

DOI: 10.12731/2658-6649-2025-17-1-1029
УДК 504.1

EDN: UYKVCV



Обзорная статья

ВЛИЯНИЕ РУБОК НА ЛЕСОВОССТАНОВЛЕНИЕ В РАЙОНАХ С МНОГОЛЕТНЕЙ МЕРЗЛОТОЙ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ

А.В. Шемякина

Аннотация

Обоснование. На общем фоне потепления климата освоение лесов при заготовке древесины в лесах на многолетней мерзлоте последствия могут нести глобальные масштабы. Сплошная вырубка леса изменяет микрорельеф, физические свойства почвы, повышается температура оттаивания деятельного слоя.

Цель. Обзор и анализ научной литературы по лесовосстановлению на вырубках и экологическим последствиям на почвах с многолетней мерзлотой.

Материалы и методы. В ходе исследований выполнен поиск и анализ научной литературы по теме исследований с 1940 по 2022 гг. используя ресурсы поисковых систем eLIBRARY, Академии Google и фондовых библиотечных материалов.

Результаты. Леса на многолетней мерзлоте чрезвычайно уязвимы, при нарушении лесного покрова изменяются вплоть до превращения в пустыри. При заготовке древесины происходит нарушение природного хода возобновления древесной растительности на почвах с многолетней мерзлотой. При рубке лесных насаждений изменяется температура воздуха в сторону повышения градуса, меняется состав почв, их влажность. Вследствие чего льды под почвой тают – развивается карстовые процессы.

Наибольшие изменения в условиях многолетней мерзлоты наблюдались после сплошной рубки в лиственных насаждениях. Сплошная рубка резко смещает баланс углерода лесной экосистемы в сторону выделения углекислого газа в атмосферу.

Заключение. Леса в лесных районах с распространением многолетней мерзлоты нуждаются в сохранении и восстановлении вырубленных территорий. Накоплен большой опыт исследователей по оценке состояния лесовосстановления и путей содействия ему. Сплошная рубка леса вносит значительные изменения в лесорастительную среду. Антропогенные изменения проявляются по-разному: от смены главной породы до появления термокарстов, солифлюкации.

Ключевые слова: многолетняя мерзлота; мерзлотные условия; глубина оттаивания; рубка леса; лесовосстановление; экологические последствия

Для цитирования. Шемякина, А.В. (2025). Влияние рубок на лесовосстановление в районах с многолетней мерзлотой и экологические последствия. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*, 17(1), 93-112. <https://doi.org/10.12731/2658-6649-2025-17-1-1029>

Scientific Review

THE IMPACT OF LOGGING ON REFORESTATION IN AREAS WITH PERMAFROST AND ENVIRONMENTAL CONSEQUENCES

A.V. Shemyakina

Abstract

Background. Against the general background of climate warming, the development of forests during logging in forests on permafrost can have global consequences. Continuous deforestation changes the microrelief, the physical properties of the soil, and the thawing temperature of the active layer increases.

Purpose. Review and analysis of scientific literature on deforestation and ecological consequences on soils with permafrost.

Materials and methods. In the course of the research, a search and analysis of scientific literature on the topic of research from 1940 to 2022 was carried out using the resources of the eLibrary search engines, the Google Academy and stock library materials.

Results. Forests on permafrost are extremely vulnerable, and when the forest cover is disturbed, they change until they turn into wastelands. When harvesting wood, there is a violation of the natural course of the renewal of woody vegetation on soils with permafrost. When cutting down forest plantations, the air temperature changes in the direction of an increase in degree, the composition of soils and their humidity change. As a result, the ice under the soil is melting - karst processes are developing.

The greatest changes in permafrost conditions were observed after continuous logging in larch plantations. Continuous logging dramatically shifts the carbon balance of the forest ecosystem towards the release of carbon dioxide into the atmosphere.

Conclusion. Forests in forested areas with the spread of permafrost need to preserve and restore felled areas. Researchers have accumulated extensive experience in assessing the state of reforestation and ways to promote it. Continuous logging

makes significant changes to the forest environment. Anthropogenic changes manifest themselves in different ways: from the change of the main rock to the manifestation of thermokarst, solifluction.

Keywords: permafrost; permafrost conditions; thawing depth; logging; reforestation; environmental consequences

For citation. Shemyakina, A.V. (2025). The impact of logging on reforestation in permafrost areas and environmental consequences. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*, 17(1), 93-112. <https://doi.org/10.12731/2658-6649-2025-17-1-1029>

Введение

Мерзлотно-таёжные лесные районы Дальневосточного федерального округа включают в себя Восточно-Сибирский таёжно-мерзлотный и Забайкальский горно-мерзлотный лесные районы. Леса на многолетней мерзлоте нуждаются в обоснованных бережных подходах при лесопользовании, конкретно подходящих для условий изучаемых лесов, так как лес, кроме водорегулирующих, почвозащитных, водоохраных функций, выполняет мерзлотно-защитную функцию [24]. В настоящее время на изучаемых территориях наблюдается интенсивное освоение лесных ресурсов, в том числе и заготовка древесины. В лесных районах, в основном, проводятся, сплошнолесосечные рубки.

На общем фоне потепления климата, последствия вырубок несут колоссальные мировые масштабы отрицательного воздействия. Вырубка леса и экология – тесно связаны между собой взаимодействия. Вырубка леса может вызвать термopосадки, оползни, термоэрозии. Актуальность проблемы подчеркивается тем, что при освоении лесов на многолетней мерзлоте, необходима разработка технологий и рекомендаций, направленная на восстановление и сохранение лесов криолитозоны.

Цель исследования

Обзор и анализ научной литературы по лесовосстановлению на вырубках и экологическим последствия на почвах с многолетней мерзлотой.

Материалы и методы

В ходе исследований выполнен поиск и анализ научной литературы по теме исследований с 1940 по 2022 гг. используя ресурсы поисковых систем *eLIBRARY*, *Академии Google* и фондовых библиотечных материалов. Исследование по изучаемой теме рассматривалось по вопросам: лесовосстановление на вырубках и экологическим последствия.

Результаты

Влияние рубок по тематике лесовосстановительных процессов при сплошных вырубках на почвах с многолетней мерзлотой исследователи изучали в разные времена [3; 5; 8-9; 17; 19; 21; 23; 25-26; 34; 38; 42; 60; 63].

