



Научная статья

УДК 630\*308

DOI: 10.37482/0536-1036-2023-2-88-105

### Обоснование технологических процессов и систем машин для лесосечных работ

*П.Б. Рябухин<sup>1</sup>, д-р техн. наук, проф.; ResearcherID: [AAK-3906-2021](https://orcid.org/0000-0003-1735-1942),*

*ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1735-1942>*

*О.А. Куницкая<sup>2</sup> , д-р техн. наук, проф.; ResearcherID: [AAC-9568-2020](https://orcid.org/0000-0001-8542-9380),*

*ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8542-9380>*

*О.И. Григорьева<sup>3</sup>, канд. с.-х. наук, доц.; ResearcherID: [AAC-9570-2020](https://orcid.org/0000-0001-5937-0813),*

*ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5937-0813>*

<sup>1</sup>Тихоокеанский государственный университет, ул. Тихоокеанская, д. 136, г. Хабаровск, Россия, 680042; 000340@pnu.edu.ru

<sup>2</sup>Арктический государственный агротехнологический университет, 3-й км, д. 3, ш. Сергеляхское, г. Якутск, Россия, 677007; ola.ola07@mail.ru 

<sup>3</sup>Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет им. С.М. Кирова, Институтский пер., д. 5, Санкт-Петербург, Россия, 194021; grigoreva\_o@list.ru

---

*Поступила в редакцию 25.12.21 / Одобрена после рецензирования 27.03.22 / Принята к печати 01.04.22*

---

**Аннотация.** Работа посвящена анализу лесных сырьевых ресурсов Дальневосточного федерального округа, получены выводы, послужившие поводом для рассмотрения перспективной технологии и систем машин для лесозаготовок. Показана важность развития лесозаготовительного производства для рационального освоения лесных ресурсов и экономического развития Дальневосточного федерального округа. Выполнен анализ различных технологических процессов заготовки древесины. Предложена математическая модель для оценки деятельности лесопромышленных предприятий по параметру их экономической эффективности с учетом задач, поставленных Стратегией развития лесного комплекса Российской Федерации до 2030 г. Проведенное исследование лесных ресурсов региона показывает, что на сегодняшний день в хвойных насаждениях можно заготавливать до 60 % деловой древесины из всего объема, отпущенного в рубку. При этом пиловочник 1–2 сортов составляет только 30–35 % от этого объема. В рамках выполненного исследования на разработанных лесосеках установлены территориально-технологические участки, на которых образуются и концентрируются лесосечные остатки, определены виды и объемы оставляемой на лесосеках древесины. Показано, что в год на территории лесосек и погрузочных пунктов оставляется до 40–50 % от объема отпущенной в рубку древесины в виде стволовой низкотоварной древесины и лесосечных остатков. Предложены системы машин и технологии осуществления процесса заготовки древесины в смешанных насаждениях с низким классом товарности, позволяющие повысить степень использования древесины, снизить риски от захламления и обеспечить в перспективе сырьем различные деревоперерабатывающие предприятия

---

© Рябухин П.Б., Куницкая О.А., Григорьева О.И., 2023

 Статья опубликована в открытом доступе и распространяется на условиях лицензии CC BY 4.0

лесного кластера региона. Рассмотренная математическая модель по определению экономической эффективности и рентабельности реализации выбранного лесопромышленным предприятием технологического процесса лесозаготовок дает возможность принимать обоснованные решения по выполнению сортиментного плана предприятия.

**Ключевые слова:** лесозаготовка, лесные машины, низкотоварная древесина, лесное хозяйство, система машин, эффективность лесозаготовки, лесопользование, переработка древесины

**Благодарности:** Работа выполнена в рамках научной школы «Инновационные разработки в области лесозаготовительной промышленности и лесного хозяйства» Арктического государственного агротехнологического университета. Исследование проведено за счет гранта Российского научного фонда № 22-26-00009, <https://rscf.ru/project/22-26-00009/>.

**Для цитирования:** Рябухин П.Б., Куницкая О.А., Григорьева О.И. Обоснование технологических процессов и систем машин для лесосечных работ // Изв. вузов. Лесн. журн. 2023. № 2. С. 88–105. <https://doi.org/10.37482/0536-1036-2023-2-88-105>

Original article

## Substantiation of Technological Processes and Machinery Systems for Logging Operations

*Pavel B. Ryabukhin*<sup>1</sup>, Doctor of Engineering, Prof.; ResearcherID: [AAK-3906-2021](https://orcid.org/0000-0003-1735-1942),

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1735-1942>

*Olga A. Kunitskaya*<sup>2</sup>, Doctor of Engineering, Prof.; ResearcherID: [AAC-9568-2020](https://orcid.org/0000-0001-8542-9380),

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8542-9380>

*Olga I. Grigoreva*<sup>3</sup>, Candidate of Agriculture, Assoc. Prof.; ResearcherID: [AAC-9570-2020](https://orcid.org/0000-0001-5937-0813),

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5937-0813>

<sup>1</sup>Pacific National University, ul. Tikhookeanskaya, 136, Khabarovsk, 680042, Russian Federation; [000340@pnu.edu.ru](mailto:000340@pnu.edu.ru)

<sup>2</sup>Arctic State Agrotechnological University, Sergelyakhskoye shosse, 3 km, 3, Yakutsk, 677007, Russian Federation; [ola.ola07@mail.ru](mailto:ola.ola07@mail.ru)

<sup>3</sup>Saint Petersburg State Forest Engineering University named after S.M. Kirov, Institutskiy per., 5, Saint Petersburg, 194021, Russian Federation; [grigoreva\\_o@list.ru](mailto:grigoreva_o@list.ru)

Received on December 25, 2021 / Approved after reviewing on March 27, 2022 / Accepted on April 01, 2022

**Abstract.** The work analyses the forest raw material resources of the Far Eastern Federal District. Corresponding to the conclusions, it is made an evaluation of a promising technology and systems of machinery for logging. It shows the significance of logging development for the rational exploitation of forest resources and the economic progress of the Far Eastern Federal District. It is performed an analysis of different technological procedures for timber harvesting. The study gives a mathematical model for the evaluation of forestry companies by economic efficiency, regarding the resolution “The Strategy for the Development of the Forest Complex of the Russian Federation Until 2030”. The examination of the region’s forest resources reveals that, currently, in coniferous forests, up to 60 % of industrial wood is available from the total volume of timber for harvesting. However, the sawlog of 1–2 classes contains only 30–35 % of this volume. Within the framework of the

research conducted in the developed cutting areas are established territorial-technological plots, in which logging residues are produced and collected. In these plots, the types and the volumes of the abandoned wood are determined. It is estimated that approximately 40–50 % of the annual volume of the timber released for logging is left as a trunk low-value timber and forest residues at cutting areas and loading points. The article gives a proposal for the automation systems and technologies for harvesting in mixed stands with low-valued wood class, which allow to increase the degree of usable wood, reduce risks from littering and provide in the future various regional forestry companies with raw materials. The represented mathematical model on determination of economic efficiency and cost-effectiveness of technological process allows to make rational decisions on the implementation of bucking program of forestry company.

