «Славське лісове господарство»  
А. Л. Щупак, М. М. Бойко, М. І. Олійник  
Національний лісотехнічний університет України*

***Мета.** Визначення реальних показників пошкоджень довкілля лісовими машинами, дослідження способів трелювання деревини з обґрунтуванням екологічно безпечних режимів роботи лісотransпортних засобів, а також виявлення впливу настилу із лісозаготівельних решток на ступінь пошкодження опорної поверхні в умовах українських Карпат.*

***Методи дослідження.** Натурні обстеження наслідків лісозаготівельної діяльності у гірських умовах українських Карпат та полігонні дослідження процесів колієутворення внаслідок багаторазових проїздів колісних і гусеничних трелювальних тракторів із застосуванням інструментальних вимірювань й відбором проб.*

***Результати.** Наведено результати дослідження впливу різних типів трелювальних машин на лісове середовище українських Карпат. Розроблено алгоритм вибору лісотransпортного засобу для первинного транспортування деревини. Внаслідок дослідження не встановлено істотної різниці між геометричними параметрами (шириною) пошкоджень опорної поверхні через рух колісних і гусеничних трелювальних тракторів. Водночас виявлено, що пошкодження більшої ширини характерні для поворотів трелювальних волоків з невеликими радіусами закруглень, і вони спричинені головною пачкою деревини, яка трелюється. Досліджено вплив настилу із лісозаготівельних решток на ступінь пошкодження опорної поверхні. Настил з гілок товщиною 15 см істотно (у 2–3 рази) зменшує глибину колії та на 10–20 % — інтенсивність ущільнення ґрунту.*

***Висновки.** За результатами дослідження розроблено практичні рекомендації щодо зменшення негативного впливу на довкілля в процесі первинного транспортування деревини в природно-експлуатаційних умовах українських Карпат.*

***Ключові слова:** лісотransпортні засоби, первинне транспортування деревини, опорна поверхня, колієутворення.*

**Вступ**

Одним із екологічно найнебезпечніших видів лісогосподарської діяльності є лісозаготівля, оскільки упродовж цього процесу пошкоджуються деревостан, підріст, природні водотоки і ґрунт. Однак ступінь техногенного впливу, зокрема первинного транспортування деревини, на лісове середовище можна звести до екологічно прийнятної межі, а технічні показники використання лісотransпортних засобів — до економічно доцільних значень через належне оцінювання інтенсивності екологічного ризику, прийняття певних технічних і технологічних рішень [1].

Усе це актуалізує доцільність досліджень впливу машин для первинного транспортування деревини на лісове середовище українських Карпат.

**Об'єкти і методика досліджень.** Пошкодження на лісосіці є неминучими і значною мірою залежать від типу лісової машини. Зважаючи на те, що на сьогоднішній день в умовах гірських лісових масивів українських Карпат первинне транспортування деревини головним чином здійснюється гусеничними та колісними трелювальними тракторами, об'єктами дослідження було обрано гусеничний трелювальний трактор ТТ-4 (один із найчастіше застосовуваних у гірських умовах українських Карпат) і його відповідник за головними технічними параметрами колісний скідер HSM-805 [2].

Для визначення реальних показників пошкоджень 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 українських Карпат та полігонні дослідження процесів колієутворення унаслідок багаторазових проїздів колісних і гусеничних трелювальних тракторів. Дослідження виконувалися у Рожанському лісництві ДП «Славське лісове господарство», територія якого за своїми особливостями є характерною для українських Карпат.

Методика дослідження параметрів колієутворення передбачала замір глибини пошкодження опорної поверхні після виконання тракторними рушьями *i*-тих проїздів за допомогою наступних приладів та апаратури: мірна рулетка, тахеометр Trimble M3 (Японія), геодезичний нівелір Н-3К (з компенсатором кутів нахилу), геодезична рейка, польова лабораторія марки ПЛЛ-9, тасьма, кілки, цифровий фотоапарат.

Площу полігону для проведення випробувань вибрано 40 м на 60 м, з ухилом поверхні до  $2^{\circ}$ – $4^{\circ}$ , на якій розбито трасу для проходження трактором характерних ділянок.

