

УДК 630.3.001.12/18

Доц. О.А. Стиранівський, канд. техн. наук;
магістрант Ю.О. Стиранівський – НЛТУ України, м. Львів

ПОКАЗНИКИ ЕКОЛОГІЧНОЇ СПРИЙНЯТЛИВОСТІ ТРЕЛЮВАННЯ ДЕРЕВИНИ

За наземного способу транспортування деревини неможливо повністю уникнути пошкоджень довкілля. Наведено порівняльний аналіз наявних підходів до класифікації ґрунтових умов, обґрунтовано комплексний критерій екологічної сумісності рушія лісової машини із опорною поверхнею і визначено його кількісні параметри.

*Assoc. prof. O.A. Styranivskyi; undergraduate Yu.O. Styranivskyi –
NUFWT of Ukraine, L'viv*

Indexes of ecological receptivity of wood skidding

It is impossible fully to avoid the damages of environment using the ground (cheapest) method of wood skidding. In the article is presented a comparative analysis of existent approaches to classification of ground conditions, is substantiated a complex criterion of ecological compatibility of forest machine mover with a ground surface and are determined its quantitative parameters.

Вступ

Починаючи із 80-х років в Європі, а останнім часом і в Україні започатковано ефективне використання харвестерної лісозаготівельної технології. Передбачені цією технологією важкі лісові машини спричиняють значні пошкодження лісового середовища. Часами на вологих і перезволожених суглинках чи глинах трелювання деревини призводить до незворотних негативних процесів або зовсім неможливе з-за низьких витримувальності здатності ґрунту і коефіцієнта зчеплення рушія лісової машини із опорною поверхнею (рис. 1). Конструктори лісових машин, реагуючи на потреби лісового господарства, постійно вдосконалюють їх, запроваджуючи нові технічні рішення. Але цілком зрозуміло, що за наземного (найдешевшого) способу транспортування деревини навіть найдосконалішими машинами неможливо повністю уникнути пошкодження довкілля. Хоча ступінь негативного впливу на ґрунтову поверхню можна звести до екологічно прийнятної межі, а технічні показники використання лісотransпортних засобів – до економічно доцільних значень шляхом належної оцінки інтенсивності екологічного ризику прийняття певних технічних і технологічних рішень [1]. Інформаційне планування лісозаготівельних операцій потребує вивчення процесу взаємодії рушія лісової машини з ґрунтом, класифікації місцевості і встановлення граничних значень пошкодження опорної поверхні. З одного боку такі граничні значення повинні відображати межу прохідності лісових машин, а з іншого – екологічно сприйнятливий ступінь пошкодження ґрунту, за якого можливе подальше ефективне лісовідновлення.

Головна мета класифікації місцевості полягає в розділенні лісоексплуатаційних масивів на групи, які мають однакові або подібні природні умови з позиції здійснення лісозаготівельних операцій. Численні спроби класифікації місцевості для лісозаготівлі базуються на трьох головних класифікаційних ознаках:

- ухил місцевості;
- нерівність поверхні;
- витримувальна здатність ґрунту.



*Рис. 1. Втрата можливості руху колісного трелювального трактора
(фото О. Стиранівський)*

1. Мета дослідження

Відповідно до визначених класифікаційних ознак мають бути обґрунтовані їх граничні значення і рекомендовані економічно доцільні та екологічно прийнятні типи лісових машин для кожної групи лісоексплуатаційних масивів.

Метою цієї роботи є аналіз наявних класифікацій місцевості за витримувальною здатністю ґрунту і обґрунтування граничних (допускних) значень пошкодження опорної поверхні під час здійснення трелювальних робіт.