Процессу лесовосстановления в лесах многолетней мерзлоты в различных условиях уделяется достаточное внимание. Начиная с работ Р. И. Аболина и В. Н. Сукачева, а также в монографиях, сборниках и статьях рассматривается объем и полнота данных о состоянии лесного процесса [1; 57]. О более подробном лесовосстановлении в условиях вечной мерзлоты свидетельствует лесовосстановление сосны и ограниченные работы по лесовозобновлению ели (*Picea*), кедра (*Pinus*) и березы (*Betula*). Особое внимание авторы обращают на плодоношение лиственничных культур [29; 43-47; 62]. Исследования направлены на тонкости лесообсеменения лиственницы (*Larix*) в мерзлотных лесных районах и примыкающих территорий. Авторы приводят данные натурных обследований лесосек, отмечая периоды, когда лиственница практически не плодоносила. Однако, в целом, лиственница распространяла семена на приемлемом уровне, что обеспечивало возобновление подроста. Для наглядности исследователи по годам представлены в табл.

Таблица.

Обзор литературных источников

Года	Исследователи
Естественное возобновление и лесовосстановление после рубок на мерзлотных почвах	
1912-1929	Сукачев В.Н. (1912); Аболин Р.И. (1929); Ткаченко М.Е. (1931)
1940-1969	Молчанов А.А. (1940); Черников В.А. (1951); Дадыкин В.Н. (1952); Львов А.Н. и др (1954); Поздняков Л.К. (1958; 1961; 1963; 1975); Тюлин Л.Н. (1959); Уткин А.И. (1960); Щербаков И.П. (1965); Виппер В.Н. (1964-1965); Мелехов И.С. (1965; 1966); Токарев И.Д. (1969)
1970-1995	Андриянов Н.Г. (1970); Михалева (1971); Чугунова Р.В. (1971); Котляров И.И. и др. (1971); Вершняк В.М. и др (1972); Медведева Н.С. (1972); Калининченко Н.П. и др. (1973); Рылков В.Ф. (1973; 1986); Виппер В.Н. (1975); Бойченко А.М. (1987); Щурдук И.Ф. (1987); Бобринцев В.П. и др (1988); Бизюкин В.В. и др. (1989); Казымов С.А. (1989); Побединский А.В. (1989); Исаев А.П. (1993)
1996 – по настоящее время	Бойченко А.М. (2000); Тимофеев П.А. (2000); Лыткина Л.П. (2005); Исаев А.П. (2011); Антропова В.Ф. (2013); Бобринцев В.П. (2015); Зленко Л.В. и др. (2015); Габышева Л.П. (2018); Григорьева О.И. (2018); Григорьев И.В. (2019); Николаев В.В. (2020); Никитина Н.В. (2020); Федоров А.Я. (2020); Шпагин Д.Е. и др. (2021); Петров О.Г. (2022)

Возобновление лиственницы и сосны в лесах Республики Саха (Якутия) изучалось А.А. Молчановым (1940); В.А. Черниковым (1951); А.И. Уткиным (1960); Л.К. Поздняковым (1963); И.П. Щербаковым (1965); В.Н. Виппер (1965; 1973); А.П. Исаевым (1993; 2011); Никитиной Н.В. (2005); Л.П. Лыткиной (2005), Ю.В. Рубцовым (2010); В. П. Бобриневым (2015); Л.П. Габышевой (2018); О.И. Григорьевой (2018); О.Г. Петровым (2022) [4; 10; 13; 15; 21-22; 31; 35; 37; 41; 45; 50; 61; 64]. Естественное восстановление леса при вырубке зависит от численности, частоты плодоношения, качества и степени распространения семян. Ареал распространения лиственницы отличается тем, что эта порода обладает высокой репродуктивной способностью. Плодоношение и интенсивность могут значительно различаться географически и со временем, но в самых неблагоприятных условиях лиственница возобновляется семенами на вырубленных участках и близлежащих территориях [46]. А.П. Исаев (2000) отмечает, что условия для посева лиственницы благоприятны: урожай и качество посева семян удовлетворяет условиям при небольших размерах лесосеки [22].

Авторы, в целом отмечают, что процесс лесовосстановления является удовлетворительным, и его изменение обусловлено временным фактором. Конечно, в некоторых случаях по определенным причинам вышеупомянутый процесс был необратимо нарушен. Однако следует отметить, что подавляющее большинство работ характеризует условно-естественный и закономерный процесс лесовосстановления, который изначально характерен для конкретного лесного биогеоценоза. В то же время было изучено возобновление вырубок в районах, где рубки велись без применения тяжелой современной техники, сильно изменяющей экологическую обстановку. Современные технологии внедряются в практику лесного хозяйства Республики Саха (Якутия), но исследований последствий их использования не проводилось.

Переходя к вопросу о экологическом влиянии рубок, в статье необходимо охарактеризовать естественные мерзлотные условия. Мощность активного мерзлотного слоя в Якутии изменяется от 0,5 м до 3,5 м и зависит от климатических условий: чем дальше на юг, тем выше мощность активного слоя. 40 % всей площади Якутии (Северное побережье) мощность слоя варьирует от 0,5 до 1 м. Зона с наибольшим показателем деятельного слоя расположена в Южной Якутии, толщина находится в диапазоне 3-3,5 м (всего 3 % территории Якутии). Для условий Якутии первое обобщение данных о межгодовой изменчивости глубины таяния принадлежит Л.К. Позднякову [46]. В различных регионах глубина оттаивания на суглини-

стых, суглинисто-песчаных и супесчаных почвах многолетней мерзлоты, в среднем, составляет 1,3-1,8 м [46] (рис.).

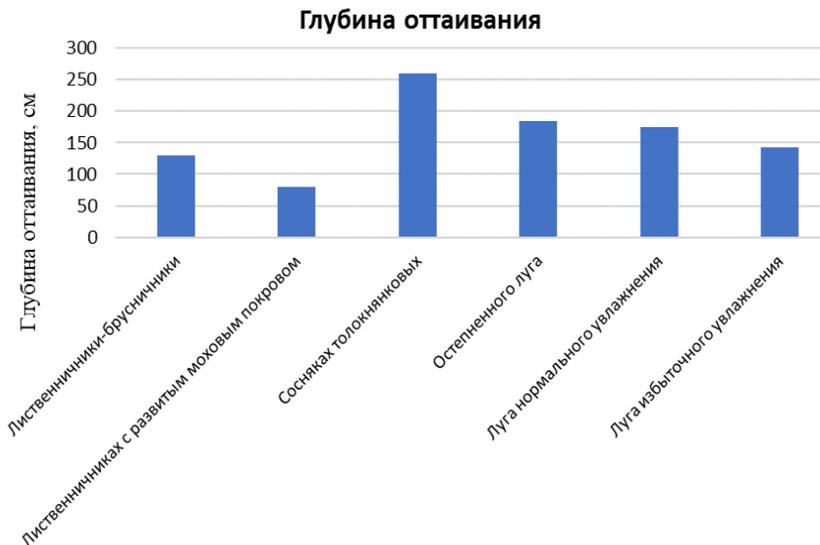


Рис. Глубина оттаивания на почвах с многолетней мерзлотой в зависимости от типа местности и типа леса

Обобщение информации о межгодовой вариабельности глубины оттаивания также принадлежит М.К. Гавриловой (1966), А.В. Павлову [14; 39-40].