Перед початком досліджень укладали настил із лісозаготівельних решток та забирали проби непорушеного шару ґрунту. Проби бралися за допомогою ґрунтовідбірників з витискачем у ґрунтові бокси об'ємом 50 см<sup>3</sup> (лабораторія ПЛ-9). Ґрунтовідбірники втискувались у ґрунт перпендикулярно опорній поверхні до повного занурювання (рисунок 1).

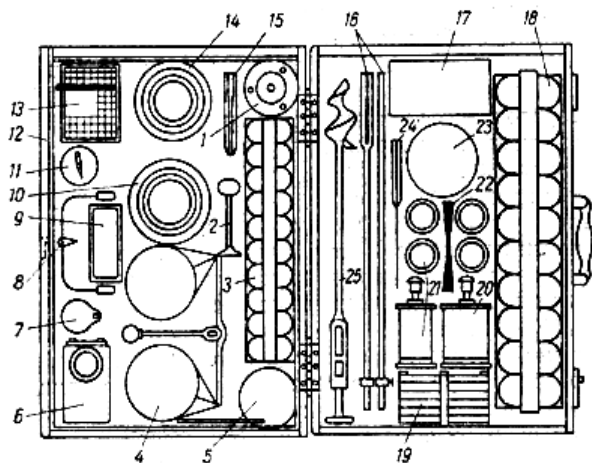


Рисунок 1 — Прилади та інструменти для відбору проб ґрунту

На кожній ділянці встановлювалися мірні точки в лівій та правій колії, відстань між якими 1,5 м.

Після першого та серії наступних проїздів трактора трасою полігону в мірних точках виконувалися заміри глибини колій згідно схеми, зображеної на рисунку 2.

Загальний вигляд вимірювального обладнання показано на рисунку 3.

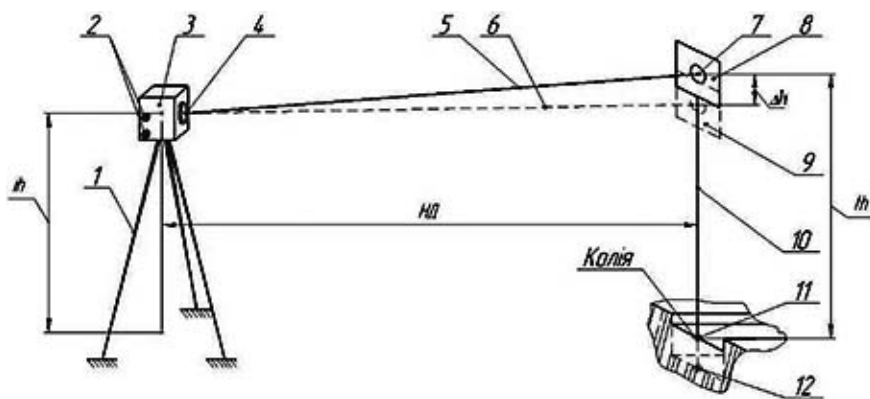


Рисунок 2 — Схема вимірювання глибини колії тахеометром

1 — штатив, 2 — гвинти наведення тахеометра, 3 — тахеометр, 4 — об'єктив тахеометра, 5 — лазерний промінь поточного заміру, 6 — лазерний промінь наступного заміру, 7 — оптичний відбивач призми, 8 — положення призми при поточному замірі, 9 — положення призми при наступному замірі, 10 — віха, 11 — поточна точка заміру глибини колії, 12 — точка заміру глибини колії після наступного проїзду, НД — горизонтальна відстань до мірної точки



Рисунок 3 — Загальний вигляд тахеометра Trimble M3 (а) і призми (б), які встановлені на дослідній ділянці для реєстрації глибини колії: 1 — штатив, 2 — тахеометр, 3 — гвинти наведення тахеометра, 4 — об'єктив тахеометра,  $ih$  — висота встановлення тахеометра,  $th$  — висота встановлення призми ( $th = 2,15$  м)

Результати заміру глибини колії відображувалися на екрані тахеометру (рисунок 4) та записувалося у внутрішню пам'ять приладу. Глибина колії визначається за формулою

$$\Delta h = \Delta h_i - \Delta h_{i-1}$$

де  $\Delta h_i - \Delta h_{i-1}$  — перевищення (м) між точкою встановлення тахеометру та мірної точки поточного та попереднього заміру.



