

М.С. Новиков, О.А. Куницкая, И.В. Григорьев

**ПРАКТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ
ДИНАМИКИ ТЕМПЕРАТУР СЛОЕВ
ЛЕСНОГО ПОЧВОГРУНТА КРИОЛИТОЗОНЫ**

Введение. Леса криолитозоны относятся к особенно экологически ранимым. При производстве лесосечных работ наибольшее негативное влияние на лесную экосистему оказывают операции трелевки. Самым негативным фактором трелевки в лесозаготовительный период года является переуплотнение и разрушение структуры лесных почвогрунтов на трелевочных волоках и технологических коридорах. Интенсивное колеобразование приводит не только к критическим повреждениям лесной экосистемы, но и заметно снижает эффективность работы лесных машин. При морозах более 40 °С лесные машины работать не могут из-за возникновения морозной хрупкости металла конструкции. Поэтому значительный объем заготовки приходится именно на умеренно теплый период года.

Экспериментальный мониторинг температур слоев лесного почвогрунта криолитозоны на каждой конкретной территории трелевки древесины позволит спрогнозировать степень воздействия движителей лесных машин на лесные почвогрунты криолитозоны в конкретных природно-производственных условиях [Рудов и др., 2019; Гончарова и др., 2015].

При оттайке почвогрунтов криолитозоны происходит избыточное перенасыщение его влагой, вследствие чего слабеют связи между твердыми частицами и физико-механические свойства почвогрунта криолитозоны утрачивают первоначальные значения [Саввинов, 1976; Чемшикова, 2019] (рис. 1–3).

Выполненные ранее экспериментальные исследования показали, что изменение температуры в слоях мерзлого почвогрунта носит нелинейный характер, который связан с различными теплоемкостями и теплопроводностями слоев почвогрунта [Бобжов и др., 2014; Григорьев и др., 2013; Шапино др., 2008; Шапино и др., 2010].



Рис. 1. Лесосека, разрабатываемая с использованием форвардеров финской фирмы Ponsse, в ООО «Витимская лесная компания» (пос. Витим, Ленский район) весной 2021 г., температура воздуха минус 25 градусов

Fig. 1. A logging cut developed using forwarders of the Finnish company Ponsse in LLC Vitimskaya Lesnaya Kompaniya (Vitim settlement, Lena District) in spring 2021, air temperature minus 25 degrees Celsius.



Рис. 2. Лесосека, разрабатываемая с использованием форвардеров финской фирмы Ponsse, в ООО «Витимская лесная компания»

Fig. 2. A logging section developed using forwarders from the Finnish company Ponsse at LLC Vitimskaya Lesnaya Kompaniya (Vitimskaya Lesnaya Company)



Рис. 3. Лесосека, разрабатываемая с использованием форвардеров финской фирмы Ponsse, в ООО «Витимская лесная компания»

Fig. 3. A logging section developed using forwarders from the Finnish company Ponsse at LLC Vitimskaya Lesnaya Kompaniya (Vitimskaya Lesnaya Company)

Объект исследований. Экспериментальные исследования по измерению температуры в слоях мерзлотного почвогрунта проводятся на площадке Сергеляхского шоссе в г. Якутске, Республики Саха (Якутия). Площадка исследований представляет собой практически ровный участок, на котором в октябре 2021 года устроена скважина диаметром 100 мм и глубиной 3 м. На всю глубину скважины заглублена пластиковая трубка диаметром 50 мм, со встроенными внутри трубки датчиками температуры, расположенными с шагом 10 см. Количество датчиков температуры – 32, датчик № 1 соответствует наибольшей глубине скважины. При этом 32-й датчик расположен выше уровня земляного покрытия и измеряет температуру приземного слоя воздуха. Датчики температуры способны измерять температуру в диапазоне $-55...+125$ [Боргонутдинов и др., 2020].

Материалы, объекты и методы. Датчики температуры передают сведения на персональный компьютер, который связан с датчиками RODOS-5Z – USB через провод и специальный блок, подключаемый к персональному компьютеру через USB-порт.