А.Л. Аре и Р. Я. Демченко (1972) указывают на главную роль показателей активной суммы температур воздуха (в летние время) в межгодовом изменении глубины оттаивания в регионе Якутска [2]. Сотрудники Института мерзлотоведения (ИМЗ) СО АН СССР П.Н. Скрыбиным, С.П. Варламовым и Ю.Б. Скачковым с 1982 г. проводятся исследования параметров температурного режима грунтов на стационаре Чабата, а с 1990-х гг. и на правобережье р. Лены [7; 5; 24; 27; 49; 56].

Влияние рубок на лесовосстановительные процессы на мерзлотных почвах

Растительный покров имеет значительное влияние на плотность и толщину активного слоя. После вырубki леса или уничтожения древостоя пожаром глубина летнего таяния возрастает почти в 1,5-2 раза. В сосняках на песчаных почвах глубина оттаивания повышается до 2,4-2,8 м, иногда

несколько более. В Верхоянске, мощность деятельного слоя, в среднем, в 1,5-2 раза меньше, чем в Центральной Якутии.

По данным исследователей А.И. Уткина (1965) и Л.П. Лыткиной (2010), на выгоревших площадях и вырубках в Центральной Якутии почва оттаивает на 0,3 (0,4)-0,6 (0,8) м глубже, чем в лесу, [31; 61]. Открытая поверхность создает условия для прогревания солнечной энергии площадей [28; 30; 53].

Повышение температуры грунтов и увеличение мощности сезонно-талого слоя приводит к изменению мерзлотных грунтов, сопровождаемое развитием термопросадок, солифлюкции, термоэрозии и оползней.

Л.К. Поздняков наблюдал процесс в 1936 в Якутии по дороге от с. Покровска на юг зарождение озера на месте выгоревшего лиственничного леса [47].

Трещины, образовавшие характерное расчленение поверхности, имели по верху ширину около одного метра и глубину более 1,5 м. В 1950 г. на месте этого участка уже наблюдалось озеро округлой формы в поперечнике около 100 м с не заросшими пологими берегами. В 1980 г. озеро полностью сформировалось, а от его западной оконечности отходил участок с полигональным рельефом и заполненными водой трещинами, такого же вида, как это было в 1936 г.

Пласт сезонного протаивания достигает слоя сильноталистых горизонтов и лед начинает таять, что вызывает нарушение склоновых процессов с уничтожением грунта и широкого слоя отложений. Поверхность плодородной почвы вымывается в реки и занижается вероятность восстановления лесного участка. Без восстановления растительности территории становятся источником денудации и эрозии поверхностных отложений. Примером послужил массовый сход грунтовой массы в виде селевых потоков и оползней на реке Амги в Амгинском районе Республики Саха (Якутия) в 2013 г. В тот момент было зафиксировано 14 больших и малых оползней до 100 м шириной [16].

Лесохозяйственная деятельность в древостоях сопровождается развитием водной эрозии. Чем больше осадков, тем сильнее проявление эрозии. А в условиях наблюдавшегося потепления климата многолетняя мерзлота становится все более чувствительной к негативным внешним факторам [6].

При сплошнолесосечной вырубке леса, а именно в сосновых насаждениях авторы отмечают повышение температуры грунтов на 0,3 °С на глубине 10 метров [56; 65]. По наблюдениям В.В. Николаевой (2020) сезонная лесная дорога, проходящая по склону хребта, за 6-7 лет превратилась в овраг в Центральной Эвенки глубиной до 5 м [38]. Ежегодные весенние размывы дна ущелья приводят к интенсивному таянию ледяных масс и развитию термоабразии.

Коллективом Национального научно-исследовательского центра (ННИ-ИЦ) Франции, Университета Аляски и Институтом мерзлотоведения СО РАН им. академика Мельникова, зафиксировано, что ход процесса таяния многолетней мерзлоты повышает температуру воздуха, почвы и воды [18; 48].

Влияние рубок на эмиссию парниковых газов в мерзлотных экосистемах

Анализ исследований многолетних серий наблюдений выявил, что природные не вырубленные древостои поглощают CO_2 в атмосфере в интервале средних сезонных годовых характеристик 80-230 г $\text{C}/(\text{м}^2 \text{ год})$ в разнообразных биогеоценозах [36]. Для естественных лесных систем Восточной и Средней Сибири наблюдается небольшая неустойчивая изменчивость сумм равновесия CO_2 с атмосферой в лесах. Изменение данного показателя в насаждениях северной тайги - 100 г $\text{C}/\text{м}^2$ в год.

Межгодовое изменение в лиственных лесах Якутии было взаимосвязано с колебаниями погодных условий. Изменения баланса климата, нарушения естественных ландшафтов приводят к видоизменению углеродного показателя экосистем, являются причиной увеличения межгодовой сезонной изменчивости. Сплошная вырубка древостоев резко передвигает равновесие углерода лесной системы в направлении выделения CO_2 в атмосферу. Рубка служит сильным источником CO_2 для атмосферы, от 192 до 560 г $\text{C}/\text{м}^2$ за вегетационный период [36].

Д.В. Карелин и др. (2017) в своей работе оценивает влияние антропогенного вмешательства на выбросы основных парниковых выхлопов в зоне многолетней мерзлоты [12]. Мерзлотные биогеоценозы выступают не только как источник, но и как выброс метана в атмосферу.

Потепление климата, повышение сезонных температур за последние 150 лет приводит к разрушению многолетней мерзлоты. Таяние льда в многолетних мерзлых почвах затрудняет строительство и эксплуатацию различных сооружений, вызывает их деформацию [5].

Заключение

В статье освещены такие вопросы, как лесовосстановление лесных насаждений на вырубках в зоне распространения многолетней мерзлоты, в лесах которых абсолютно преобладает лиственница даурская, Гмелина (*Larix gmelinii* (Rupr.) Rupr.). Исследователями разных времен накоплен и обобщён опыт оценки состояния лесовосстановления в мерзлотно-таёжных лесных районах. В настоящее время в лесах Республики Саха (Якутия) действует но-

вая тяжёлая техника, оказывающая негативное воздействие на почву, микро-рельеф, на лесовозобновление. Способы рубок определяют ход и развитие лесовосстановительного процесса. Отмечено, что чем «моложе» рубка, тем более наглядно происходят антропогенные факторы. Проанализированы риски проведения лесосечных работ на территориях с многолетней мерзлотой, которые потенциально могут усилить процессы деградации многолетней мерзлоты и привести к существенному увеличению выбросов парниковых газов.