2. Аналіз наявних підходів

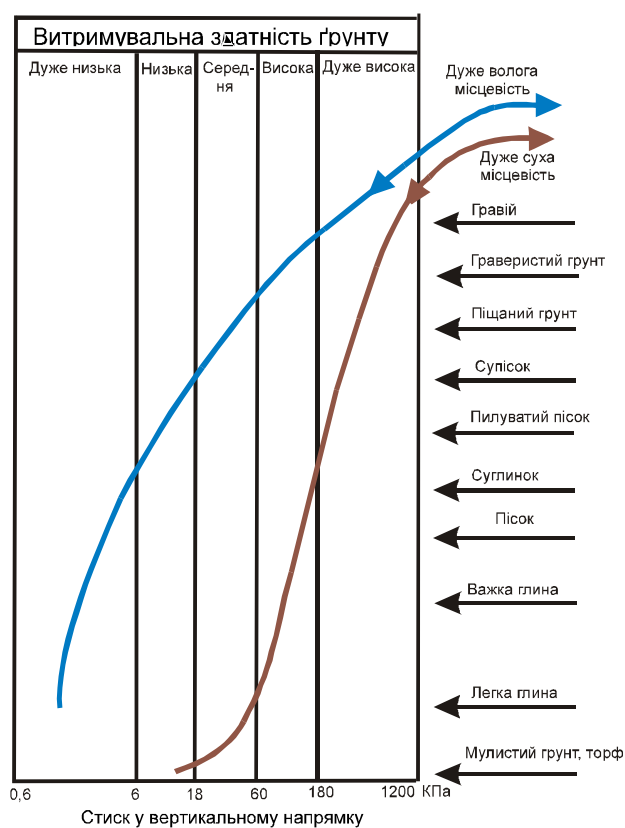
Відомі класифікації ґрунтових умов виконувалися головню для подальшого моделювання у системах рушій (колесо, гусениця)-ґрунт, машина-опорна поверхня і транспорт-довкілля. Головна проблема при цьому полягає в диференціації типу ґрунту, його витримувальної здатності і вологості.

2.1. Класифікація ґрунтових умов

Один підхід базується на залежності сили опору його деформації чи розриву ґрунту від ступеня зчеплення чи злипання його частинок [2]. Простежується чіткий взаємозв'язок між масовою вологістю і станом (рідкий, пластичний, твердий) ґрунту. Твердий стан – коли зміна вологості ґрунту не впли-

ває на зміну його об'єму під час висихання. Пластичний стан – коли ґрунт можна розкатати в валок діаметром 3 мм, який не розпадається на окремі частини. Рідкий стан – коли тонкий шар ґрунту діаметром 12,5 мм вдається розділити ножом на дві окремі частини, але після 25 ударів по них, частини знову сполучаються в одне ціле. Будь-який стан ґрунту з достатньою точністю може бути описано величинами показників пластичності, консистенльності і рідкості, які по-своєму дають змогу оцінити його фізико-механічні характеристики. Це й покладено в основу класифікації пов'язаних ґрунтів. Наприклад, за показником консистенльності I_C ґрунти розділено на такі групи: твердий ($I_C \geq 1$); пластичний ($1 \geq I_C \geq 0$); рідкий ($I_C \leq 0$).

У роботі [3] наведено класифікацію ґрунтових умов за їх витримувальною здатністю (у вертикальному напрямку), в основу якої покладено розмір ґрунтової фракції, а отже тип ґрунту, і його вологість (рис. 2).



Дуже низька витримувальна здатність – заборонений рух будь-яких наземних лісотransпортних засобів без попереднього тестування

Низька витримувальна здатність – безпечно для довілля 1-10 проїздів завантаженої лісотransпортної машини

Середня витримувальна здатність – безпечно для довілля 10-20 проїздів завантаженої лісотransпортної машини

Висока витримувальна здатність – безпечно для довілля 20-30 проїздів завантаженої лісотransпортної машини

Дуже висока витримувальна здатність – безпечно для довілля понад 30 проїздів завантаженої лісотransпортної машини

Рис. 2. Класифікація ґрунтових умов за методикою Швеції [4]

Другий підхід передбачає здійснення натурних досліджень фізико-механічних характеристик ґрунту шляхом визначення його модулів зсуву і деформації. У практиці Західноєвропейських держав для прогнозування витримувальної здатності ґрунту, а відповідно і опорної прохідності лісових машин найчастіше використовується конусний показник CI [4].

Конусний показник – це середній опір втискання круглого конуса з кутом загострення 30° у ґрунт на глибину 150 мм [5]. Він пропорційний до величини опору руху лісової машини, проникнення її рушія в ґрунт. Однак більш показову інформацію про можливість реалізації тягових властивостей лісотransпортного засобу дають величини опору зсуву τ і модуля деформації ґрунту E . Фізико-механічні властивості ґрунту залежать від різних чинників,

зокрема, його структури, вмісту органічних речовин, щільності, і найважливіше від вологості.