**Keywords:** logging, forest machines, low-valued wood, forestry, machinery system, logging efficiency, forest exploitation, timber processing

**Acknowledgments:** The work was performed within the framework of the scientific school “ Innovative Developments in the Timber Industry and Forestry” of the Arctic State Agrotechnological University. The research was supported by the grant from the Russian Science Foundation No. 22-26-00009, <https://rscf.ru/project/22-26-00009/>.

**For citation:** Ryabukhin P.B., Kunitskaya O.A., Grigoreva O.I. Substantiation of Technological Processes and Machinery Systems for Logging Operations. *Lesnoy Zhurnal* = Russian Forestry Journal, 2023, no. 2, pp. 88–105. (In Russ.). <https://doi.org/10.37482/0536-1036-2023-2-88-105>

### *Введение*

Стратегией развития лесного комплекса страны до 2030 г., утвержденной распоряжением Правительства Российской Федерации от 11.02.2021 № 312-р, особое внимание уделяется развитию глубокой (безотходной) переработки древесины, ее полному использованию с целью недопущения оставления мелкотоварной древесины и отходов на лесосеках для улучшения санитарной и пожарной безопасности в лесах. Предполагается активный переход от экстенсивной модели освоения лесов к интенсивной с обеспечением комплексного использования лесного сырья (включая низкокачественную древесину) за счет формирования лесопромышленных кластеров вокруг существующих и планируемых предприятий по переработке древесины и новых целлюлозно-бумажных комбинатов [4].

С учетом имеющихся ограничений по сырью наиболее вероятно, что данные кластеры в первую очередь начнут формироваться (до 2028 г.) на базе имеющихся целлюлозно-бумажных комбинатов Иркутской и Архангельской областей, а также в Красноярском и Хабаровском краях [4].

### *Объекты и методы исследования*

Объектом исследования являются таксационные характеристики лесов Дальневосточного федерального округа и динамика их изменения, современные и перспективные технологические процессы и системы машин для лесосечных работ. При подготовке статьи использовались методы статистики, технического и технологического анализа процессов лесозаготовки и систем машин для лесосечных работ.

Дальневосточный федеральный округ имеет наибольшую площадь лесов среди федеральных округов Российской Федерации. По данным государственного лесного реестра на 01.01.2020, общая площадь земель, на которых расположены леса, составляет 569 877,6 тыс. га, из них площадь, покрытая лесной растительностью, – 344 490,3 тыс. га (60 % общей площади лесных земель). Лесистость округа – 49,5 %.

Развитие лесной промышленности Дальневосточного федерального округа в последние годы положительно влияет на социально-экономическую сферу – в регионе создано более 24 тыс. рабочих мест, дополнительные ежегодные доходы бюджета составили свыше 4 млрд р.

Хабаровский край является наиболее привлекательным из всех регионов Дальневосточного федерального округа для строительства целлюлозно-бумажных комбинатов из-за богатой сырьевой базы и стратегической близости к Китаю – крупнейшему рынку целлюлозы в мире. Развитая логистическая инфраструктура, включающая Байкало-Амурскую, Транссибирскую магистрали, р. Амур и выходы в порты Японского моря, позволяет обеспечить эффективную доставку лесного сырья и отгрузку продукции. Крупнейшим планируемым проектом в крае является строительство целлюлозно-бумажного комбината мощностью 700 тыс. м<sup>3</sup> на территории опережающего социально-экономического развития «Комсомольск» в г. Амурске, сохранившем внешнюю инфраструктуру закрытого в 1994 г. Амурского целлюлозно-картонного комбината.

В рамках реализации Стратегии развития лесного комплекса Российской Федерации до 2030 г. в Дальневосточном федеральном округе планируется более активная реализация проектов по переработке древесины, что приведет к росту показателей производства готовой продукции по сравнению с текущим уровнем. Предполагается, что крупнейшие предприятия Дальневосточного федерального округа по механической обработке древесины будут консолидированы в единый лесопромышленный кластер, на долю которого придется более 40 % расчетной лесосеки региона и 70 % установленных мощностей по лесопереработке. Интеграция целлюлозно-бумажного комбината в лесопромышленный кластер позволит стабилизировать баланс сырья в регионе и увеличить добавленную стоимость на 1 м<sup>3</sup> лесного фонда [15, 21]. После завершения интеграции и выхода производств на плановую мощность лесопромышленный кластер войдет в тройку крупнейших лесопромышленных компаний России.

В рамках реализации Стратегии развития лесного комплекса Российской Федерации до 2030 г. правительством Хабаровского края разработаны основные направления развития лесного комплекса края на указанный период (государственная программа Хабаровского края «Развитие лесного хозяйства в Хабаровском крае»), отмечены нерациональное использование лесных ресурсов региона и отсутствие в нем современных промышленных мощностей по глубокой переработке древесной массы [4]. Разработанный инвестиционный проект «Создание и модернизация объектов лесной и лесоперерабатывающей инфраструктуры на базе компании ООО «Эколес» на 2019–2023 гг.» предполагает активное развитие технологий заготовки и глубокой переработки древесины, делает акцент на расширении ассортимента продукции из низкокачественной древесины и отходов переработки (НКДО) круглых лесоматериалов, организации дополнительных производств на основе принципов устойчивого лесопромышленного управления.