Рисунок 4 — Загальний вигляд екрана та клавіатури керування тахеометра: HD — горизонтальна відстань від тахеометра до мірної точки, м, GK — горизонтальний кут, град,  $\Delta h$  — перевищення (м) між точкою встановлення тахеометра та мірною точкою

Упродовж оброблення результатів і лабораторного аналізу проб визначали:

- щільність непорушеного шару ґрунту:  $\rho = m_c / V \cdot 100\%$  — відношення маси сухого ґрунту до його об'єму;
- масову вологість  $W_M = m_n - m_c / V \cdot 100\%$  — відношення різниці мас ґрунтової проби природної вологості і висушеної за температури  $105^{\circ}\text{C}$  до об'єму проби;
- середню глибину пошкодження в правій і лівій коліях за результатами статистичної обробки експериментальних даних.

### Результати досліджень

Придатність ґрунтової поверхні до лісоексплуатації, а також ступінь потенційно завданої довкіллю шкоди значною мірою залежать від витримувальної здатності ґрунту.

На ступінь ущільнення ґрунту суттєво впливають також параметри конструкції (повна вага, типорозмір шин тощо) і руху (швидкість руху і кількість проїздів) машини.

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, природно-кліматичних чинників, експлуатаційних затрат тощо (рисунок 5).