Конусний показник CI , сила опору зсуву τ і модуль деформації ґрунту E покладені в основу класифікації ґрунту за EcoWood проектом [6].

Табл. 1. Класифікація ґрунтових умов за EcoWood проектом [6]

Опис ґрунтової поверхні (клас)	Параметри витримувальної здатності ґрунту			Допускне значення питомого тиску, кПа
	CI , кПа	E , МПа	τ , кПа	
Тверда (1)	>500	>60	>60	>80
Середньої твердості (2)	300-500	20-60	20-60	60-80
М'ягка (3)	<300	<20	<20	40-60

Згадані вище параметри (CI , τ , E), кожен із яких може бути визначений тільки внаслідок польових досліджень, характеризують витримувальну здатність ґрунту, або його придатність до можливого руху лісових машин.

У роботі [4] виконано порівняння двох підходів до класифікації ґрунтових умов: за показниками пластичності, консистентності і рідкості та за конусним показником, силою опору зсуву і модулем деформації ґрунту. Результати дослідження підтвердили придатність і достовірність описування двома методами витримувальної здатності зв'язаних ґрунтів (глина, суглинок) і можливості здійснення по них руху лісових машин.

Критерій екологічної сумісності

У багатьох публікаціях критерієм екологічної сумісності рушія лісової машини з ґрунтовою поверхнею прийнято вважати допускне значення питомого контактного тиску p_k . І в цьому є свої проблеми, бо, наприклад, площа контакту пневматичного колеса залежить від типу шини і властивостей ґрунту [4, 7]. Методики визначення питомого тиску на ґрунт у різних галузях використання транспортних машин (сільське, лісове господарства, військова галузь) істотно відрізняються одна від одної. Тай, навіть, для лісової галузі різні автори наводять різні залежності для визначення площі контакту лісопромислових тракторів (табл. 2).

Порівняння різних методик визначення величин площі контакту і питомого тиску на ґрунт [7, 13] показують різні результати (розрахункові значення відрізняються в декілька разів). Найнижчі середні значення питомого тиску характерні для методики Mellgren P.G. [8], а найвищі – для ГОСТ 26953-86 і ГОСТ 2741-86 (наприклад, для Timberjack 1710В з вантажем 10 т відповідно рівні 48 і 130 кПа).

Під час роботи лісових машин від динамічних навантажень у шасі і навантажувальних пристроях виникають інтенсивні коливання і вібрації, які призводять до збільшення миттєвого питомого тиску на ґрунт у 3-5 разів (рис. 3) [14]. У нашій роботі вказано, що значення екологічної межі статичного питомого тиску на ґрунт повинно становити 50 кПа, що збігається із рекомендацією EcoWood проекту для ґрунтових поверхонь із низькою витримувальною здатністю.

Табл. 2. Формули для визначення площі контакту рушіїв лісових машин із ґрунтом

Автор, джерело	Вид рушія	
	колісний	гусеничний
ГОСТ 26953-86, ГОСТ 2741-86	$S = S_T \cdot k$, де: S_T – площа контакту з твердою поверхнею; k – коефіцієнт, що враховує занурення рушія в ґрунт	
	глибина занурення 50 мм	глибина занурення 75 мм
Mellgren P.G. [8]	$S = r \cdot b$, де r і b – відповідно радіус і ширина колеса	$S = b \cdot (1,25r + l)$, де: b – ширина гусениці; l – відстань між вісями візка
	$S = b^{0,85} \cdot d^{1,15} \sqrt{\delta/h}$, де δ і h – відповідно прогин і висота профілю шини	$S = b \cdot \sqrt{d \cdot b}$, де d – діаметр зірочки
Maclaurin E.B. ³ [10]	$S = b^{0,8} \cdot d^{0,8} \cdot \delta^{0,4}$	
Silversides [11]	$S = 0,9 \cdot G_k / p_i$, де: G_k – навантаження на колесо; p_i – тиск повітря в шині	
Dwyer M.J. ³ [12]	$S = \frac{b \cdot d}{\sqrt{h/\delta} \cdot (1 + b/2 \cdot d)}$	

Примітки: 1 – колісний рушій із візковими гусеницями; 2 – для військової машини; 3 – для сільськогосподарського трактора.