Исследование лесных ресурсов региона показало, что в последние годы промышленный потенциал лесов в Дальневосточном регионе существенно снизился [14]. Это, по нашему мнению, связано с интенсивным использованием сплошных рубок и последствиями крупномасштабных лесных пожаров. Запасы спелой и перестойной древесины темнохвойных пород за последние 20 лет сократились более чем на 20 %, при этом по лиственным породам деревьев наблюдается незначительный прирост. Снижению качества лесовосстановления способствует также негативное воздействие тяжелых лесных машин на почвогрунты лесосек, приводящее к их переуплотнению, колееобразованию, возникновению эрозионных процессов, особенно при разработке лесосек на склонах и в условиях вечной мерзлоты [3, 7, 8, 10, 18, 23].

Необходимо отметить, что леса в Дальневосточном федеральном округе имеют низкий уровень производительности, преобладают насаждения IV, V, Va классов бонитета (рис. 1). Таким образом, со временем спелые и перестойные древостои будут переходить в более низкий класс бонитета – Va и Vб, что еще больше снизит эффективность заготовок [16].

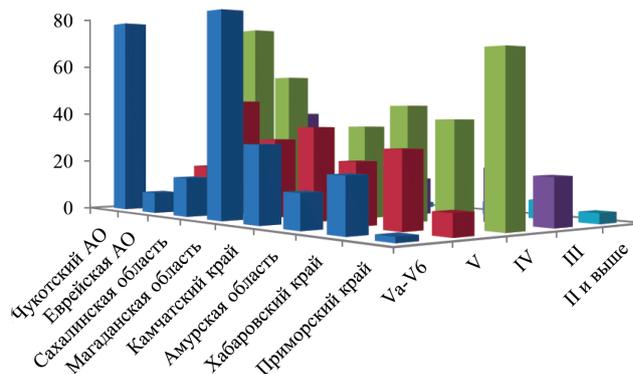


Рис. 1. Распределение площади хвойных насаждений в Дальневосточном федеральном округе по классам бонитета, тыс. га

Fig. 1. Distribution of coniferous plantings in the Far Eastern Federal District by stand's quality class, thousand ha

Пригодный для промышленной эксплуатации лесосечный фонд в регионе не превышает 40 % лесопокрытых земель, из них 25 % составляют леса с полнотой 0,4 и ниже, а 15–20 % насаждений произрастают на склонах крутизной более 30°, значительная часть лесных массивов находится на вечной мерзлоте [1, 19, 20]. Наблюдается увеличение площадей мягколиственных пород, формирующихся на местах вырубок хвойных лесов, пройденных пожарами. Площадь хвойных насаждений с полнотой 0,3–0,4 возросла на 10,2 %, а с полнотой 0,5–0,6 и 0,7–1,0 уменьшилась соответственно на 7,8 и 16,5 %, что указывает на сохранение по Дальневосточному региону устойчивой тенденции снижения доли лесных площадей, востребованных предприятиями лесопромышленного производства, – высокополнотных и продуктивных древостоев. Кроме того, в регионе наблюдается сокращение запасов эксплуатационной древесины на 1 га (рис. 2). Наиболее плачевная ситуация складывается в Магаданской области и Якутии [6], где запас на 1 га снизился на 45,2 и 31 % соответственно.

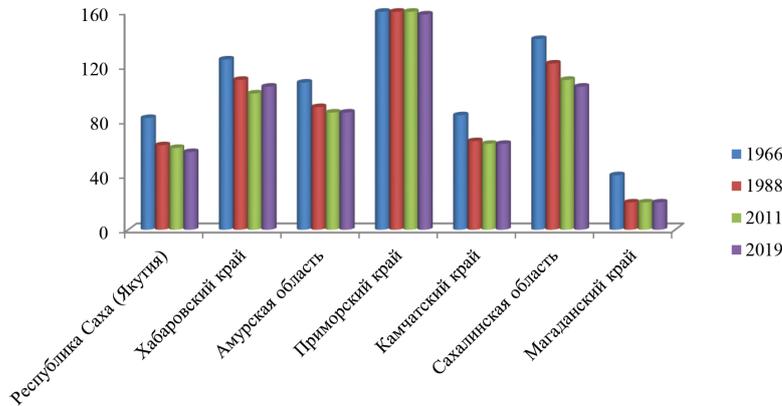


Рис. 2. Динамика распределения запаса всех древостоев на 1 га лесопокрываемых земель в Дальневосточном федеральном округе, м<sup>3</sup>

Fig. 2. Dynamics of distribution of the total stock of stands per 1 ha of forest covered land in the Far Eastern Federal District, m<sup>3</sup>

В других субъектах Дальневосточного федерального округа также происходит снижение запасов леса – в Амурской области на 18,5 %, в Хабаровском крае на 21 %, в Приморском крае на 9 %, в Сахалинской области на 22,5 %, в Камчатском крае на 23,4 %.

По результатам исследования установлено, что распределение основных эксплуатационных пород по возрасту также носит неблагоприятный характер – прирост запасов приспевающих насаждений значительно отстает по отношению к запасам молодняков и спелых (перестойных) древостоев (рис. 3). Запас и площади приспевающих древостоев по основным эксплуатационным породам во всех субъектах региона довольно низкие, чтобы в будущем достичь положительной дифференциации и заменить запасы спелых и перестойных насаждений.

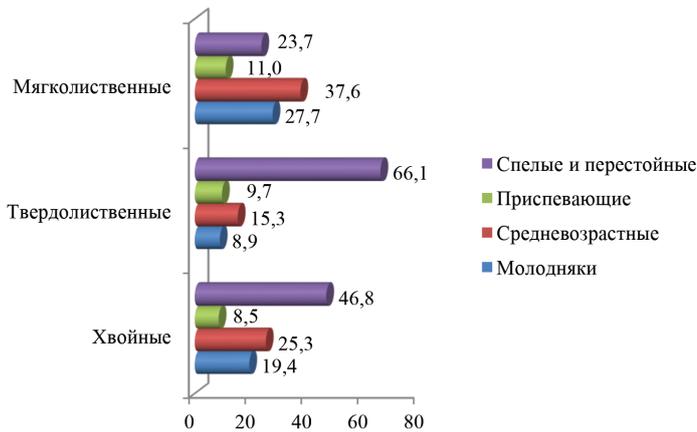


Рис. 3. Распределение запасов насаждений в Дальневосточном федеральном округе по классу возраста, %

Fig. 3. Dynamics of distribution of stands in the Far Eastern Federal District by age class, %

Тенденция уменьшения эксплуатационных запасов затрагивает практически все лесные формации Дальневосточного федерального округа. Для хвойных пород запас приспевающих насаждений составляет лишь 9,6 % для ели, 9,4 % для сосны и 10,4 % для лиственницы – это 9,7; 7,2 и 7,7 % от общей площади соответственно. Положительная динамика наблюдается для кедровых и пихтовых лесов, но преимущественно за счет запасов средневозрастных древостоев: у кедра 54,4 % и у пихты 40,4 %. Однако с учетом очень небольших территориальных эксплуатационных запасов это не меняет общую картину (рис. 4).