Список литературы

1. Аболин, Р. И. (1929). *Геоботаническое и почвенное описание Лено-Вилуйской равнины*. В книге: Труды Комиссии по изучению ЯАССР. Том X. Ленинград: Издательство Академии наук СССР.
2. Арз, А. Л., & Демченко, Р. Я. (1972). Некоторые результаты многолетних наблюдений за протаиванием грунта в окрестностях Якутска. В сборнике: *Экспериментальные исследования процессов теплообмена в мерзлых горных породах* (стр. 91–97). Москва: Наука.
3. Бизюкин, В. В., Данилова, В. Ф., & Бакунова, О. А. (1989). Естественное возобновление на вырубках в мерзлотных лиственничниках Икатского хребта. В материалах региональной научно-практической конференции «Итоги изучения лесов Дальнего Востока и задачи интенсификации многоцелевого лесопользования», Хабаровск, сентябрь 26–29, 1989 (стр. 105–107). Хабаровск: ДальНИИЛХ.
4. Бобринев, В. П., Пак, Е. Н., & Филиппова, Е. В. (2015). Лесопользование и лесовосстановление в районе Амазарского ЦБК. *Вестник Забайкальского государственного университета*, 12(127), 11–18.
5. Бойченко, А. М. (2000). Искусственное лесовосстановление. В книге: *Лес и вечная мерзлота: Особенности состава и структуры лесов мерзлотного региона, проблемы рационального ведения хозяйства и охраны* (стр. 141–143). Якутск: Издательство Якутского университета.
6. Бурцева, Е. И., & Петрова, А. Н. (2017). Экологические проблемы северных территорий Якутии в условиях промышленного освоения и глобального потепления. *Успехи современного естествознания*, 5, 83–88.
7. Варламов, С. П., Скачков, Ю. Б., & Скрыбин, П. Н. (2002). *Температурный режим грунтов мерзлотных ландшафтов Центральной Якутии*. Якутск: Институт мерзлотоведения СО РАН.
8. Вершняк, В. М., Протопопов, В. В., & Поздняков, Л. К. (1972). *Рекомендации по проведению мер содействия естественному возобновлению и лесным культурам в лиственничных и сосновых лесах Якутии*. Красноярск.

9. Виппер, В. Н. (1964). Влияние травяно-кустарничкового покрова на возобновление лиственницы даурской в Центральной Якутии. В серии: *Возобновление и улучшение лесов* (Выпуск 8).
10. Виппер, В. Н. (1965). Эколого-фитоценологические факторы, определяющие жизнеспособность соснового подростка. В книге: *Физиологическая характеристика древесных пород Средней Сибири* (стр. 141–150). Красноярск: Красноярское книжное издательство.
11. Виппер, В. Н. (1973). *Влияние подлеска и травяно-кустарничкового покрова на возобновление лиственничных лесов Центральной Якутии*. Москва: Наука.
12. Карелин, Д. В., Горячкин, С. В., Замолодчиков, Д. Г., Долгих, А. В., Зазовская, Э. П., Шишков, В. А., & Краев, Г. Н. (2017). Влияние различных видов антропогенного воздействия на эмиссию парниковых газов в мерзлотных экосистемах. *Доклады Академии наук*, 477(5), 610–612. <https://doi.org/10.7868/S0869565217350225>
13. Габышева, Л. П. (2018). Лесовосстановление на горях Юго-Западной Якутии (на примере Олекминского района). *Известия Самарского научного центра Российской академии наук*, 20(5-3)(85), 335–340.
14. Гаврилова, М. К. (1966). Пространственная и временная изменчивость сезонного протаивания в Якутии. В сборнике: *Сезонное протаивание и промерзание грунтов на территории Северо-Востока СССР* (стр. 7–13). Москва: Наука.
15. Григорьева, О. И. (2018). Особенности естественного лесовосстановления в условиях криолитозоны. *Актуальные направления научных исследований XXI века: Теория и практика*, 6(4)(40), 25–29.
16. Готовцев, С. П. (2016). Деградация вечной мерзлоты — серьезная опасность. *Наука и техника в Якутии*, (1)(30), 45–49.
17. Дадыкин, В. Н. (1952). *Особенности поведения растений на холодных почвах*. Москва: Издательство Академии наук СССР.
18. Джамалов, Р. Г., & Сафронова, Т. И. (2018). Влияние многолетнемерзлых пород на формирование водных ресурсов Восточной Сибири на примере отдельных рек Восточной Сибири. *Водные ресурсы*, 45(4), 341–352. <https://doi.org/10.1134/S0321059618040090>
19. Зленко, Л. В., Кошурникова, Н. Н., & Жуйков, А. В. (2015). Лесовосстановительные процессы на вырубках и горях. *Современные проблемы науки и образования*, (5), 681.
20. Исаев, А. П. (2011). *Естественная и антропогенная динамика лиственничных лесов криолитозоны (на примере Якутии)* (докторская диссертация). Якутск.