RODOS-5Z – USB датчик температуры. Устройство позволяет получить многоканальный цифровой термометр, подключаемый к персональному компьютеру через USB-порт (рис. 4).

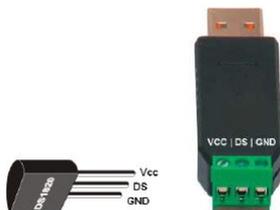


Рис. 4. Схема подключения датчиков
Fig. 4. Diagram of sensor connection

В качестве программного обеспечения выступает программа «BM1707.exe». Датчики температуры и программное обеспечение для измерения температуры в дорожной конструкции разработаны ООО «Олимп» (г. Москва).

Измерения температуры проводились ежедневно с октября 2021 г. по август 2023 г., кроме дней с осадками.



Рис. 5. Температурная трубка
Fig. 5. Temperature tube



Рис. 6. Толщина снега в марте 2023 г.
(45 см)
Fig. 6. Snow depth in March 2023 (45 cm)

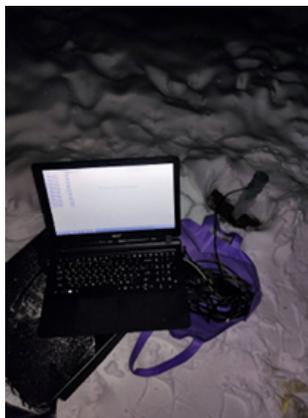


Рис. 7. Снятие данных на персональный компьютер

Fig. 7. Data capture on a personal computer



Рис. 8. Подключение кабеля к температурной трубке

Fig. 8. Connecting the cable to the temperature tube

Регистрировались максимальные и минимальные суточные температуры воздуха и покрытия, в том числе осадки (снег) (рис. 9).



Рис. 9. Распределение снежного покрова в 2023 г.

Fig. 9. Distribution of snow cover in 2023

По данным средних температур в слоях почвогрунта криолитозоны строились графические зависимости. На основе полученных значений температуры в слоях почвогрунта были построены графики, показывающие среднюю температуру в слоях почвогрунтов, в зависимости от времени года (рис. 10–16). Также была получена сводная графическая зависимость, показывающая разницу средних температур в слоях почвогрунтов.



Рис. 10. График в программном комплексе VM1707.exe
 Fig. 10. Graph in the program complex VM1707.exe

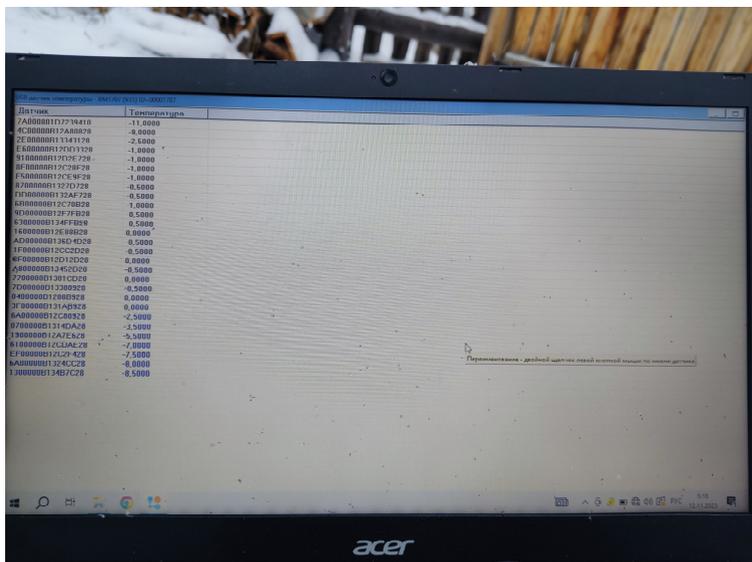


Рис. 11. Снятие данных с компьютера из программного комплекса
 Fig. 11. Capturing data from the computer from the program complex



Рис. 12. График промерзания слоев лесного почвогрунта
Fig. 12. Graph of freezing of forest soil layers