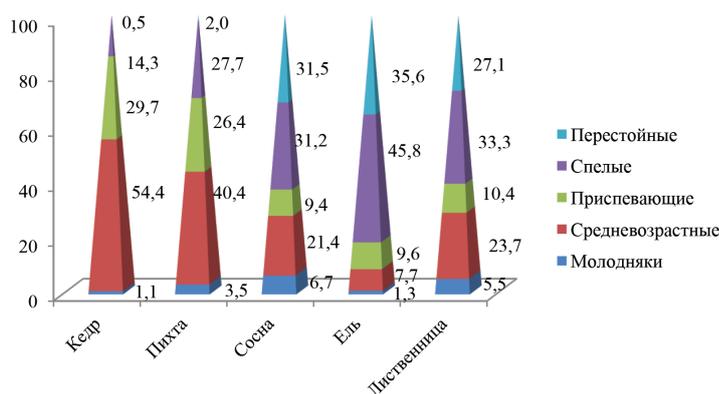


Рис. 4. Распределение запасов древесины хвойных пород в Дальневосточном федеральном округе по группам возраста, %

Fig. 4. Distribution of coniferous plantings in the Far Eastern Federal District by age group, %

Таким образом, можно предположить, что в ближайшей перспективе с учетом изменения климатической обстановки и негативного антропогенного воздействия на лесную среду лесопромышленная отрасль в Дальневосточном федеральном округе в целом и в Хабаровском крае в частности будет испытывать острый недостаток в сырье из древесины промышленного назначения. Наряду с отрицательной динамикой запасов древесины практически на всех лесозаготовительных предприятиях региона значительно выросли потери древесной массы на фазе лесосечных работ. К этой проблеме добавляются очень слабое развитие дорожной сети, недостаток качественных автомобильных дорог круглогодичного действия и сложности с перевозками по железной дороге [9, 29].

В связи с прогрессирующим истощением и снижением качества древесных ресурсов, понижением их природоохранного и экологического потенциала, возрастанием экологических требований актуальными становятся вопросы незамедлительного изменения стратегии лесопользования в регионе и перехода на ресурсосберегающие технологии лесозаготовок и переработки сырья, а также плантационного выращивания необходимых древесных ресурсов [2, 11].

В начальный период перехода экономики страны на рыночные отношения в Дальневосточном регионе практически полностью прекратили свое существование предприятия, осуществляющие переработку древесины.

В их числе крупные лесопильные заводы, фанерные комбинаты, предприятия по химической переработке древесины. Это привело к тому, что лесозаготовители стали вывозить с лесосек только высококачественную древесину в виде круглых лесоматериалов, пользующихся большим спросом на экспортном рынке, оставляя невостребованную низкотоварную древесину на лесосеках. С появлением высокопроизводительной процессорной техники большинство лесозаготовительных предприятий перешли от хлыстовой технологии заготовки древесины на сортиментную, что привело к значительному увеличению количества низкотоварной древесины и древесных остатков, захламляющих лесосеки. Необходимо отметить, что объем низкотоварной древесины, образующейся на всех фазах производства при хлыстовой и сортиментной заготовке древесины, примерно одинаков. Но места концентрации различны, и находятся они на разном расстоянии от производственных лесоперерабатывающих структур предприятия. Также отметим, что современные технологии и системы машин древесноподготовительных цехов, производящих технологическую щепу, способны эффективно выпускать этот необходимый полуфабрикат практически из любой древесины [24–26].

Пришло время, когда вопрос о необходимости принятия кардинальных мер, направленных на комплексное использование всей заготавливаемой древесной массы с целью получения продукции с добавленной стоимостью, становится не только актуальным, но и первостепенным. Выход может быть найден только через восстановление и развитие перерабатывающих производств, которые позволят использовать всю низкотоварную древесину и технологические отходы. В Стратегии развития лесного комплекса страны до 2030 г. есть объективные предпосылки для возвращения многих предприятий к хлыстовой технологии при условии решения проблем с транспортом длинномерной древесины по дорогам общего пользования.

Надо отметить, что проблема комплексного использования древесины сдвинута с нулевой точки как на федеральном, так и на региональном уровнях. Достигнуты соглашения с крупными компаниями по инвестированию в лесопромышленный комплекс региона финансовых средств для создания перерабатывающих мощностей, определена общая концепция развития технологий переработки древесины и утверждены места размещения таких производств в регионе.

Как было отмечено выше, проблему повышения эффективности лесного комплекса в Дальневосточном федеральном округе предстоит решать при работе предприятий в истощенных лесосырьевых районах с повышенным содержанием смешанных перестойных и низкокачественных древостоев. Вовлечение в производство всей заготовленной древесной массы позволит увеличить срок действия существующих лесозаготовительных предприятий, повысить выход товарной продукции, очистить места рубок от захламенности, создать рабочие места, улучшить благосостояние населения, проживающего в лесных поселках.

Поскольку уровень прогрессивности лесопромышленного производства в мире определяется степенью переработки древесины, крупнейшие игроки лесопромышленной отрасли региона (ОАО «Тернейлес» в Приморском крае, RFP Group в Хабаровском крае и др.) идут по пути создания вертикально ин-

тегрированных лесопромышленных комплексов. Производственная структура этих компаний включает в себя 3 основные составляющие: лесозаготовку, деревообработку и химическую переработку древесины с использованием низкокачественного сырья и древесных отходов.