21. Исаев, А. П. (1993). *Лиственничные леса среднетаежной подзоны Якутии и лесовозобновление на вырубках* (автореферат кандидатской диссертации). Красноярск.
22. Исаев, А. П. (2000). Естественное возобновление на вырубках и гарях. В книге: *Лес и вечная мерзлота: Особенности состава и структуры лесов мерзлотного региона, проблемы рационального ведения хозяйства и охраны* (редакторы А. П. Исаев, Л. Г. Михалёва), стр. 96–104. Якутск: Издательство Якутского университета.
23. Исаев, А. П. (2011). *Естественная и антропогенная динамика лиственничных лесов криолитозоны (на примере Якутии)* (докторская диссертация). Якутск.
24. Константинов, П. Я., Фёдоров, А. Н., Угаров, И. С., & Аргунов, Р. Н. (2012). Использование площадок с густой сетью трубчатых измерителей глубины протаивания для мониторинга мощности сезонноталого слоя в Центральной Якутии. В материалах Международной конференции по мерзлотоведению (Том 3, стр. 245–249). Тюмень: Печатник.
25. Казымов, С. А. (1989). Состояние и пути интенсификации лесовосстановления на вырубках прошлых лет в Центральной Якутии. В сб. материалов региональной научно-практической конференции «Итоги изучения лесов Дальнего Востока и задачи интенсификации многоцелевого лесопользования» (сентябрь 26–29, 1989, Хабаровск), стр. 84–86. Хабаровск: ДальНИИЛХ.
26. Калининченко, Н. П., Писаренко, А. И., & Смирнов, Н. А. (1973). *Лесовосстановление на вырубках*. Москва: Лесная промышленность.
27. Константинов, П. Я., Аргунов, Р. Н., Герасимов, Е. Ю., & Угаров, И. С. (2006). О связи глубины сезонного протаивания с межгодовой изменчивостью средней годовой температуры грунтов. *Криосфера Земли*, X(3), 15–22.
28. Короходкина, В. Г. (1975). Влияние пожаров на температурный режим лесных почв. В трудах научной сессии «Биология проблем Севера» (стр. 26–28). Якутск: ЯФ СО АН СССР.
29. Кречетова, Н. В. (1971). Современное состояние лесного семеноводства в условиях севера Дальнего Востока. В книге: *Биологические ресурсы суши севера Дальнего Востока* (том II, стр. 59–70). Владивосток: Книга.
30. Лыткина, Л. П. (2005). *Динамика растительного покрова на гарях лиственничных лесов Лено-Амгинского междуречья (Центральная Якутия)* (автореферат кандидатской диссертации). Якутск.
31. Лыткина, Л. П. (2010). *Лесовосстановление на гарях Лено-Амгинского междуречья: Центральная Якутия*. Новосибирск: Наука.

32. Константинов, П. Я., Фёдоров, А. Н., Угаров, И. С., & Аргунов, Р. Н. (2014). Результаты исследований межгодовой изменчивости глубины сезонного протаивания около Якутска. *Криосфера Земли*, 18(4), 23–32.
33. Медведева, Н. С. (1972). О формировании генеративных почек у лиственницы даурской на севере Якутии. В книге: *Почвенные и ботанические исследования в Якутии* (стр. 70–74). Якутск: Книжное издательство.
34. Михалева, В. М. (1971). Заращение разнорезимных вырубок в лиственничнике ольховниково-брусничном на юго-западе Якутии. В сборнике: *Исследования растительности и почв в лесах Северо-востока СССР* (стр. 34–52). Якутск: Книжное издательство.
35. Молчанов, А. А. (1940). Естественное возобновление лиственницы даурской и сосны обыкновенной. *Лесное хозяйство*, (9), 21–27.
36. Куричева, О. А., Авиллов, В. К., Варлагин, А. В., Гитарский, М. Л., Дмитриченко, А. А., Дюкарев, Е. А., Шилкин, А. В. (2023). Мониторинг экосистемных потоков парниковых газов на территории России: сеть Rulflux. *Известия Российской академии наук. Серия географическая*, 87(4), 512–535. <https://doi.org/10.31857/S2587556623040052>
37. Никитина, Н. В. (2005). *Возобновление Pinus sibirica Du Tour на северо-восточной границе ареала (Юго-Западная Якутия)* (кандидатская диссертация). Якутск.
38. Николаев, В. В. (2020). Влияние вырубки леса на образование болот в условиях многолетней мерзлоты. *Академический вестник Якутской государственной сельскохозяйственной академии*, (11)(16), 9–16.
39. Павлов, А. В. (1975). *Теплообмен почвы с атмосферой в северных и умеренных широтах территории СССР*. Якутск: Книжное издательство.
40. Павлов, А. В. (1980). *Расчёт и регулирование мерзлотного режима почвы*. Новосибирск: Наука.
41. Петров, О. Г. (2022). Анализ естественного постпирогенного лесовозобновления в Центральной Якутии по высокодетальным данным ДЗЗ. В материалах XX Международной конференции «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса» (Москва, ноябрь 14–18, 2022), стр. 327. Москва: Институт космических исследований Российской академии наук. <https://doi.org/10.21046/20DZZconf-2022a>
42. Побединский, А. В. (1964). *Сосновые леса Средней Сибири и Забайкалья и их возобновление* (автореферат докторской диссертации). Красноярск.
43. Поздняков, Л. К. (1961). *Лиственничные и сосновые леса Верхнего Алдана*. Москва: Издательство Академии наук СССР.

44. Поздняков, Л. К. (1961). Естественное возобновление даурской лиственницы в бассейне реки Яны. В сборнике: *Материалы о лесах Якутии* (выпуск VII, стр. 162–242). Москва.
45. Поздняков, Л. К. (1963). *Лиственничные леса Якутии. Эколого-лесоводственная характеристика и научное обоснование некоторых лесохозяйственных мероприятий* (докторская диссертация). Красноярск.
46. Поздняков, Л. К. (1975). *Даурская лиственница*. Москва: Наука.
47. Поздняков, Л. К. (1986). *Мерзлотное лесоведение*. Новосибирск: Наука.
48. Григорьев, Г. В., Дмитриева, И. Н., Григорьев, И. В., Каляшов, В. А., Рудов, С. Е., & Иванов, В. А. (2021). Проблемы и перспективы лесозаготовительного производства в условиях районов распространения вечной мерзлоты. *Системы. Методы. Технологии*, (3)(51), 59–67. <https://doi.org/10.18324/2077-5415-2021-3-59-67>
49. Константинов, П. Я., Фёдоров, А. Н., Угаров, И. С., Аргунов, Р. Н., Суздалов, Д. А., & Йижима, Й. (2014). Результаты исследований межгодовой изменчивости глубины сезонного протаивания около Якутска. *Криосфера Земли*, 18(4), 23–32.
50. Рубцов, Ю. В., & Рудько, С. В. (2010). Освоение лесов Республики Саха (Якутия). *Актуальные проблемы лесного комплекса*, (26), 39–41.
51. Современная Россия: географическое описание нашего Отечества. Сибирь. (2020). Москва: Паулсен.
52. Саввинов, Д. Д. (1976). *Гидротермический режим почв в зоне многолетней мерзлоты*. Новосибирск: Наука. Сибирское отделение.
53. Саввинов, Д. Д. (1989). *Почвы Якутии*. Якутск: Книжное издательство.
54. Скачков, Ю. Б. (2001). *Термическая устойчивость верхних горизонтов криолитозоны Центральной Якутии при современном потеплении климата* (кандидатская диссертация). Якутск.
55. Скрыбин, П. Н., Варламов, С. П., & Скачков, Ю. Б. (1998). *Межгодовая изменчивость теплового режима грунтов района Якутска*. Новосибирск: Издательство СО РАН.
56. Скрыбин, П. Н., & Варламов, С. П. (2013). Термический режим грунтов нарушенных ландшафтов Центральной Якутии. *Криосфера Земли*, 17(3), 44–49.
57. Сукачев, В. Н. (1912). *Растительность верхней части бассейна р. Тунгир Олекминского округа Якутской области (фитосоциологический очерк)*. СПб.: Трудов Амурской экспедиции. Ботанические исследования. Том 18.
58. Уткин, А. И. (1960). О естественном возобновлении лиственницы даурской в Центральной Якутии. В сообщении лаборатории Лесоведения АН СССР (выпуск 2, стр. 44–68).