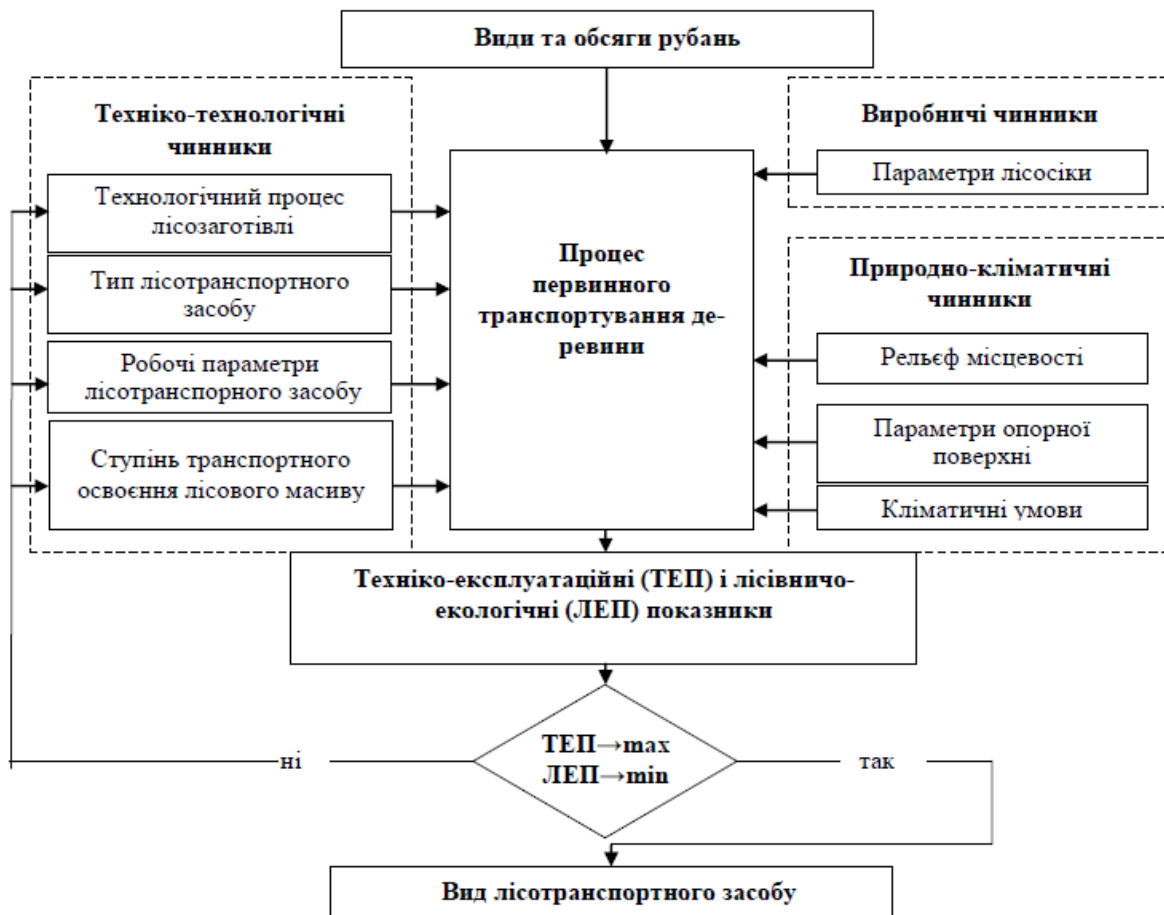


Рисунок 5 — Алгоритм вибору лісотransпортного засобу для первинного транспортування деревини

Встановлено, що найнебезпечнішими наслідками впливу лісових машин на довкілля є геомеханічні пошкодження опорної поверхні, які характеризують глибиною колії та площею пошкодженої поверхні [2, 3].

Екологічно допустимі межі використання лісових машин в EcoWood проекті [4] запропоновано оцінювати за співвідношенням конусного показника  $CI$  і контактного тиску на ґрунт  $p_k$ , так званого індексу рушія, а максимальну допустиму глибину колії прийнято на рівні 10 см. Водночас індекс рушія не враховує кількості проїздів лісової машини одним і тим самим слідом й площі пошкодження. Для порівняльної оцінки впливу колісних і гусеничних трельовальних тракторів встановлено, що доцільно використати глибину колії у процесі багаторазових проїздів та площу пошкодження.

Для визначення усереднених параметрів пошкоджень (волоків), завданих трельовальними тракторами, за методикою, розробленою в Національному лісотехнічному університеті України [1], було обстежено і побудовано розподіли величин їх геометричних параметрів за діапазонами (рисунок 6).

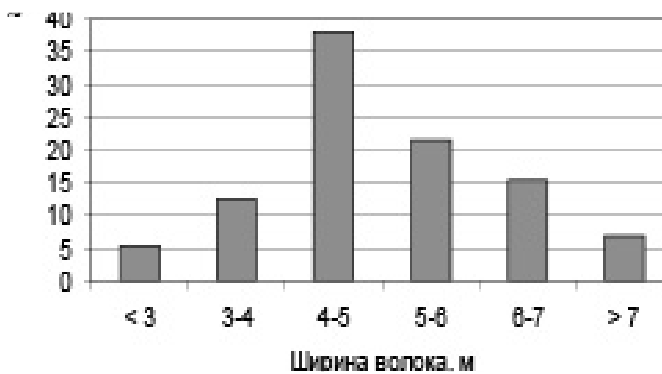


Рисунок 6 — Розподіл геометричних параметрів волоків

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

У процесі дослідження не встановлено істотної різниці між геометричними параметрами (шириною) пошкоджень опорної поверхні унаслідок руху колісних і гусеничних трельовальних тракторів. Водночас виявлено, що пошкодження більшої ширини характерні для поворотів трельовальних волоків з невеликими радіусами заокруглень і вони спричинені головно пачкою деревини, яка трельується.



Полігонні дослідження впливу колісного та гусеничного рушіїв на опорну поверхню виконували з метою визначення динаміки зміни колісутворення після їх проїздів, при цьому використано методичні підходи, викладені в [1, 2]. Тестова ділянка непорушеної структури покрита щільним рослинним покривом ухилом  $3^{\circ}$ . Початкові параметри ґрунту: щільність  $1,06\text{--}1,44\text{г/см}^3$ , вологість  $68\text{--}85\%$ . Рейсове навантаження тракторів становило  $3,9\text{ т}$ . Одним із елементів дослідження було виявлення впливу настилу із лісозаготівельних решток на ступінь пошкодження опорної поверхні. Настил з гілок формувався одноразово завширшки більшою на  $50\%$  за ширину рушія та товщиною  $5, 10$  і  $15\text{ см}$ . Товщина настилу встановлювалася після його ущільнення з питомим тиском  $7\text{ кПа}$ .