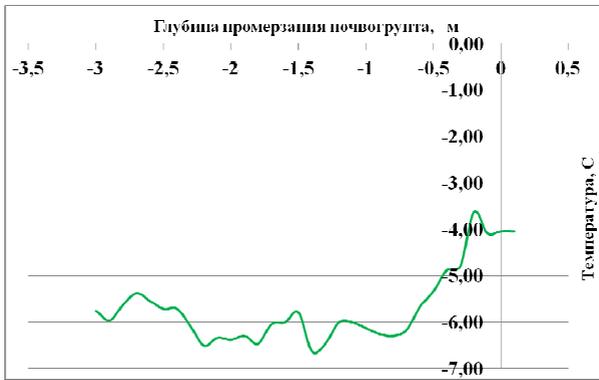


Рис. 13. График средней температуры промерзания за весенний период
Fig. 13. Graph of average freezing temperature for the spring period



Рис. 14. График средней температуры промерзания за летний период
Fig. 14. Graph of average freezing temperature for the summer period



Рис. 15. График средней температуры промерзания за осенний период
Fig. 15. Graph of average freezing temperature for the fall period



Рис. 16. График средней температуры промерзания за зимний период
Fig. 16. Graph of average freezing temperature for the winter period

Результаты и выводы исследований. Установлено, что изменение температуры в слоях мерзлотного почвогрунта носит нелинейный характер, который связан с различными теплоемкостями и теплопроводностями слоев почвогрунта [Бурмистрова и др., 2019; Серый и др., 1991; Немцов и др., 1993; Коробов и др., 1993].

Задачами дальнейших исследований являются: определение влияния теплофизических свойств материалов конструктивных слоев и геометрических параметров на температурный режим слоев лесного почвогрунта криолитозоны с использованием численного моделирования; изучение влияния перепада температур на величину температурных напряжений; уточнение

формулы для определения температурных напряжений слоев лесного почвогрунта; изучение данных Института мерзлотоведения РАН Республики Саха (Якутия), Института креолитозоны Республики Саха (Якутия) [Анисимов и др., 2019; Яковлев и др., 1985; Виногоров и др., 1978; Бондарев и др., 1988].

В целях сравнения и проверки собранных данных при исследовании температур почвогрунтов криолитозоны на Сергеляхском шоссе в городе Якутске, планируется использование логгеров (температурные датчики), не менее 3 точек, непосредственно на лесосечных работах в Ленском районе Республики Саха (Якутия), магистральных волоках, лесовозных дорогах. В том числе планируется взятие проб грунтов, фотофиксация колееобразований, их размерные изменения в зависимости от коэффициента уплотнения, погодных условий и времени года.

Заключение. Практическое исследование динамики температур слоев почвогрунта криолитозоны позволит размещать лесосеки в пространстве и по сезонам года в зависимости от несущей способности почвогрунта; выбрать щадящие технологические схемы разработки делянок в зависимости от рельефа местности и мозаичности почвенно-грунтовых условий; осуществлять мониторинг за соблюдением соотношения параметров волоков, погрузочных пунктов и пасек; создать рациональные маршруты перевозок; снизить количество проходов машин по волоку.

Сведения о финансировании исследования. Материалы исследования получены за счет гранта Российского научного фонда № 23-16-00092, <https://rscf.ru/project/23-16-00092/>

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Библиографический список

Андреева В.В., Максимов Г.Т., Спектор В.В. и др. Температурный режим многолетнемерзлых пород на постпиоргенных участках Севера Колымской низменности // Успехи современного естествознания. 2021. № 8. С. 29–40.

Анисимов О.А., Анохин Ю.А., Лавров С.А. и др. Континентальная многолетняя мерзлота // Методы оценки последствий изменения климата для физических и биологических систем. 2012. С. 301–359.

Бобжов В.Е., Калистратов А.В., Степанищева М.В. Исследование модуля деформации лесной почвы в сосновых древостоях с учетом действия боковых корней // Системы. Методы. Технологии. 2014. № 2 (22). С. 187–190.