59. Уткин, А. И. (1965). *Леса центральной Якутии*. Москва: Наука.
60. Федоров, А. Я. (2020). Краткая характеристика способов лесовосстановления в Ленском районе. *Академический вестник Якутской государственной сельскохозяйственной академии*, (11)(16), 23–29.
61. Черников, В. А. (1951). Влияние лесных палов на возобновление лиственницы. *Лесное хозяйство*, (12), 74–79.
62. Чугунова, Р. В. (1971). Возобновление лиственницы даурской в Жиганском районе ЯАССР. В сборнике: *Исследование растительности и почв в лесах Северо-Востока СССР* (стр. 76–82). Якутск: Книжное издательство.
63. Шпагин, Д. Е., & Коршун, В. Н. (2021). Лесовосстановление на переувлажнённых почвах мерзлотной зоны Сибири. В сборнике статей Всероссийской научно-практической конференции «Лесоэксплуатация и комплексное использование древесины» (Красноярск, 10 марта 2021), стр. 291–294. Красноярск: Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М. Ф. Решетнева.
64. Щербаков, И. П. (1965). О восстановлении лесной растительности на крайнем северном пределе в Евразии. *Известия СО АН СССР*, (8)(2), 53–61.
65. Ivanov, V. A., Grigorev, I. V., Gasparyan, G. D., Manukovsky, A. Y., Zhuk, A. Y., Kunitskaya, O. A., & Grigoreva, O. I. (2018). Environment-friendly logging in the context of waterlogged soil and knob-and-ridge terrain. *Journal of Mechanical Engineering Research and Developments*, 41(2), 22–27. <https://doi.org/10.26480/jmerd.02.2018.22.27>
66. Rudov, S. E., Voronova, A. M., Chemshikova, J. M., Teterleva, E. V., Kruchinin, I. N., Dondokov, Y. Z., ..., Danilov, V. V., & Grigorev, I. V. (2019). Theoretical approaches to logging trail network planning: Increasing efficiency of forest machines and reducing their negative impact on soil and terrain. *Asian Journal of Water, Environment and Pollution*, 16(4), 61–75. <https://doi.org/10.3233/AJW190049>

References

1. Abolin, R. I. (1929). Geobotanical and soil description of the Lena-Vilyuy Plain. In Proceedings of the Commission for the Study of YAASSR (Vol. X, pp. 1-378). Moscow-Leningrad: Publishing House of the USSR Academy of Sciences.
2. Aré, A. L., & Demchenko, R. Ya. (1972). Some results of long-term observations on ground thawing near Yakutsk. In Experimental Studies of Heat Exchange Processes in Frozen Rocks (pp. 91-97). Moscow: Nauka.
3. Bizyukin, V. V., Danilova, V. F., & Bakunova, O. A. (1989). Natural regeneration on cuttings in permafrost larch forests of Ikatsky Ridge. In Results of Forest

- Studies in the Far East and Tasks to Intensify Multifunctional Forestry Use (pp. 105-107). Khabarovsk: Dal'NIILKh.
4. Bobrin, V. P., Pak, E. N., & Filippova, E. V. (2015). Forest management and reforestation in the area of Amazar pulp and paper mill. *Bulletin of Transbaikal State University*, 12(127), 11-18.
 5. Boychenko, A. M. (2000). Artificial afforestation. In *Forest and Permafrost: Specific Composition and Structure of Forests in a Permafrost Region, Problems of Rational Management and Conservation* (pp. 141-143). Yakutsk: Yakutskiy Universitet Press.
 6. Burceva, E.I., & Petrova, A.N. (2017). Environmental problems of the northern territories of Yakutia under conditions of industrial development and global warming. *Advances in Modern Natural Sciences*, (5), 83–88.
 7. Varlamov, S.P., Skachkov, Y.B., & Skryabin, P.N. (2002). *Temperature regime of soils in permafrost landscapes of Central Yakutia*. Yakutsk: Institute for Permafrost Studies SB RAS. 218 p.
 8. Vershnyak, V.M., Protopopov, V.V., & Pozdnyakov, L.K. (1972). *Recommendations on measures to promote natural regeneration and forestry cultures in larch and pine forests of Yakutia*. Krasnoyarsk. 22 p.
 9. Vipper, V.N. (1964). The influence of grass-shrub cover on the renewal of Dahurian larch in Central Yakutia. In *Renewal and Improvement of Forests (Vol. 8)*.
 10. Vipper, V.N. (1965). Ecological and phytocenotic factors determining the viability of pine seedlings. In *Physiological Characteristics of Tree Species of Middle Siberia* (pp. 141–150). Krasnoyarsk: Book Publishing House.
 11. Vipper, V.N. (1973). *Influence of shrub layer and herbaceous vegetation on reforestation of larch forests in Central Yakutia*. Moscow: Nauka. 64 p.
 12. Karelin, D.V., Goryachkin, S.V., Zamolodchikov, D.G., Dolgikh, A.V., Zazovskaya, E.P., Shishkov, V.A., & Kraev, G.N. (2017). Impact of various types of anthropogenic impacts on greenhouse gas emissions in permafrost ecosystems. *Doklady Akademii nauk*, 477(5), 610–612. <https://doi.org/10.7868/S0869565217350225>
 13. Gabysheva, L.P. (2018). Forest restoration on burned areas in Southwestern Yakutia (on the example of Olyokminsky district). *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiyskoy akademii nauk*, 20(5-3), 335–340.
 14. Gavrilova, M.K. (1966). Spatial and temporal variability of seasonal thawing in Yakutia. In *Seasonal Thawing and Freezing of Soils in Northeastern USSR*. Moscow: Nauka, pp. 7–13.
 15. Grigorieva, O.I. (2018). Features of natural forest regeneration in cryolithozone conditions. *Aktual'nye napravleniya nauchnykh issledovaniy XXI veka: teoriya i praktika*, 6(4), 25–29.