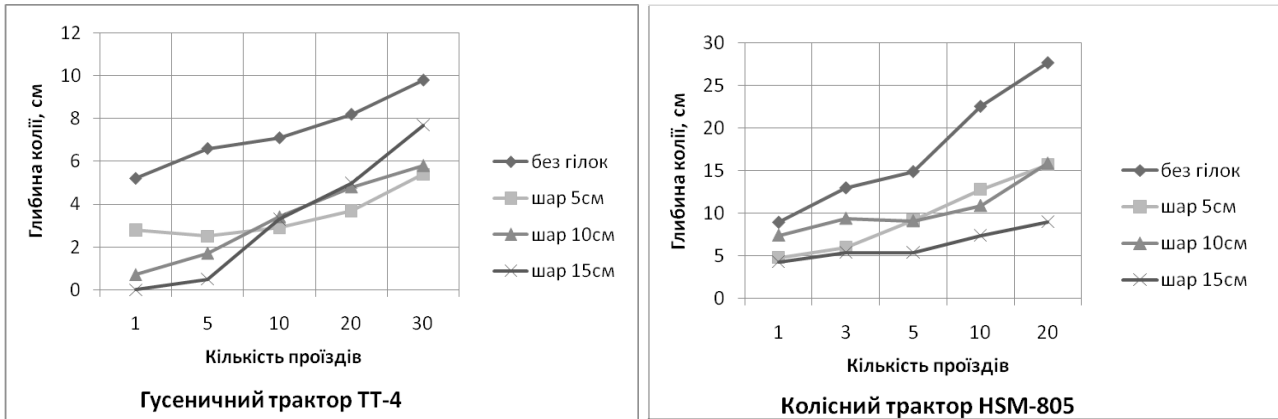


Рисунок 7 — Порівняльний вплив використання настилу з гілок на колісутворення

За результатами дослідження (рисунок 7) встановлено, 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. Настил з гілок товщиною  $15\text{ см}$  істотно (у 2–3 рази) зменшує глибину колії та на  $10\text{--}20\%$  — інтенсивність ущільнення ґрунту.

### Висновки

На підставі аналізу результатів досліджень встановлено:

- інтенсивність колісутворення істотно залежить від тримної здатності ґрунту, яка значною мірою обумовлена геоморфологічною структурою Карпат;
- максимальна глибина колії внаслідок проїздів колісного HSM-805 і гусеничного ТТ-4 тракторів при руху на прямій ділянці не перевищувала екологічно безпечної межі;
- ущільнення ґрунту середньої твердості ( $3\text{--}5\text{ МПа}$ ) колісними і гусеничними тракторами протягом прямолінійного руху відбувається практично за однаковими залежностями;
- настил з гілок істотно зменшує глибину колії як колісної, так і гусеничної машини.

Для зменшення негативного впливу на довкілля упродовж первинного транспортування деревини доцільно дотримуватися таких настанов:

- на стрімких і дуже стрімких схилах надавати перевагу використанню канатних лісотранспортних 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  $80\text{ кПа}$ ) і з гусеничним рушієм (на ґрунтах з низькою тримною здатністю, модуль деформації до  $40\text{ кПа}$ );
- по можливості уникати поворотів малих радіусів;
- на ділянках із низькою тримною здатністю і високим ступенем техногенного впливу (пасічні волюки — у разі п'яти і більше проїздів, магістральні волюки) простеляти залишки лісозаготівлі (свіжозрубані гілки, дрібні уламки стовбурів) товщиною  $10\text{--}15\text{ см}$ .

### Література

1. Библюк, Н. Екологічні аспекти гірської лісозаготівлі / Н. Библюк Н. // Праці НТШ. Том 2. — 1998. — С. 586—600.
2. Стиранівський, О. А. Природоохоронні засади транспортного освоєння гірських лісових територій: монографія / О. А. Стиранівський, Ю. О. Стиранівський. — Львів: РВВ НЛТУ України, 2010. — 208 с.

3. Arnup, R.W. The extent, effect and management of forestry-related soil disturbance, with reference to implications for the Clay Belt: a literature review // Ontario Ministry of Natural Resources. Northeast Science & Technology, TR-37. — 1998. — P 30.