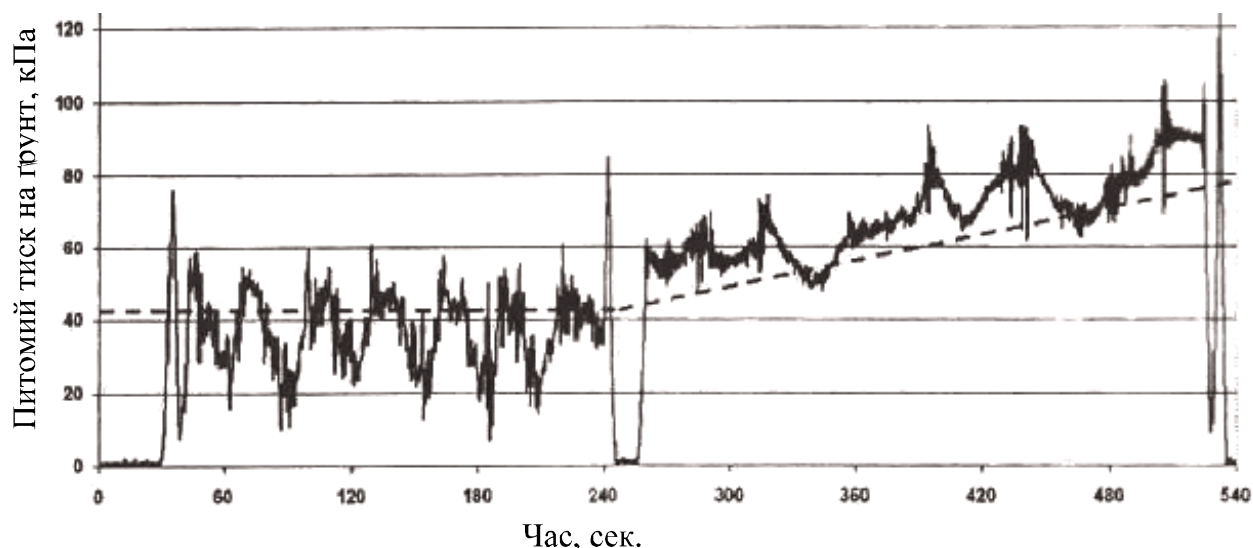


Рис. 3. Зміна питомого тиску на ґрунт під час роботи форвардера Timberjack 810B [14]: ----- статичне значення; динамічне значення

Спеціальні експериментальні дослідження [7] показали, що для колісного трактора при зануренні в ґрунт ґрунтозачепів максимальні значення тиску на опорну поверхню приблизно в 1,5 раза перевищують середні. Контактний тиск під ґрунтозачепами може бути у 3-5 разів вищий, ніж під впадинами між ними [13]. Площа контакту рушія лісової машини із ґрунтом пропорційна глибині колії (рис. 4). Отже критерій екологічної сумісності рушія із ґрунтовою поверхнею повинен залежати від глибини пошкодження і типу ґрунту.

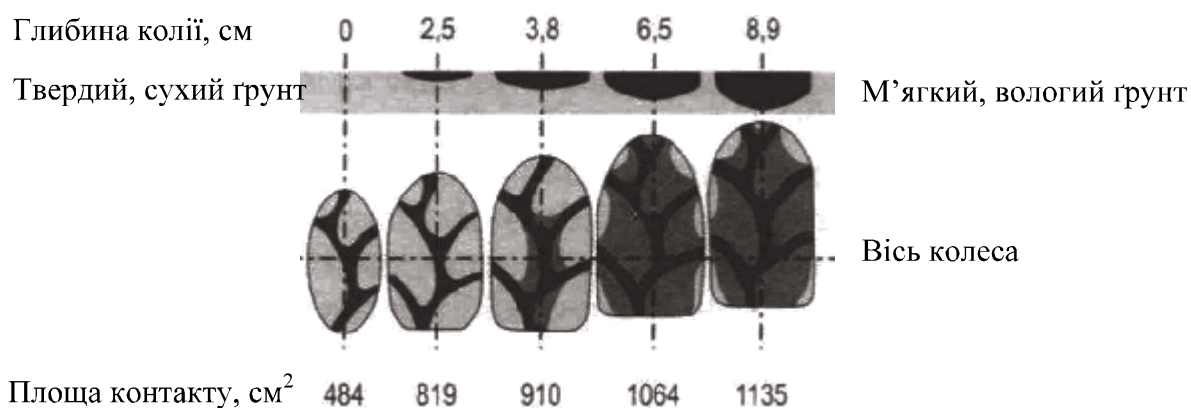


Рис. 4. Зміна величини площі контакту шини залежно від глибини колії [13]