16. Gotovtsov, S.P. (2016). Degradation of permafrost as a serious danger. *Nauka i tekhnika v Yakutii*, (1), 45–49.
17. Dadykin, V.N. (1952). *Behavior characteristics of plants on cold soils*. Moscow: Izdatel'stvo AN SSSR. 279 p.
18. Dzhamalov, R.G., & Safronova, T.I. (2018). Influence of perennially frozen rocks on water resources formation in Eastern Siberia (based on examples of individual rivers in Eastern Siberia). *Vodnye resursy*, (4)(45), 341–352. <https://doi.org/10.1134/S0321059618040090>
19. Zlenko, L.V., Koshurnikova, N.N., & Zhuykov, A.V. (2015). Reforestation processes on clear-cuts and burn sites. *Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya*, (5), 681.
20. Isaev, A.P. (2011). *Natural and anthropogenic dynamics of larch forests in cryolithozone (Example of Yakutia)* [Dissertation, Doctor of Biological Sciences]. Yakutsk. 374 p.
21. Isaev, A.P. (1993). *Larch forests of medium taiga subzone in Yakutia and forest regeneration on cutover lands* [Abstract of dissertation, Candidate of Agricultural Sciences]. Krasnoyarsk. 23 p.
22. Isaev, A.P. (2000). Natural regeneration on clearcuts and burns. In A.P. Isaev & L.G. Mikhaleva (Eds.), *Forest and permafrost: Specifics of composition and structure of forests in permafrost region, issues of rational management and conservation*. Yakutsk: Izd-vo Yakutskogo un-ta, pp. 96–104.
23. Isaev, A.P. (2011). *Natural and anthropogenic dynamics of larch forests in cryolithozone (Example of Yakutia)* [Dissertation, Doctor of Biological Sciences]. Yakutsk. 374 p.
24. Konstantinov, P.Ya., Fyodorov, A.N., Ugarov, I.S., & Argunov, R.N. (2012). Use of platforms with dense network of tubular depth-of-thaw gauges for monitoring active-layer thickness in Central Yakutia. In Proceedings of X International Conference on Cryopedology (Tumen', Pechatnik), Vol. 3, pp. 245–249.
25. Kazymov, S.A. (1989). State and ways of intensification of forest regeneration on old logging sites in central Yakutia. In *Proceedings of Regional Scientific-Practical Conference "Results of Far East Forests Study and Tasks of Intensifying Multifunctional Forest Management"* (Habarovsk, September 26–29, 1989). Dal'niy NIILKh, pp. 84–86.
26. Kalinichenko, N.P., Pisarenko, A.I., & Smirnov, N.A. (1973). *Reforestation on Cutovers*. Moscow: Lesnaya promyshlennost'. 325 p.
27. Konstantinov, P.Ya., Argunov, R.N., Gerasimov, E.Yu., & Ugarov, I.S. (2006). Relationship between annual variations in ground temperature and seasonal thaw depth. *Kriosfera Zemli*, X(3), 15–22.

28. Korokhodkina, V.G. (1975). Effect of fires on soil temperatures in forested regions. In *Biological Problems of North* (Yakutsk: YaF SO AN SSSR), pp. 26–28.
29. Krechetova, N.V. (1971). Current state of forest seed production in the north of the Russian Far East. In *Biological Resources of Land in the North of the Russian Far East* (Vol. II), Vladivostok: Knizhnoye izdatel'stvo, pp. 59–70.
30. Lytkina, L.P. (2005). Dynamics of plant cover on fire-damaged areas of larch forests in Len-Angara interfluve (Central Yakutia). *Abstract of Dissertation*, Candidate of Biological Sciences. Yakutsk. 17 p.
31. Lytkina, L.P. (2010). *Forest Restoration on Burn Areas in Len-Angara Interfluve Region: Central Yakutia*. Novosibirsk: Nauka. 118 p.
32. Konstantinov, P.Ya., Fyodorov, A.N., Ugarov, I.S., et al. (2014). Results of research into annual variability of seasonal thaw depths near Yakutsk. *Kriosfera Zemli*, 18(4), 23–32.
33. Medvedeva, N.S. (1972). Formation of generative buds in Dahurian larch at the northern boundary of its range in Yakutia. In *Soil and Botanical Research in Yakutia*, Yakutsk: Knizhnoye izdatel'stvo, pp. 70–74.
34. Mikhaleva, V.M. (1971). Regrowth patterns on differently managed cutover areas in Alta-Larix-Betula ericacea forest stands in south-western Yakutia. In *Research on Vegetation and Soil in Forests of North-Eastern USSR*, Yakutsk: Knizhnoye izdatel'stvo, pp. 34–52.
35. Molchanov, A.A. (1940). Natural regeneration of Dahurian larch and common pine. *Lesnoe khozyaistvo*, (9), 21–27.
36. Kuricheva, O.A., Avilov, V.K., Varlagin, A.V., Gitarsky, M.L., Dmitrichenko, A.A., Dyukarev, E.A., Zagirova, S.V., Zamolodchikov, D.G., Zyryanov, V.I., Karelin, D.V., Karssanaev, S.V., Kurganova, I.N., Lapshina, E.D., Maksimov, A.P., Maksimov, T.H., Mamkin, V.V., Marunich, A.S., Miglovets, M.N., Mikhaylov, O.A., Panov, A.V., Prokushkin, A.S., Sidenko, N.V., Shilkin, A.V., Kurtbatova, Yu.A. (2023). Monitoring ecosystem fluxes of greenhouse gases across Russia: Rufflux Network. *Izvestiya Rossiskoi Akademii Nauk. Seriya Geograficheskaya*, 87(4), 512–535. <https://doi.org/10.31857/S2587556623040052>
37. Nikitina, N.V. (2005). Renewal of Pinus sibirica Du Tour at the northeastern edge of its distribution area (Southwest Yakutia). *Dissertation*, Candidate of Biological Sciences. Yakutsk. 160 p.
38. Nikolaev, V.V. (2020). Effects of deforestation on wetland formation in permafrost regions. *Akademicheskii vestnik Yakutskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaistvennoy akademii*, (11)(16), 9–16.
39. Pavlov, A.V. (1975). Heat exchange between soil and atmosphere in Northern and temperate latitudes of the Soviet Union. Yakutsk: Knizhnoye izdatel'stvo. 302 p.