Бондарев А.Г., Сапожников П.М., Уткаев В.Ф. и др. Изменения физических свойств и плодородия почв при их уплотнении движителями сельскохозяйственной техники // Сборник науч. тр. ВИМ. Т. 118–1988. С. 46–57.

Бурмистрова О.Н., Чемшикова Ю.М. Сохранение почвенного покрова от разрушения при воздействии гусеничных движителей // Транспортные и транспортно-

технологические системы : матер. Междунар. науч.-технич. конференции / под ред. Н.С. Захарова. Тюмень: Тюменский индустриальный университет, 2019. С. 38-41.

Виногоров Г.К. Некоторые лесоэксплуатационные характеристики почвенно-грунтовых условий и рельефов // Вопросы технологии и механизации лесосечных работ: сб. науч. тр. ЦНИИМЭ. 1972. № 123. С. 3–9.

Гончарова О.Ю., Матвишак Г.В., Бобрик А.А. и др. Температурные режимы северотаежных почв Западной Сибири в условиях островного распространения многолетнемерзлых пород // Почвоведение, 2015, № 12, С. 1462–1473.

Григорьев И.В., Никифорова А.И., Пельмский А.А., Хитров Е.Г., Хахина А.М. Экспериментальное определение времени релаксации напряжений лесного грунта // Ученые записки Петрозаводского государственного университета. 2013. № 8 (137). С. 77–80.

Григорьев И.В., Тихонов И.И., Григорьева О.И. и др. Поиск новых технических решений для повышения экологической совместимости лесных машин с лесной средой // Интенсификация формирования и охраны интеллектуальной собственности: сб. матер. республиканской научно-практической конференции, посвящ. 75-летию ПетрГУ. Петрозаводский государственный университет. 2015. С. 9–11.

Калистратов А.В., Григорьева О.И., Григорьев Г.В., и др. О важности исследований экологической эффективности процесса трелевки // Наука, образование, инновации в приграничном регионе: сб. матер. республиканской научно-практической конференции. Петрозаводский государственный университет, 2015. С. 7–9.

Каляшов В.А., Шапиро В.Я., Григорьев И.В., и др. Исследование устойчивости массива оттаивающего почвогрунта при его динамическом взаимодействии с колёсной лесной машиной на склонах // Resources and Technology. 2022. Т. 19. № 1. С. 129–148.

Концепция развития лесоперерабатывающей промышленности Республики Саха (Якутия) до 2016 года: Распоряжение Правительства Республики Саха (Якутия) от 02.07.2012 г. № 662-р, 2012. 23 с.

Коробов В.В. Многооперационные машины и окружающая среда // Лесная промышленность. 1993. № 5. С. 13–14.

Немцов В.П. Развитие машинной технологии лесозаготовок в России // Лесная промышленность. 1993. № 5. С. 12–13.

Особенности контактного взаимодействия трелевочной системы с мерзлым почвогрунтом // Лесной журнал. 2019. № 1. 14 с.

Рудов С.Е., Шапиро В.Я., Григорьев И.В., Куницкая О.А., Григорьева О.И. Особенности контактного взаимодействия трелевочной системы с мерзлым почвогрунтом // ИВУЗ. Лесной журнал. 2019. № 1 (367). С. 106–119.

Саввинов Д.Д. Гидротермический режим почв в зоне многолетней мерзлоты / Институт биологии Якутский филиал Сибирского отделения Академии наук СССР. Новосибирск, 1976. С. 4–15.

Серый В.С., Засукин Д.П., Вялых П.Ц. Влияние нарушений почвенного покрова при сплошных рубках на последующее возобновление и рост молодняка // Лесное хозяйство. 1991. № 3. С. 27–28.

Стратегия развития лесопромышленного комплекса Республики Саха (Якутия) на 2020–2024 годы: Распоряжение Правительства Республики Саха (Якутия) от 27.03.2020 г. № 296-р, 2020. 29 с.

Чемшикова Ю.М. Снижение отрицательного воздействия гусеничных вездеходов для лесного хозяйства и лесозаготовок на лесные почвогрунты : дисс. ... канд. техн. наук. Ухта, 2019. 153 с.