Екологічно допустимі межі використання лісових машин в EcoWood проекті запропоновано оцінювати за співвідношенням конусного показника CI і питомого тиску на ґрунт p_k , так званого колісного індексу (індексу рушія). Приймаючи максимальну глибину колії на рівні 10 см, визначено екологічно допустимі значення відношення CI/p_k в діапазоні від 3 до 7 (рис. 5), що відповідає певному допустимому значенню питомого тиску на ґрунт (табл. 1).

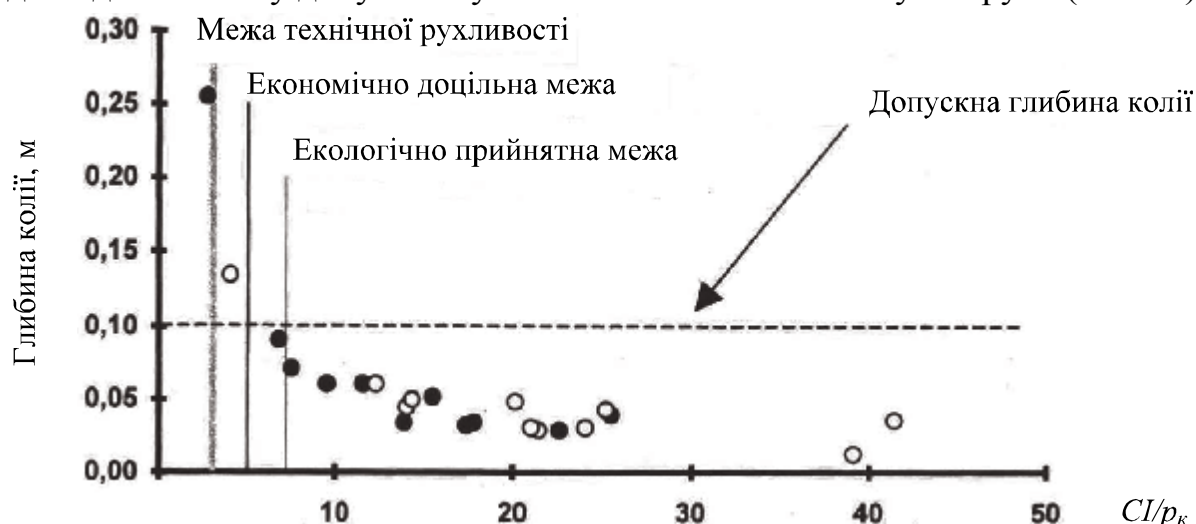


Рис. 5. Залежність глибини колії від індексу рушія [6]

Пошкодження ґрунтової поверхні тим значніші, чим більші значення глибини колії і площі пошкодженої поверхні. Більшість дослідників указують, що найінтенсивніше колієутворення відбувається протягом перших кількох проїздів лісової машини. На підставі аналізу результатів досліджень взаємодії рушіїв лісових машин і ґрунтової поверхні, виконаних на кафедрі лісових машин НЛТУ України, встановлено, що зі збільшенням кількості проїздів ступінь пошкодження ґрунтової поверхні зростає за логарифмічною залежністю (рис. 6), ущільнення ґрунту після перших 5-ти проїздів становить близько 75 % ущільнення після 20-ти проїздів (здебільшого спричиняє найбільше ущільнення ґрунтових частинок) трельовального трактора. Вже після 10 проїздів трельовального трактора щільність ґрунту сягає порогового значення для відновлення більшості деревних порід [15]. За даними роботи [16] граничне значення ущільнення ґрунту не повинно перевищувати 10 % межі зменшення його пористості.

