4. Разработка набора маркеров ели европейской, ассоциированных с биосинтезом лейкоантоцианидина – биохимического фактора, определяющего устойчивость к еловой корневой губке / А.М. Нестюк, С.В. Пантелеев, П.С. Кирьянов, О.Ю. Баранов //Лесная наука, молодежь, будущее – 2021: Материалы II международной школы-конференции молодых ученых (Гомель, 6-9 июля 2021 г.) / НАН Беларуси, Ин-т леса НАН Беларуси. – Гомель: ООО «Типография «Белдрук», 2021. – С. 126–129.

УДК 631.43:630

Т.П. Новикова, доц., канд. техн. наук;
Т.В. Новикова, асп.; А.И. Новиков, доц., д-р. техн. наук
(ВГЛТУ, г. Воронеж, Российская Федерация)

ВЛИЯНИЕ УПЛОТНЕНИЯ ПОЧВ НА ПРОЦЕСС ЛЕСОВОССТАНОВЛЕНИЯ

Плотность почвы во многом определяет урожай лесных растений и оказывает влияние на рост корневой системы. Уплотненная почва создает преграды для проникновения корней, воды, воздуха [1].

Уплотнение почвы является одним из наиболее выраженных последствий механизированных лесозаготовительных и лесохозяйственных работ, вызванных возникающими вертикальными и горизонтальными нагрузками на почву [8]. Степень уплотнения лесной почвы «от воздействия движителей (колесных, гусеничных или комбинированных) напрямую влияет как на расход топлива энергетической установкой [17] лесотранспортной машины, способность лесных семян [14] к прорастанию [8]», так и на прирост по диаметру хвойных деревьев [18]. Оставленные в результате лесозаготовительных работ заносы и колеи могут значительно нарушить физические, химические и биологические свойства почв и серьезно изменить функцию лесной экосистемы [2]. Фокус начального этапа технологического процесса восстановления леса [9] при управлении лесовосстановительным производством [10,13] неизменно будет смещаться к эффективному выбору [11] технологических приемов и технических средств подготовки почвы, а также к оценке степени уплотнения почвы, аккумулируемые в структуре справочной информационной системы FLR-Library [12,15,16].

Лесные почвы обычно имеют низкие значения насыпной плотности из-за их богатства органическим веществом, особенно в верхних слоях. Как правило, низкая насыпная плотность почвы делает ее более склонной к уплотнению. Уплотнение лесных почв способно снизить

общую пористость на 50-60% [2]. В свою очередь снижение пористости почвы снижает степень проникновения воды и воздуха, что негативно сказывается на корневой системе. Уплотнение почвы, как следствие применения тяжелой техники при лесозаготовительных работах, значительно ухудшает физические свойства почвы, разрушает структуру почвы, нарушает баланс и продуктивность древостоя [3,4].

Степень деформации почвы в результате уплотнения зависит от нескольких свойств, таких как начальная насыпная плотность, структура, гранулометрический состав, глубина, содержание органических веществ и воды, а также от внешних факторов воздействия – вес и частота проезда машин, время после прохода машин. Согласно исследованиям [5,6], почвы с более крупной гранулометрической структурой более устойчивы к уплотнению, в сравнении с мелкой текстурой. Почвы с мелкой текстурой обычно удерживают больше воды, чем почвы с грубой текстурой, и, таким образом, делают почву более восприимчивой к уплотнению [6].

Также известно, что наибольшее уплотнение лесных почв происходит после первых проходов машин, по сравнению с уплотнением от последующих проходов. Однако на уплотнение лесных почв влияет не только количество проходов и их последовательность, но физико-механический состав почвы и технические характеристики, включая конфигурацию, машин. Вес машин напрямую влияет на уплотнение почвы – чем легче машина, тем меньшее влияние она оказывает на почву [2].

Помимо нивелирования уплотнения почвы от прохода тяжелой лесозаготовительной техники, в процессе лесовосстановления существуют проблемы с почвенным покровом, возникающие на этапе подготовки почвы к посадке саженцев: уборка порубочных остатков, корчевание пней. «Вместе с выкорчеванными пнями удаляется плодородный слой почвы, движители корчевателей, в связи с превышением сопротивления пней их удалению касательной силы, развиваемой гусеницами трактора, буксуют и образуют глубокую колею, уплотняют и разрушают структуру почвы. После корчевки образуются подпневные ямы, которые затем при обработке почвы частично засыпаются, но все-таки остаются микропонижения, являющиеся зоной локального заболачивания, последующего вымокания и причиной гибели культур» [7].

Таким образом, планирование процесса восстановления лесных ландшафтов и выбор технологических операций должен исходить из: категории земель, так как категория определяет назначение и характеристики земель; процесса (лесовосстановление, лесоразведение, содействие естественному лесовосстановлению) характеризующего принцип приращения лесных ландшафтов (например, если речь идет о