Шати́ро В.Я., Григорьев И.В., Жукова А.И., Иванов В.А. / Исследование механических процессов циклического уплотнения почвогрунта при динамических нагрузках // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2008. № 1. С. 163–175.

Шати́ро В.Я., Григорьев И.В., Рудов С.Е., Жукова А.И. / Модель процесса циклического уплотнения грунта в полосах, прилегающих к трелевочному волоку // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2010. № 2 (41). С. 8–14.

Яковлев Г.В., Увакин М.И. Влияние лесозаготовительной техники на водно-физические свойства почвы // Лесное хозяйство. 1985. № 1. С. 33–34.

References

Andreeva V.V., Maksimov G.T., Spektor V.V. et al. Temperature regime of perennially frozen rocks in the post-pyrogenic areas of the North of the Kolyma Lowland. *Advances in current natural sciences*, 2021, no. 8, pp. 29–40. (In Russ.)

Anisimov O.A., Anokhin Y.A., Lavrov S.A., et al. Continental Permafrost. *Methods of Assessment of Climate Change Consequences for Physical and Biological Systems*. M.: Institute of Global Climate and Ecology, 2012, pp. 301–359. (In Russ.)

Bobzhov V.E., Kalistratov A.V., Stepanischeva M.V. Investigation of forest soil deformation modulus in pine stands taking into account the action of boko roots. *Systems. Methods. Tekhnologii*, 2014, no. 2 (22), pp. 187–190. (In Russ.)

Bondarev A.G., Sapozhnikov P.M., Utkaev V.F. et al. Changes in physical properties and fertility of soils during their compaction by agricultural machinery movers. M.: Collection of scientific works of VIM, vol. 118–1988, pp. 46–57. (In Russ.)

Burmistrova O.N., Chemshikova Y.M. Preservation of soil cover from destruction under the impact of caterpillar movers. *Transportation and transport-technological systems: Proceedings of the International Scientific and Technical Conference*. Ed. by N.S. Zakharov. Tyumen: Tyumen Industrial University, 2019, pp. 38–41. (In Russ.)

Chemshikova Yu.M. Reduction of the negative impact of tracked all-terrain vehicles for forestry and logging on forest soil : diss. ... Candidate of Technical Sciences. Ukhta, 2019. 153 p. (In Russ.)

Concept for the development of the timber processing industry of the Republic of Sakha (Yakutia) until 2016: Order of the Government of the Republic of Sakha (Yakutia) of 02.07.2012, № 662-р, 2012. 23 p. (In Russ.)

Features of the contact interaction of the skidding system with frozen soil. *Forestry Journal*, 2019, no. 1. 14 c. (In Russ.)

Goncharova O.Yu., Matyshak G.V., Bobrik A.A. et al. / Temperature regimes of northern taiga soils of Western Siberia under conditions of island distribution of permafrost. *Soil Science*, 2015, no. 12, pp. 1462–1473. (In Russ.)

Gray B.C., Zasukin D.P., Vyalykh P.Ts. / Influence of soil disturbances during clear-cutting on subsequent regeneration and growth of young trees. *Forestry*, 1991, no. 3, pp. 27–28. (In Russ.)

Grigoriev I.V., Nikiforova A.I., Pelymskiy A.A., Khitrov E.G., Khakhina A.M. Experimental determination of stress relaxation time of forest soil. *Scientific notes of Petrozavodsk State University*, 2013, no. 8 (137). pp. 77–80. (In Russ.)

Grigoriev I.V., Tikhonov I.I., Grigorieva O.I., et al. / Search for new technical solutions to improve the ecological compatibility of forest machines with the forest environment. *Intensification of formation and protection of intellectual property: materials of the republican scientific-practical conference devoted to the 75th anniversary of Petrozavodsk State University*. Petrozavodsk State University, 2015. pp. 9–11. (In Russ.)

Kalistratov A.V., Grigoryeva O.I., Grigoryev G.V., et al. / On the importance of research into the ecological efficiency of the skidding process. *Science, education, innovation in the border region: materials of the republican scientific-practical conference*. Petrozavodsk State University, 2015, pp. 7–9. (In Russ.)