За даними фінських дослідників колія глибиною понад 10 см і шириною щонайменше 50 см призводять до серйозних екологічних порушень та

економічних втрат [6]. Тому в роботі [3] запропоновано допускні пошкодження опорної поверхні під час суцільних рубань пов'язувати як із глибиною колії, так із величиною пошкодженої площі лісосіки (табл. 3).

Табл. 3 *Ступінь пошкодження поверхні лісосіки після суцільного рубання*

Глибина колії, см	Частка пошкодженої площі, %			
	< 10	10-20	20-30	> 30
< 5	дуже малий	малий	середній	високий
5-9,9	малий	середній	високий	дуже високий
10-14,9	середній	високий	дуже високий	надзвичайно високий
15-19,9	високий	дуже високий	надзвичайно високий	неприйнятний
> 20	неприйнятний			

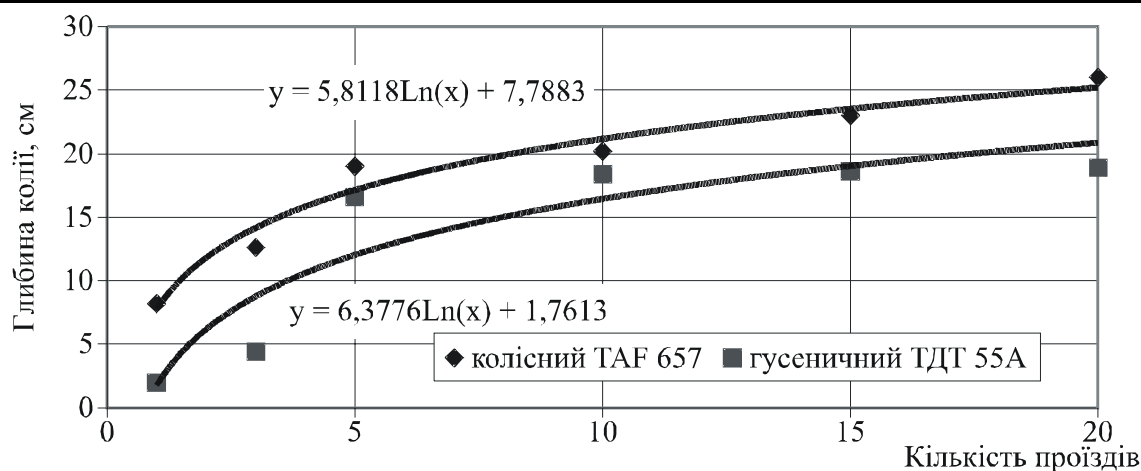


Рис. 6. *Залежність ступеня ущільнення ґрунтової поверхні від проїздів трельовального трактора (ґрунт суглинистий, щільність неперушеного шару – 1,21...1,45 г/см³, початкова масова вологість 32...56 %)*

Висновки

Відомі підходи до класифікації ґрунтових умов (за показниками пластичності, консистентності і рідкості та за конусним показником, силою опору зсуву і модулем деформації ґрунту) можуть бути однаково використані для описування витримувальної здатності опорної поверхні.

Індекс рушія, запропоновано в EcoWood проекті як критерій екологічної сприйнятливості трелювання деревини, є достатньо універсальним, однак він не враховує кількості проїздів лісової машини тим таки слідом, площі пошкодження, впливу динамічних ефектів та умов можливості ефективного лісовідновлення після закінчення лісозаготівельних робіт. На нашу думку критерій екологічної сумісності лісової машини із ґрунтовою поверхнею для інформаційного (комп'ютерного) планування лісотранспортного забезпечення повинен бути комплексним і охоплювати такі показники: індекс рушія (3-5), площа пошкодженої поверхні (не вище 15-20 %) і максимальне ущільнення ґрунтової поверхні (виходячи із порогового значення, що відповідає можливості ефективного відновлення перспективної для даної ділянки деревної породи). Методика вибору екологічно прийняттого технічного засобу для трелювання деревини повинна базуватися на результатах обстежень конкретних ґрунто-гідрологічних і рельєфних умов, прогнозування пори року здійс-

нення лісозаготівельних операцій, а також на кількісних динамічних показниках питомого тиску лісотransпортного засобу на ґрунт.