Наиболее спорным, вызывающим многочисленные дискуссии, является вопрос перспективы развития технологии лесозаготовок. Буквально 20–30 лет назад в стране около 96 % от общего объема древесины заготавливалось по хлыстовой технологии. За последние годы по ряду объективных и субъективных причин данная технология уже не является доминирующей, и ее доля значительно снизилась. По оценкам экспертов [33], в Канаде хлыстовая технология доминирует, в США и Норвегии около 50 % лесозаготовок выполняют данным способом [8, 31, 34]. Мотивами его реализации в этих странах называют стремление лесоперерабатывающих производств получать длинномерное сырье с целью производства пиломатериалов возможно большей длины, имеющих более высокую цену, а также обеспечение сырьем в виде балансовой древесины целлюлозно-бумажного производства. Из всех стран с развитой лесной промышленностью полностью по сортиментной технологии работают лишь Финляндия и Швеция, где преобладают одновозрастные хвойные леса с высокими размерно-качественными характеристиками, в которых своевременно и в полном объеме проводились все стадии рубок ухода.

Статистические данные, полученные на лесопромышленных предприятиях в Дальневосточном федеральном округе, ранее реализующих технологический процесс лесозаготовок с вывозкой с лесосек полуфабриката готовой продукции в виде хлыстов (полухлыстов), показывают, что на лесопромышленный склад предприятия доставлялось до 75 % заготовленной древесины. В процессе разделки хлыстов на круглые лесоматериалы (пиловочник) дополнительно из объема деловой древесины терялось еще до 20–25 % низкокачественной древесины и древесных отходов, которые концентрировались на лесопромышленном складе и могли быть использованы для производства дополнительных видов продукции, востребованных в регионе, например биотоплива [22]. При этом нельзя забывать о том, что на заготовку и утилизацию низкокачественной древесины и древесных отходов лесопромышленником затрачиваются определенные финансовые средства, компенсация которых закладывается в затраты на производство товарной продукции, имеющей спрос на рынке. Это приводит к тому, что себестоимость 1 м<sup>3</sup> круглых лесоматериалов (пиловочника 1–2 сорта) за счет подобной компенсации увеличивается в 1,2–1,3 раза [12].

#### *Результаты исследования и их обсуждение*

В случае реализации сортиментной технологии основной продукцией, вырабатываемой из тонкомерных деревьев, являются балансы, составляющие до 30 % объема всей заготавливаемой древесины. Трудоемкость производства балансов превышает трудоемкость производства пиловочника более чем на 40 %, при этом средняя цена балансов ниже цены на пиловочник на 26–30 %. Практика современного лесопользования в Дальневосточном феде-

ральном округе показывает, что практически вся тонкомерная и низкотоварная древесина в настоящее время оставляется на лесосеке как невостребованная, принося не только экономический, но и значительный экологический ущерб лесной среде и моральный ущерб населению, проживающему в районах проведения лесозаготовок. Особенно это актуально при промышленной разработке смешанных лесных насаждений с низким классом бонитета [13].

В связи с этим остро встают вопросы: каким образом можно решить проблему рационального использования древесины в современных рыночных условиях на лесопромышленных предприятиях, имеющих в аренде смешанные леса с древесиной низкого класса товарности, и в каком направлении целесообразно развивать технологию лесозаготовок, с помощью которой могут быть реализованы поставленные перед отраслью задачи? Эти вопросы являются стратегическими, поскольку переход на другую технологию связан с частичным отказом от парка используемых систем лесных машин и технологического оборудования, со значительными материальными затратами и затратами времени на внедрение и отработку новых технологий на производственных предприятиях [5].

Выходом из сложившейся ситуации, по нашему мнению, может стать технология, ранее используемая лесозаготовительными предприятиями в СССР, но реализуемая на базе современных систем лесных машин и технологического оборудования. Данная технология заключается в проведении подсортировки деревьев по размерно-качественным характеристикам в процессе выполнения операций на лесосечных работах и вывозке с лесосек всей заготовленной древесины с последующей ее переработкой на пилопродукцию (своими силами или сторонними потребителями). При этом балансы, низкокачественная древесина поставляются в виде сырья для целлюлозно-бумажной промышленности, а неиспользуемые отходы и древесные остатки идут на получение тепловой и электрической энергии для собственного потребления или удовлетворения потребностей сторонних организаций.

Новым в данном предложении является то, что весь технологический процесс предлагается осуществлять по технологии «единого пакета» с сокращением времени на выполнение транспортно-переместительных операций. Операцию обезличенной (не имеющей высоких требований к размерам выпиленных сортиментов) раскряжевки круглых лесоматериалов, предназначенных для производства балансов, рекомендуется производить либо непосредственно на верхнем складе (с использованием мобильной специализированной установки для пачковой раскряжевки), либо на нижнем лесопромышленном складе (с использованием стационарной установки для пачковой раскряжевки).

При этом в систему лесных машин для реализации предлагаемого технологического процесса по первому сценарию (сортиментная технология) входят: харвестер с прицепным формировочно-транспортным модулем (ФТМ) (рис. 5); форвардер для сбора и транспортировки пиловочника; трактор (либо основной форвардер) для доставки ФТМ с низкокачественным долготьем на верхний склад; погрузчик перекидного типа с установкой для пачковой раскряжевки долготья, выполненный, например, по принципу установки, подробно описанной в [17].

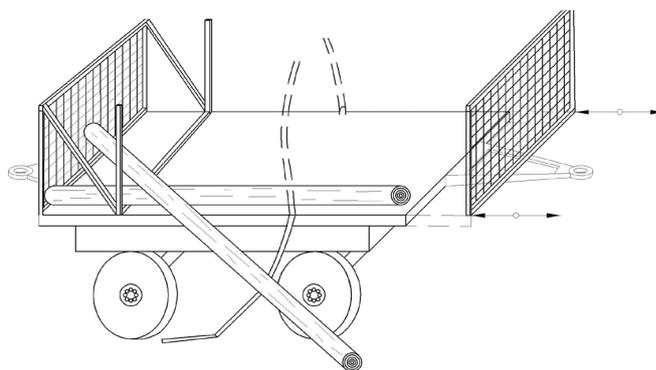


Рис. 5. Прицепной формирующе-транспортный модуль

Fig. 5. Trailed formation-transport module

Технологический процесс лесозаготовки в данном случае (рис. 6) производится с подсортировкой древесины по размерно-качественным характеристикам: харвестер срезает отведенные в рубку деревья и, в зависимости от качества и породы дерева, производит его обработку по определенной технологической схеме. При этом деревья, подходящие по своим характеристикам для производства пиловочника, обрабатываются по традиционной для харвестера схеме (обрезка сучьев и раскряжевка ствола, укладка сортиментов сбоку от машины). Низкокачественные деревья, подходящие только для производства балансов и топливной древесины, после срезания подтягиваются манипулятором вдоль оси машины (справа или слева в зависимости от места срезания) для дальнейшей обработки. В процессе протягивания через харвестерную головку ствол укладывается комлевой частью в приемное устройство ФТМ. После выполнения реза на установленной длине (обычно половина длины ствола дерева) отрезанная часть ствола остается в ФТМ, а оставшаяся обрабатывается в той же последовательности.