Kalyashov V.A., Shapiro V.Y., Grigoriev I.V. et al. Study of stability of thawing soil massif during its dynamic interaction with a wheeled forest machine on slopes. *Resources and Technology*, 2022, vol. 19, no. 1, pp. 129–148. (In Russ.)

Korobov V.V. Multi-operational machines and environment. *Forest industry*, 1993, no. 5, pp. 13–14. (In Russ.)

Nemtsov V.P. Development of machine technology of logging in Russia. *Forest Industry*, 1993, no. 5, pp. 12–13. (In Russ.)

Rudov S.E., Shapiro V.Ya., Grigoriev I.V., Kunitskaya O.A., Grigorieva O.I. Features of contact interaction of skidding system with frozen soil. *Izvestiya vysshee obrazovaniya vysshee obrazovaniya. IVUZ. Forestry journal*, 2019, no. 1 (367), pp. 106–119. (In Russ.)

Savinov D.D. Hydrothermal regime of soils in the zone of permafrost. Institute of Biology Yakutsk Branch of the Siberian Branch of the Academy of Sciences of the USSR. Novosibirsk 1976, pp. 4–15. (In Russ.)

Shapiro V.Ya., Grigoriev I.V., Rudov S.E., Zhukova A.I. / Model of the process of cyclic soil compaction in the strips adjacent to the skidding drag. *Bulletin of Krasnoyarsk State Agrarian University*, 2010, no. 2 (41), pp. 8–14. (In Russ.)

Shapiro V.Ya., Grigoriev I.V., Zhukova A.I., Ivanov V.A. / Investigation of me-mechanical processes of cyclic soil compaction under dynamic loads. *Bulletin of Krasnoyarsk State Agrarian University*, 2008, no. 1, pp. 163–175. (In Russ.)

Strategy for the development of the timber industry complex of the Republic of Sakha (Yakutia) for 2020-2024: Order of the Government of the Republic of Sakha (Yakutia) of 27.03.2020, no. 296-r, 2020. 29 p. (In Russ.)

Vinogorov G.K. Some forest exploitation characteristics of soil-soil conditions and reliefs. *Voprosy tekhnologii i mehanizatsii lesoschichnykh raboty*: Collected scientific works of the Central Research Institute of Forestry. Khimki, 1972, no. 123, pp. 3–9. (In Russ.)

Yakovlev G.V., Uvakin M.I. / Influence of logging equipment on water-physical properties of soil. *Forestry*, 1985, no. 1, pp. 33–34. (In Russ.)

Материал поступил в редакцию 29.11.2023

Новиков М.С., Куницкая О.А., Григорьев И.В. Практическое исследование динамики температур слоев лесного почвогрунта криолитозоны // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2024. Вып. 250. С. 303–317. DOI: 10.21266/2079-4304.2024.250.303-317

Установление принципов воздействия температуры слоев лесного почвогрунта криолитозоны на их физико-механические свойства обеспечивают производить более точные оценки данных результатов взаимосвязи лесных машин с почвогрунтами. В статье представлены методика, приборы и данные, полученные при температурных исследованиях температуры мерзлотного почвогрунта. Уменьшению неблагоприятного влияния колесной системы лесовозных машин на почвогрунты лесосек посвящено очень большое количество теоретических и практических разработок, отечественных и зарубежных авторов. Целесообразно указать огромный вклад в эти теоретические и практические разработки научной школы «Инновационные разработки в области лесозаготовительной промышленности и лесного хозяйства». В рамках данной научной школы только за последние годы защищено более десяти кандидатских и докторских диссертаций по научной специальности 05.21.01, посвященных вопросам снижения экологического ущерба при проведении рубок леса и, прежде всего, уменьшению неблагоприятного воздействия на почвогрунты лесосек. Однако слабым местом данной теории является отсутствие учета изменения теплового режима мерзлотного почвогрунта, который, по определению, является многослойной системой.

Ключевые слова: мерзлотные почвогрунты, лесные машины, лесозаготовки, уплотнение почвогрунтов, экспериментальные исследования.