40. Pavlov, A.V. (1980). Calculation and regulation of permafrost soil regimes. Novosibirsk: Nauka. 240 p.
41. Petrov, O.G. (2022). Analysis of post-fire natural forest regeneration in Central Yakutia using high-resolution remote sensing data. In *Materials of XX International Conference "Current Issues of Remote Sensing from Space"* (November 14–18, 2022, Moscow). Space Research Institute of the Russian Academy of Sciences. p. 327. <https://doi.org/10.21046/20DZZconf-2022a>
42. Pobedinskiy, A.V. (1964). Pine forests of middle Siberia and Transbaikalia and their regeneration. *Abstract of Dissertation*, Doctor of Agricultural Sciences. Krasnoyarsk. 36 p.
43. Pozdnyakov, L.K. (1961). *Larches and pine forests of Upper Aldan River Basin*. Moscow: Izdatel'stvo AN SSSR. 176 p.
44. Pozdnyakov, L.K. (1961). Natural regeneration of Dahurian larches in Yana river basin. In *Materials about Forests of Yakutia* (Issue VII), Moscow, pp. 162–242.
45. Pozdnyakov, L.K. (1963). *Larch forests of Yakutia: Ecological and silvicultural characteristics and scientific justification of some forestry activities*. Abstract of Dissertation, Doctor of Agricultural Sciences. Krasnoyarsk. 46 p.
46. Pozdnyakov, L.K. (1975). *Dahurian Larches*. Moscow: Nauka. 310 p.
47. Pozdnyakov, L.K. (1986). *Permafrost Silviculture*. Novosibirsk: Nauka. 192 p.
48. Grigoriev, G.V., Dmitrieva, I.N., Grigoriev, I.V., Kalyashov, V.A., Rudov, S.E., Ivanov, V.A. (2021). Challenges and prospects of timber industry in permafrost zones. *Sistemy. Metody. Tekhnologii*, (3)(51), 59–67. <https://doi.org/10.18324/2077-5415-2021-3-59-67>
49. Konstantinov, P.Ya., Fyodorov, A.N., Ugarov, I.S., Argunov, R.N., Suzdalov, D.A., Yižima, J. (2014). Annual variability study of seasonal thaw depth near Yakutsk. *Kriosfera Zemli*, 18(4), 23–32.
50. Rubtsov, Yu.V., & Rud'ko, S.V. (2010). Development of forests in Sakha Republic (Yakutia). *Aktual'nye problemy lesnogo kompleksa*, (26), 39–41.
51. *Modern Russia: a geographical description of our Fatherland. Siberia*. Moscow: Paulsen, 2020. 512 p.
52. Savvinov, D.D. (1976). *Hydrothermal Regime of Soils in Permafrost Zone*. Novosibirsk: Nauka. Sib. otd-nie. 254 p.
53. Savvinov, D.D. (1989). *Soils of Yakutia*. Yakutsk: Knizhnoye izdatel'stvo. 152 p.
54. Skachkov, Yu.B. (2001). Thermal stability of upper horizons of Central Yakutia cryolithosphere during current climate warming. *Abstract of Dissertation*, Candidate of Geographical Sciences. Yakutsk. 25 p.
55. Skryabin, P.N., Varlamov, S.P., & Skachkov, Yu.B. (1998). Year-to-year variation of thermal soil regime in Yakutsk area. Novosibirsk: Izdatel'stvo SO RAN. 144 p.

56. Skryabin, P.N., & Varlamov, S.P. (2013). Thermal regime of disturbed landscape soils in Central Yakutia. *Kriosfera Zemli*, 17(3), 44–49.
57. Sukachev, V.N. (1912). Vegetation of the upper part of the Tungir River basin in Olekminskiy okrug of Yakutiya province (phytosociological sketch). *Trudy Amurskoy ekspeditsii. Botanicheskie issledovaniya*, 18, 286 p.
58. Utkin, A.I. (1960). On natural regeneration of Dahurian larch in Central Yakutia. *Soobshcheniya Laboratorii Lesovedeniya AN SSSR*, (2), 44–68.
59. Utkin, A.I. (1965). *Forests of Central Yakutia*. Moscow: Nauka. 208 p.
60. Fyodorov, A.Ya. (2020). Brief description of methods used for forest regeneration in Lena district. *Akademicheskij vestnik Yakutskoy gosudarstvennoy selskokhozyaistvennoy akademii*, (11)(16), 23–29.
61. Chernikov, V.A. (1951). Impact of wildfires on larch regeneration. *Lesnoe khozyaistvo*, (12), 74–79.
62. Chugunova, R.V. (1971). Regeneration of Dahurian larch in Zhigansk District of Yakut ASSR. In *Studies of Vegetation and Soils in Forests of North-Eastern USSR*, Yakutsk: Knizhnoye izdatel'stvo, pp. 76–82.
63. Shpagin, D.E., & Korshun, V.N. (2021). Afforestation on overmoistened soils in permafrost zone of Siberia. In *Collection of Articles of All-Russia Scientific-Practical Conference "Wood Exploitation and Comprehensive Utilization of Wood"* (March 10, 2021, Krasnoyarsk), Krasnoyarsk: Reshetnev University Press, pp. 291–294.
64. Shcherbakov, I.P. (1965). Recovery of forest vegetation at extreme northern limit in Eurasia. *Izvestiya SO AN SSSR, Biologiya-Medicinskie Nauki*, (8)(2), 53–61.
65. Ivanov, V.A., Grigorev, I.V., Gasparyan, G.D., Manukovskij, A.Ju., Žuk, A.Ju., Kunitskaya, O.A., Grigoreva, O.I. (2018). Eco-friendly Logging Practices in Wetlands and Knob-and-Knoll Terrain. *Journal of Mechanical Engineering Research and Developments*, 41(2), 22–27. <https://doi.org/10.26480/jmerd.02.2018.22.27>
66. Rudov, S.E., Voronova, A.M., Chemshikova, J.M., Teterleva, E.V., Kruchinin, I.N., Dondokov, Ju.Z., Khaleeva, M.N., Burtseva, I.A., Danilov, V.V., Grigorev, I.V. (2019). Theoretical Approaches to Planning Logging Trail Networks: Improving Timber Machine Efficiency and Reducing Negative Impacts on Soil and Terrain. *Asian Journal of Water, Environment and Pollution*, 16(4), 61–75. <https://doi.org/10.3233/AJW190049>

ДАнные ОБ АВТОРЕ

Шемякина Анна Викторовна, ведущий научный сотрудник, кандидат биологических наук

ФБУ «Дальневосточный научно-исследовательский институт лесного хозяйства»
ул. Волочаевская, 71, г. Хабаровск, 680020, Российская Федерация
Ashem777@mail.ru

DATA ABOUT THE AUTHOR

Anna V. Shemyakina, Leading Researcher, Candidate of Biological Sciences
Far Eastern Scientific Research Institute of Forestry
71, Volochaevskaya Str., Khabarovsk, 680020, Russian Federation
Ashem777@mail.ru
SPIN-code: 1993-4077
ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-9776-3842>
ResearcherID: KHC-8317-2024

Поступила 15.04.2024

После рецензирования 07.06.2024

Принята 14.08.2024

Received 15.04.2024

Revised 07.06.2024

Accepted 14.08.2024