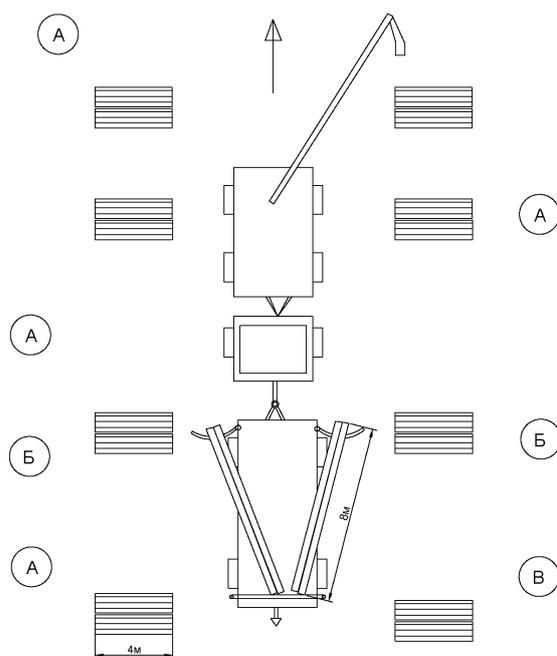


Рис. 6. Технология работы харвестера с подсортировкой древесины (А, Б, В – пачки круглых лесоматериалов различных сортогрупп)

Fig. 6. Harvester technology with wood sorting (А, Б, В – bundles of round timber of various group types)

После заполнения ФТМ (время заполнения зависит от запаса леса и качества насаждения на разрабатываемом лесном участке) транспортируется трактором (основным форвардером) на верхний склад. На складе погрузчик перекидного типа со смонтированной на нем установкой для пачковой раскряжевки последовательно производит раскряжевку всей пачки круглых лесоматериалов на балансы и, не выпуская отпиленные лесоматериалы из захвата, выполняет их перегрузку в штабель или на автомобильный лесовозный подвижной состав. Процесс раскряжевки осуществляется непосредственно на ФТМ, доставляющем лесоматериалы от лесозаготовительной машины на верхний склад.

В систему лесных машин для реализации технологического процесса по второму сценарию (хлыстовая технология) входят: валочно-пакетирующая машина (ВПМ) с прицепным формировочно-транспортным модулем, скиддер и процессор.

Технологический процесс лесозаготовки по данному варианту производится с подсортировкой древесины по размерно-качественным характеристикам, которая выполняется в процессе работы ВПМ. Деревья, подходящие по своим характеристикам для производства пиловочника, обрабатываются по традиционной для ВПМ схеме (срезание и укладка дерева в пачку на вырубку). Низкокачественные деревья, годные только для производства балансов и топливной древесины, укладываются в ФТМ, который после заполнения транспортируется скиддером на верхний склад. На верхнем складе формируются 2 штабеля деревьев различного назначения. Штабели обрабатываются процессором с получением пиловочника (из высококачественных деревьев) и полухлыстов (из низкокачественных деревьев). Оба вида продукции отгружаются на нижний лесопромышленный склад, на котором полухлысты раскряжевываются на балансы с помощью стационарной установки для пачковой раскряжевки.

При использовании предлагаемых вариантов технологического процесса значительно снижается объем энергоемких погрузочно-разгрузочных и транспортно-переместительных операций, в разы сокращается время на раскряжевку единицы продукции, что позволяет в значительной мере снизить себестоимость заготовки балансов и топливной древесины. Кроме того, появляется реальная возможность повысить степень использования всего объема древесины, отведенного в рубку, а также уменьшить экологические риски и пожарную опасность на арендуемых лесных территориях.

Предложенная технология позволит заготавливать и использовать всю стволовую древесину по соответствующему назначению (в зависимости от ее качества, породы и размеров) и может быть рекомендована предприятиям, расположенным недалеко от целлюлозно-бумажного комбината или других потребителей низкотоварной древесины и стволовых остатков.

В связи с поставленными перед лесопромышленниками региона задачами повышения эффективности использования древесных ресурсов и обеспечения дополнительным сырьем смежных деревоперерабатывающих производств необходимо выбрать технологию лесозаготовок и систему машин для ее реализации. При этом технология должна с максимальной эффективностью решать экономические, экологические и социальные проблемы, связанные с лесным

сектором. Подобная задача решается с помощью различных методов экономико-математического моделирования [28]. Одной из главных целей производственно-экономической системы является максимально возможное достижение планируемой прибыли (рентабельности). Для лесопромышленного комплекса дальневосточного региона в сложившихся рыночных и территориально-производственных условиях производство должно характеризоваться высокой степенью доходности на всех этапах работы, включая совокупность получения различных полезностей и использования разных технологических процессов и оборудования для реализации этих полезностей [27, 30, 32]. Основной целью функционирования любого технологического производства должен быть выпуск продукции такого объема и качества, которые обеспечивали бы максимальную доходность. Этого можно достичь при условии, что себестоимость единицы продукции будет, по крайней мере, не больше значения, установившегося в конкретном регионе с его транспортными и энергетическими тарифами, сложившейся производственной логистикой и другими объективными факторами.

В любом производстве экономико-математическая модель зависимости величины прибыли предприятия от реализации всей произведенной продукции может быть представлена следующим образом:

$$\Pi = \sum B - \sum Z \Rightarrow \max \sum \sum ,$$

где  $B$  – выручка от реализации продукции;  $Z$  – затраты на производство продукции.

На исследуемые переменные налагаются условие «положительности» и ряд ограничений по следующим производственным условиям: по выполнению плана выпуска продукции (пиловочника и баланса); по условию образования НКДО на различных технологических участках и концентрации их в качестве сырья для дальнейшей реализации.