лесоразведении, то можно констатировать факт того, что при подготовке почвы не нужно будет проводить корчевание пней, однако с высокой долей вероятности возникнет проблема задержания почвы; при лесовосстановлении необходимо учитывать причины восстановления лесного ландшафта: после пожара (изменение свойств и структуры почвы, сбор древесных остатков, корчевание пней); после рубок (уплотнение почвы, сбор порубочных остатков, корчевание пней) и др.); физико-механических и химических свойств почвы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шеин, Е.В. Курс физики почв.: Учебник. -М.: Изд-во МГУ, 2005. – 432 с.
2. Nazari M., Eteghadipour M., Zarebanadkouki M., Ghorbani M., Dippok J MA, BUyera N and Zamanian K (2021) Impacts of Logging-Associated Compaction on Forest Soils: A Meta-Analysis. *Front. For. Glob. Change* 4:780074. doi: 10.3389/ffgc.2021.780074
3. Ramineh, A.; Jourgholami, M.; Etemad, V.; Jafari, M.; Picchio, R. Effect of Different Vegetation Restoration on Recovery of Compaction-Induced Soil Degradation in Hyrcanian Mixed Forests: Influence on Soil C and N Pools and Enzyme Activities. *Forests* 2023, 14, 603. <https://doi.org/10.3390/f14030603>
4. Новикова, Т. В. Методы оценки уплотнения почв при лесозаготовке / Т. В. Новикова, Т. П. Новикова // Современный лесной комплекс страны: актуальные векторы развития : Материалы Всероссийской научно-практической конференции, Воронеж, 05 октября 2023 года / Отв. редактор А.А. Платонов. – Воронеж: ВГЛТУ, 2023. – С. 186-190. – DOI 10.58168/MFCCAVD_186-190.
5. Magagnotti, N., Spinelli, R., Güldner, O., and Erler, J. (2012). Site impact after motor-manual and mechanised thinning in Mediterranean pine plantations. *Biosyst. Eng.* 113, 140–147. doi: 10.1016/j.biosystemseng.2012.07.001
6. Cambi, M., Paffetti, D., Vettori, C., Picchio, R., Venanzi, R., and Marchi, E. (2017b). Assessment of the impact of forest harvesting operations on the physical parameters and microbiological components on a Mediterranean sandy soil in an Italian stone pine stand. *Eur. J. For. Res.* 136, 205–215. doi: 10.1007/s10342-016-1020-5
7. Бартнев, И. М. Снижение вредного воздействия лесных тракторов и лесосечных машин на почву и насаждения / И. М. Бартнев, М. В. Драпалюк // Лесотехнический журнал. – 2012. – № 1(5). – С. 61-66.
8. Двухосные сочлененные лесотранспортные машины в условиях лесосеки: оценка применимости / В. В. Гудков [и др.] // Лесотехнический журнал. – 2022. – Т. 12, № 4(48). – С. 77-95. – DOI 10.34220/issn.2222-7962/2022.4/6. – EDN GQYDZW.

9. Патент № 2714705 С1 Российская Федерация, МПК А01G 23/00. Способ восстановления леса : № 2019115418 : заявл. 20.05.2019 : опубл. 19.02.2020. – EDN GZDLVJ.

10. Беляева, Т. П. Интегрированная среда управления производственными процессами на основе ИПИ-технологий // Моделирование систем и процессов. – 2010. – № 1-2. – С. 18-23. – EDN NXNADH.

11. Novikova, T. P. The choice of a set of operations for forest landscape restoration technology / T. P. Novikova // Inventions. – 2022. – Vol. 7, No. 1. – DOI 10.3390/inventions7010001.

12. Справочная информационная система FLR-Library для адаптивного лесовосстановления: информационная модель / А.И. Новиков [и др.] // Лесотехнический журнал. – 2023. – Т. 13, № 4(52). – С. 114-124. – DOI 10.34220/issn.2222-7962/2023.4/7. – EDN KDASFL.

13. К вопросу об управлении этапами лесовосстановления / С.А. Евдокимова [и др.] // Моделирование информационных систем : Материалы Международной научно-практической конференции, Воронеж, 19–20 мая 2021 года. – Воронеж: ВГЛУ, 2021. – С. 165-169. – DOI 10.34220/MIS165-169. – EDN PMVNMU.

14. Novikov, A. I. Non-Destructive Quality Control of Forest Seeds in Globalization: Problems and Prospects of Output Innovative Products / A. I. Novikov, T. P. Novikova // Globalization and its socio-economic consequences: Proceedings, Rajecke Teplice, Slovak Republic, 10–11 октября 2018 года. – Rajecke Teplice, Slovak Republic: University of Zilina, 2018. – P. 1260-1267.

15. Новикова, Т. П. Справочная информационная система FLR-Library для адаптивного лесовосстановления: кластерный анализ дескрипторов / Т. П. Новикова, А. И. Новиков, Е. П. Петрищев // Лесотехнический журнал. – 2023. – Т. 13, № 3(51). – С. 164-179. – DOI 10.34220/issn.2222-7962/2023.3/12.

16. Новикова, Т. П. Разработка алгоритма и модели функционирования информационной системы для малого сельскохозяйственного предприятия / Т. П. Новикова, Т. В. Новикова, А. И. Новиков // Моделирование систем и процессов. – 2020. – Т. 13, № 4. – С. 53-58. – DOI 10.12737/2219-0767-2021-13-4-53-58.

17. К вопросу развития системы энергообразования двигателей внутреннего сгорания / С. В. Дорохин [и др.] // Альтернативные источники энергии на автомобильном транспорте: проблемы и перспективы рационального использования. – Воронеж: ВГЛУ, 2014. – С. 272-274.

18. Blouin, V.M. Effects of compaction and water content on lodgepole pine seedling growth / V.M. Blouin, M.G. Schmidt, C.E. Bulmer, M. Krzic // Forest Ecology and Management. – 2008. – Vol. 255. – № 7. – P. 2444-2452. – DOI: <http://doi.org/10.1016/j.foreco.2008.01.008>.