Novikov M.S., Kunitskaya O.A., Grigoriev I.V. Practical study of the temperature dynamics of the layers of the forest soil of the cryolithozone. *Izvestia Sankt-Peterburgskoj Lesotehniceskoi Akademii*, 2024, iss. 250, pp. 303–317 (in Russian with English summary). DOI: 10.21266/2079-4304.2024.250.303-317

Cryolithozone forests belong to especially ecologically vulnerable forests. During logging operations, skidding operations have the greatest negative impact on the forest ecosystem. The most negative factor of skidding during the logging season is overconsolidation and destruction of forest soil structure on the skidding shafts and technological corridors. Intensive rutting leads not only to critical damage to the forest ecosystem, but also significantly reduces the efficiency of forest machines. At frosts of more than -40°C forest machines cannot work due to frost brittleness of metal construction. Therefore, a significant volume of harvesting falls precisely on the moderately warm period of the year. Establishing the principles of the impact of the temperature of forest soil layers of the cryolithozone on their physical and mechanical properties provides more accurate assessments of these results of the relationship between forest machines and soil. The article presents the methodology, devices and data obtained in full-scale experimental studies to determine the influence of permafrost soil temperature. Reducing the unfavorable impact of forest machine drivers on the soil of harvesting areas is devoted to a very large number of theoretical and practical developments of domestic and foreign authors. It is expedient to point out a huge contribution to these theoretical and practical developments, which was made by the participants of the leading domestic sectoral scientific school «Innovative developments in the field of logging industry and forestry». Within the framework of this scientific school only for the last years more than ten candidate and doctoral dissertations on scientific specialty 05.21.01 «Technology and machines of logging and forestry», devoted to the issues of reducing environmental damage during logging, and, above all, to reducing the negative impact of forest machine drivers on the soil of harvesting areas, have been defended. However, the weak point of this theory is the lack of consideration of changes in the thermal regime of permafrost soil, which, by definition, is a multilayer system. Without taking into account the thermal regime of soil layers, the theoretical methods of assessing and predicting the impact of forest machine drivers on it are not accurate enough.

Keywords: permafrost soils, forest machines, logging, soil compaction, experimental studies.

НОВИКОВ Марат Семенович – аспирант кафедры «Технологии и оборудование лесного комплекса» Арктического государственного агротехнологического университета. SPIN-код: 9560-8877. ORCID: 0009-0002-2899-0977.

677007, Сергеляхское ш., 3-й км, д. 3, г. Якутск, Россия. E-mail: 715888@bk.ru

NOVIKOV Marat S. – PhD student of the Department of Technology and Equipment of the Forest Complex of the Arctic State Agrotechnological University. SPIN-code: 9560-8877. ORCID: 0009-0002-2899-0977.

677007. Sergelyakhskoe sh. 3rd km 3. Yakutsk. Russia. E-mail: 715888@bk.ru

ГРИГОРЬЕВ Игорь Владиславович – профессор кафедры «Технология и оборудование лесного комплекса» Арктического государственного агротехнологического университета, доктор технических наук.

677007, Сергеляхское ш., 3-й км, д. 3, г. Якутск, Россия. E-mail: silver73@inbox.ru

GRIGORIEV Igor V. – DSc (Technical), Professor of the Department of Technology and Equipment of the Forest Complex of the Arctic State Agrotechnological University.

677007. Sergelyakhskoe sh. 3rd km 3. Yakutsk. Russia. E-mail: silver73@inbox.ru

КУНИЦКАЯ Ольга Анатольевна – профессор кафедры «Технология и оборудование лесного комплекса» Арктического государственного агротехнологического университета, доктор технических наук.

677007, Сергеляхское ш., 3-й км, д. 3, г. Якутск, Россия. E-mail: ola.ola07@mail.ru

KUNITSKAYA Olga A. – DSc (Technical), Professor of the Department of Technology and Equipment of the Forest Complex of the Arctic State Agrotechnological University.

677007. Sergelyakhskoe sh. 3rd km 3. Yakutsk. Russia. E-mail: ola.ola07@mail.ru