#### *Заключение*

В связи с прогрессирующим истощением и снижением качества древесных ресурсов Дальневосточного региона, понижением их природоохранного и экологического потенциала с учетом возрастающих экологических требований необходимо переходить к новой стратегии лесопользования с применением ресурсосберегающих технологий лесозаготовок и систем машин для их реализации.

Предлагаемые в статье варианты технологического процесса лесозаготовок позволят значительно снизить объем энергоемких погрузочно-разгрузочных и транспортно-переместительных операций, сократить время на раскряжевку единицы древесной продукции, повысить степень использования объема древесины, отведенного в рубку, а также уменьшить степень экологических рисков и пожарной опасности на арендуемых лесных территориях и могут быть рекомендованы предприятиям, расположенным вблизи целлюлозно-бумажного комбината или других потребителей низкотоварной древесины и стволовых остатков.

Предложенная экономико-математическая модель даст возможность отразить аспекты комплексного использования лесосырьевых ресурсов и выбрать наиболее эффективный технологический процесс для его реализации лесопромышленным предприятием.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Абузов А.В., Григорьев И.В. Конструктивные особенности канатных лесотранспортных систем на мягких пневматических опорах // Лесотехн. журн. 2020. Т. 10, № 1(37). С. 86–95.

Abuzov A.V., Grigorev I.V. Design Features of Cable Forestry Systems on Soft Pneumatic Supports. *Lesotekhnicheskii zhurnal = Forestry Engineering Journal*, 2020, vol. 10, no. 1(37), pp. 86–95. (In Russ.). <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2020.1/9>

2. Воронов Р.В., Марков О.Б., Григорьев И.В., Давтян А.Б. Математическая модель модульного принципа подбора системы машин для создания и эксплуатации лесных плантаций // Изв. вузов. Лесн. журн. 2019. № 5. С. 125–134.

Voronov R.V., Markov O.B., Grigorev I.V., Davtyan A.B. Mathematical Model of the Modular Approach for Selection of a System of Machines for Creation and Operation of Forest Plantations. *Lesnoy Zhurnal = Russian Forestry Journal*, 2019, no. 5, pp. 125–134. (In Russ.). <https://doi.org/10.17238/issn0536-1036.2019.5.125>

3. Григорьев Г.В., Дмитриева И.Н., Григорьев И.В., Каляшов В.А., Рудов С.Е., Иванов В.А. Проблемы и перспективы лесозаготовительного производства в условиях районов распространения вечной мерзлоты // Системы. Методы. Технологии. 2021. № 3(51). С. 59–67.

Grigorev G.V., Dmitriyeva I.N., Grigorev I.V., Kalyashov V.A., Rudov S.E., Ivanov V.A. Problems and Prospects of Logging Production in Permafrost Distribution Areas. *Sistemy. Metody. Tekhnologii = Systems. Methods. Technologies*, 2021, no. 3(51), pp. 59–67. (In Russ.). <https://doi.org/10.18324/2077-5415-2021-3-59-67>

4. Григорьев И.В. Комментарии к стратегии развития лесного комплекса Российской Федерации до 2030 года // Бюл. Ассоц. ЛЕСТЕХ. 2021. № 3(5). С. 38–48.

Grigorev I.V. Comments on the Russian Federation Forestry Development Strategy Until 2030. *Vyulleten' Assotsiatsii "LESTEKH"*, 2021, no. 3(5), pp. 38–48. (In Russ.).

5. Григорьев И.В., Винокуров С.Л. Сравнение вариантов систем машин для малообъемных лесозаготовок // Вестн. АГАТУ. 2021. № 3(3). С. 51–62.

Grigorev I.V., Vinokurov S.L. Comparison of Machine System Options for Low-Volume Logging. *Vestnik AGATU*, 2021, no. 3(3), pp. 51–62. (In Russ.).

6. Григорьев И.В., Григорьев М.Ф., Степанова Д.И. Перспективы модульных систем машин для лесозаготовительного производства в Якутии // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. 2017. Т. 5, № 9(35). С. 74–77.

Grigorev I.V., Grigorev M.F., Stepanova D.I. Perspectives for Modular Machine Systems in the Logging Industry of Yakutia. *Aktual'nyye napravleniya nauchnykh issledovaniy XXI veka: teoriya i praktika = Actual Directions of Scientific Researches of the XXI Century: Theory and Practice*, 2017, vol. 5, no. 9(35), pp. 74–77. (In Russ.).

7. Григорьев И.В., Зорин М.В., Григорьев Г.В., Рудов С.Е., Швецова В.В., Калита Г.А. Анализ способов укрепления временных транспортных путей для трелевки и вывозки древесины // Деревообраб. пром-сть. 2021. № 2. С. 10–29.

Grigorev I.V., Zorin M.V., Grigorev G.V., Rudov S.E., Shvetsova V.V., Kalita G.A. Analysis of Ways to Strengthen Temporary Transport Routes for Skidding and Hauling Timber. *Derevoobrabatyvayushchaya promyshlennost' = Woodworking Industry*, 2021, no. 2, pp. 10–29. (In Russ.).

8. Григорьев И.В., Петров М.Е. Дополнительные технические опции для повышения безопасности, надежности и энергоэффективности лесных машин // Вестн. АГАТУ. 2021. № 3(3). С. 73–81.

Grigorev I.V., Petrov M.E. Additional Technical Options to Improve Safety, Reliability, and Energy Efficiency of Forestry Machines. *Vestnik AGATU*, 2021, no. 3(3), pp. 73–81. (In Russ.).

9. Григорьев И.В., Пудова Т.М., Винокуров С.Л. Перевозка лесоматериалов по железной дороге // Потенциал науки и образования: современные исследования в области агрономии, землеустройства, лесного хозяйства: сб. материалов науч.-практ. конф., 20 марта 2019 г. / редкол.: В.В. Устинова, М.В. Слепцова. Якутск: СВФУ, 2019. С. 5–9.

Grigorev I.V., Pudova T.M., Vinokurov S.L. Transport of Timber by Rail. *Potential of Science and Education: Modern Research in Agronomy, Land Management, Forestry. Proceedings of the Scientific-Practical Conference, 20 March 2019*. Yakutsk, SVFU Publ., 2019, pp. 5–9. (In Russ.).