4. Owende, P. M. O. Operations protocol for Ecoefficient Wood Harvesting on Sensitive Sites. Project ECOWOOD // Lyons J., Haarlaa R., Peltola A., Spinells R., Molano J., Ward S. M. — Contract No. QLK5-1999-00991. — 2002. — P. 74.

### References

1. Bybliuk, N. (1998). Ekolohichni aspekty girskoi lisozagotivli [*Ecological aspects of mountain logging*].— Pratsi NTSh. Vol.2. [in Ukrainian].

2. Styranivskiy, O. A. & Styranivskiy Y. O. (2010) Pryrodookhoronni zasady transportnogo osvoiennia girskyykh lisovykh terytorii: monohrafiia [*Environmental protection principles of transport development of mountain forest areas*]. — Lviv: RVV NLTU Ukrainy. [in Ukrainian].

3. Arnup, R.W. The extent, effect and management of forestry-related soil disturbance, with reference to implications for the Clay Belt: a literature review // Ontario Ministry of Natural Resources. Northeast Science & Technology, TR-37. — 1998. — P 30.

4. Owende, P. M. O. Operations protocol for Eco-efficient Wood Harvesting on Sensitive Sites. Project ECO-WOOD // Lyons J., Haarlaa R., Peltola A., Spinells R., Molano J., Ward S. M. — Contract No. QLK5-1999-00991. — 2002. — P .74.

*Надійшла 3.04.2018 року*

УДК 630.31; 658.011.51

## Исследование влияния машин для первичной транспортировки древесины на лесную среду Украинских Карпат

С. Ю. Кокоц, А. Л. Щупак,  
М. М. Бойко, М. И. Олійник

**Цель.** *Определение реальных показателей повреждений окружающей среды лесными машинами, исследования способов трелевки древесины с обоснованием экологически безопасных режимов работы лесотранспортных средств, а также изучение влияния настила из лесозаготовительных остатков на степень повреждения опорной поверхности в условиях украинских Карпат.*

**Методы исследования.** *Натурные обследования последствий лесозаготовительной деятельности в горных условиях украинских Карпат и полигонные исследования процессов колеобразования вследствие многократных проездов колесных и гусеничных трелевочных тракторов с применением инструментальных измерений и отбором проб.*

**Результаты.** *Приведены результаты исследования влияния различных типов трелевочных машин на лесную среду украинских Карпат. Разработан алгоритм выбора лесотранспортных средств для первичной транспортировки древесины. В процессе исследования не установлено существенной разницы между геометрическими параметрами (шириной) повреждений опорной поверхности вследствие движения колесных и гусеничных трелевочных тракторов. В то же время установлено, что повреждения большей ширины свойственны для поворотов трелевочных волоков с небольшими радиусами закруглений и они вызваны в основном трелевочной пачкой древесины. Исследовано влияние настила из лесозаготовительных остатков на степень повреждения опорной поверхности. Настил из веток толщиной 15 см существенно (в 2–3 раза) уменьшает глубину колеи и на 10–20% — интенсивность уплотнения почвы.*

**Выводы.** *По результатам исследования разработаны практические рекомендации по уменьшению негативного воздействия на окружающую среду в процессе первичной транспортировки древесины в природно-эксплуатационных условиях украинских Карпат.*

**Ключевые слова:** *лесотранспортные средства, первичная транспортировка древесины, опорная поверхность, колеобразование.*

UDC 630.31; 658.011.51

## Research of influence of machines for the primary transportation of wood on the forest environment of Ukrainian Carpathians

S. Yu. Kokots, A. L. Shchupak, M. M. Boiko, M. I. Oliynyk

**Aim.** *Determination of real indicators of environmental damage by forest machines, research of wood hauling methods with substantiation of environmentally safe operation modes of forest vehicles, as well as studying the effect of decking from logging residues on the degree of damage to the supporting surface in the Ukrainian Carpathians.*

**Methods of research.** *Field surveys of the consequences of logging activities in the mountains of the Ukrainian Carpathians and field studies of the processes of rut formation due to multiple passages of wheeled and tracked logging tractors using instrumental measurements and sampling.*