Література

1. **Стиранівський О.** Моделювання транспортногo освоєння гірського лісового масиву з врахуванням потенційних екологічних ризиків// Праці ЛАНУ. – Львів: УкрДЛТУ. – 2004, вип. 3. – С. 133-138.
2. **Hunt, R.E.** Geotechnical engineering analysis and evaluation. McGraw-Hill Book Company, 1986. – 715 p.
3. **Bygden G., Wästerlund I., Eliasson L.** Rutting and soil disturbance minimized by planning and using bogie tracks// 2nd Forest Engineering Conference 12-15 May 2003, Växjö, Sweden, Proceedings. Techniques and Methods, 003. – P. 89-95.
4. **Porsinsky T., Sraka M., Stankic I.** Comparison of two approaches to soil strength classifications// Croatian Journal of Forest Engineering. Volume 27. Issue 1, 2006. – P. 17-26.
5. **ASAE.** Procedures for Using and Reporting Data Obtained with the Soil Cone Penetrometer (ASAE EP542 FEB99), 1999. – P. 986-989.
6. **Owende P.M. O., Lyons J., Haarlaa R., Peltola A., Spinells R., Molano J., Ward S.M.** Operations protocol for Eco-efficient Wood Harvesting on Sensitive Sites. Project ECOWOOD. Contract No. QLK5-1999-00991, 2002. – 74 p.
7. **Протас П.А.** Снижение отрицательного воздействия лесозаготовительных машин на почвогрунты: Автореф. дисс. канд. техн. наук. – Минск, 2005. – 24 с.
8. **Mellgren P.G.** Terrain Classification for Canadian Forestry. Canadian Pulp and Paper Association, 1980. – 13 p.
9. **Larminie J.C.** Standards for the mobility numbers requirements of military vehicles// Journal of Terramechanics, 25(3), 1988. – P. 171-189.
10. **Maclaurin E.B.** The use of mobility members to describe the in-field tractive performance on pneumatic tyres// Proceedings of the 10th International Conference ISTVS. Aug. 20-24 1990. Volume 1. Kobe. Japan, 1990. – P. 177-186.
11. **Silversides C.R., Sundberg U.** Operational Efficiency in Forestry. Volume 2. Boston: Forest Science, 1989. – 169 p.
12. **Dwyer M.J.** Computer models to predict the performance of agricultural tractors on heavy draught operations// Proceedings of the 8th International Conference ISTVS. Aug. 6-10 1984. Volume 3. Cambridge. England, 1984. – P. 933-952.
13. **Porsinšky T., Horvat D.** Indeks kotača kao parameter procjene okolišne prihvatljivosti vozila za privlačenje drva// Nova Mehanizacija Šumarstva. Volume 26, 2005. – P. 25-38.
14. **Wehner T.** Environmental impacts of modern harvesting systems on soil// 2nd Forest Engineering Conference 12-15 May 2003, Växjö, Sweden, Proceedings. Techniques and Methods, 2003. – P. 96-102.
15. **Библюк Н.І.** Лісотransпорт та екологічна безпека: Навч. пос. – Львів: НЛТУ, 2006. – 44 с.
16. **Hata S., Tateyama K.** Theoretical approach to impact soil compaction through plastic wave propagation// Journal of Terramechanics 28 (4), 1991. – P. 349-358.

УДК 504.73:581.526(477.83)

Аспір. Я.Б. Щупаківський¹ –
НЛТУ України, м. Львів

ЕКОЛОГО-БІОЛОГІЧНІ УМОВИ ФОРМУВАННЯ РОСЛИННОСТІ БЕРЕГОВОЇ ЗОНИ ТЕХНОГЕННИХ ВОДОЙМ ГІРНИЧОПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ

Встановлено основні ґрунтові чинники, які впливають на розвиток рослинності берегової зони. Представлено результати досліджень рослинних угруповань антропогенно-природного походження й основні принципи їх формування. Дано оцінку фітомеліоративному значенню таких рослинних угруповань на прикладі Роздільського й Подороженського сірчанних кар'єрів.

Ключові слова: рослинні угруповання, сірчані кар'єри, техногенні водойми.

¹ Наук. керівник: проф. В.П. Кучерявий, д-р с.-г. наук – НЛТУ України, м. Львів