**Results.** *The research results of influence of various types of skidders on the forest environment of the Ukrainian Carpathians are given. An algorithm for the choice of forest vehicles for the primary transportation of wood has been developed. During the study it wasn't found significant difference between the geometrical parameters (width) of the bearing surface damage due to the movement of wheel and track skidders. At the same time, it was discovered that damages of a larger width are characteristic of skidding path turning with small radius and they are mainly caused by a pack of timber. The influence of surface layer of logging residues on the degree of damage to the supporting surface has been investigated. The surface layer of logging residues in the thickness of 15 cm significantly (2-3 times) reduces the depth of the rut and on 10-20% reduces intensivity of soil consolidation.*

**Conclusions.** *According to the results of the study practical recommendations for reducing of negative impact on the environment in the process of skidding in the operational conditions of the Ukrainian Carpathians have been developed.*

**Key words:** *timber transport, skidding, bearing surface, rutting.*

### Кокоць Сергій Юрійович

ДП «Славське лісове господарство»

Адреса: вул. Олени Степанівни, 7, Львівська обл., Сколівський р-н, смт. Славське, 82660, Україна, тел.: +38 (03-251) 4-24-88

E-mail: slavsklis@ukr.net

### Кокоц Сергей Юрійович

ГП «Славское лесное хозяйство»

Адрес: ул. Елены Степановны, 7, Львовская обл., Сколевский р-н, пгт. Славское, 82660, Украина, тел.: +38 (03-251) 4-24-88

E-mail: slavsklis@ukr.net

### Kokots Sergii Yuriivych

Slavske lisove gospodarstvo

Adress: vul. Eleny Stepanivny, 7, Lviv, Skolivskiyi r-n, pgt. Ukraine, 82660, Slavske, tel.: +38 (03-251) 4-24-88

E-mail: slavsklis@ukr.net

### Щупак Андрій Львович

Національний лісотехнічний університет України

Адреса: вул. Генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна, тел.: +38 (032) 239-27-69

E-mail: andriyshchupak@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-4032-8436>

### Щупак Андрей Львович

Национальный лесотехнический университет Украины

Адрес: ул. Генерала Чупринки, 103, г. Львов, 79057, Украина, тел.: +38 (032) 239-27-69

E-mail: andriyshchupak@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-4032-8436>

### Shchupak Andriy

Natsionalny lisotekhnichnyi universytet Ukrainy

Adress: vul. Gen. Chuprynky, 103, Lviv, 79057, Ukraina, tel. (097) 432-35-88, tel.: +38 (032) 239-27-69

E-mail: andriyshchupak@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-4032-8436>

**Бойко Михайло Михайлович**

Національний лісотехнічний університет України

Адреса: вул. Генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна, тел.: +38 (032) 239-27-69

E-mail: bojm@ukr.net

<https://orcid.org/0000-0002-4924-8512>

**Бойко Михаил Михайлович**

Национальный лесотехнический университет Украины

Адрес: ул. Генерала Чупринки, 103, г. Львов, 79057, Украина, тел.: +38 (032) 239-27-69

E-mail: bojm@ukr.net

<https://orcid.org/0000-0002-4924-8512>

**Boiko Mykhailo**

Natsionalny lisotekhnichniy universytet Ukrainy

Adress: vul. Gen. Chuprynky, 103, Lviv, 79057, Ukraina, tel.: +38 (032) 239-27-69

E-mail: bojm@ukr.net

<https://orcid.org/0000-0002-4924-8512>

**Олійник Михайло Іванович**

Національний лісотехнічний університет України

Адреса: вул. Генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна, тел.: +38 (032) 239-27-69

E-mail: la3500hv@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0003-3623-002x>

**Олийнык Михаил Иванович**

Национальный лесотехнический университет Украины

Адрес: ул. Генерала Чупринки, 103, г. Львов, 79057, Украина, тел.: +38 (032) 239-27-69

E-mail: la3500hv@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0003-3623-002x>

**Oliinyk Mykhailo**

Natsionalny lisotekhnichniy universytet Ukrainy

Adress: vul. Gen. Chuprynky, 103, Lviv, 79057, Ukraina, tel.: +38 (032) 239-27-69

E-mail: la3500hv@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0003-3623-002x>