10. Григорьев И.В., Рудов С.Е., Каляшов В.А. Транспортно-технологические комплексы на базе лесных машин и самоходных лебедок для проведения рубок леса на склонах // Транспортные и транспортно-технологические системы: материалы Междунар. науч.-техн. конф., 15 апр. 2021 г. / отв. ред. Н.С. Захаров. Тюмень: ТИУ, 2021. С. 59–62.

Grigorev I.V., Rudov S.E., Kalyashov V.A. Transport-Technological Complexes Based on Forest Machines and Automatic-Tensioning Winches for Logging on Slopes. *Transport and Transport-Technological Systems: Proceedings of the International Scientific and Technical Conference, 15 April 2021*. Tyumen, 2021, pp. 59–62. (In Russ.).

11. Марков О.Б., Воронов Р.В., Давтян А.Б., Григорьев И.В., Калита Г.А. Математическая модель выбора системы машин для создания и эксплуатации лесных плантаций // Деревообраб. пром-сть. 2021. № 1. С. 16–26.

Markov O.B., Voronov R.V., Davtyan A.B., Grigorev I.V., Kalita G.A. Mathematical Model for Selection a System of Machinery for Creation and Maintenance of Forest Plantations. *Derevoobrabatyvayushchaya promyshlennost' = Woodworking Industry*, 2021, no. 1, pp. 16–26. (In Russ.).

12. Морковина С.С. Экономический анализ применения инновационных технологий в лесном хозяйстве страны // ФЭС: Финансы. Экономика. Стратегия. 2018. Т. 15, № 11. С. 27–34.

Morkovina S.S. Economic Analysis for Application Innovative Technologies in the Country's Forestry. *FES: Finansy. Ekonomika. Strategiya = FES: Finance. Economy. Strategy*, 2018, vol. 15, no. 11, pp. 27–34. (In Russ.).

13. Морковина С.С., Кожемякин Д.Ю. Формирование инструментария саморегулирования деятельности в лесном хозяйстве // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. 2018. Т. 6, № 7(43). С. 363–367.

Morkovina S.S., Kozhemyakin D.Yu. Formation of Self-Regulatory Instrumentation for Activities in Forestry Section. *Aktual'nyye napravleniya nauchnykh issledovaniy XXI veka: teoriya i praktika = Actual Directions of Scientific Researches of the XXI Century: Theory and Practice*, 2018, vol. 6, no. 7(43), pp. 363–367. (In Russ.).

14. Морковина С.С., Нетребская О.А., Манмарева В.В. Рисковые факторы государственного управления и их оценка в лесном хозяйстве России // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. 2021. Т. 9, № 2(53). С. 76–91.

Morkovina S.S., Netrebskaya O.A., Manmareva V.V. Risk Factors of Public Administration and Their Assessment in Forestry in Russia. *Aktual'nyye napravleniya nauchnykh issledovaniy XXI veka: teoriya i praktika = Actual Directions of Scientific Researches of the*

XXI Century: Theory and Practice, 2021, vol. 9, no. 2(53), pp. 76–91. (In Russ.). <https://doi.org/10.34220/2308-8877-2021-9-2-76-91>

15. Морковина С.С., Рубцова А.И. Анализ инвестиционной привлекательности предприятий холдингового типа // Общество и экономическая мысль в XXI в.: пути развития и инновации: материалы IX Междунар. науч.-практ. конф., посвященной 65-летию Юбилею филиала, 31 марта 2021 г. / редкол.: А.М. Сысоев и др. Воронеж: Науч. книга, 2021. С. 140–144.

Morkovina S.S., Rubtsova A.I. Analysis of Investment Attractiveness of Holding Companies. *Society and Economical Thought in XXI Century: Ways of Development and Innovations. Proceedings of 9th International Scientific-Practical Conference devoted to the 65th anniversary of the Plekhanov Russian University of Economics in Voronezh*. Voronezh, Nauchaya kniga Publ., 2021, pp. 140–144. (In Russ.).

16. Нетребская О.А., Морковина С.С. Системные риски в лесном хозяйстве России: от идентификации к превентивному управлению // Современные подходы к трансформации концепций государственного регулирования и управления в социально-экономических системах: сб. науч. тр. X Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. Году науки и технологий в Российской Федерации, 18–25 февр. 2021 г. Курск: Фин. ун-т при Правительстве Российской Федерации, Курский фил., 2021. С. 485–489.

Netrebskaya O.A., Morkovina S.S. Systematical Risks in Russian Forestry: From Identification to Preventive Management. *Modern Approaches to Transformation of Concepts for State Regulation and Management in Socio-Economic Systems: Proceedings of the 10th International Scientific-Practical Conference devoted to the Year of Science and Technology in the Russian Federation, 18–25 February 2021*. Kursk, FinU Publ., 2021, pp. 485–489. (In Russ.).

17. Родионов В.Е., Дербин М.В., Удальцов В.Н., Савенков Д.А., Серёдкина В.С., Григорьев И.В. Установка для исследования усилия бесстружечного резания упакованных отходов лесозаготовок криволинейными режущими кромками // Системы. Методы. Технологии. 2018. № 2(38). С. 100–104.

Rodionov V.E., Derbin M.V., Udaltsov V.N., Savenkov D.A., Seredkina V.S., Grigorev I.V. Installation for Studying the Force of Chipless Cutting of Packed Logging Waste with Curved Cutting Edges. *Sistemy. Metody. Tekhnologii = Systems. Methods. Technologies*, 2018, no. 2(38), pp. 100–104. (In Russ.). <https://doi.org/10.18324/2077-5415-2018-2-100-104>

18. Рудов С.Е., Григорьев И.В. Пути повышения эффективности работы систем машин для сортиментной заготовки древесины // Повышение эффективности лесного комплекса: материалы VII Всерос. нац. науч.-практ. конф. с междунар. участием Петрозаводск: ПетрГУ, 2021. С. 168–169.

Rudov S.E., Grigorev I.V. Ways to Improve the Efficiency of Timber Sorting Machine Systems. *Increasing the Efficiency of the Forest Complex: Proceedings of the 7th All-Russian National Scientific and Practical Conference with International Attendance*. Petrozavodsk, PetrGU Publ., 2021, pp. 168–169. (In Russ.).

19. Рудов С.Е., Григорьев И.В., Григорьева О.И., Григорьев М.Ф., Григорьева А.И. Эффективность лесопользования в криолитозоне // Энергоэффективность и энергосбережение в современном производстве и обществе: материалы Междунар. науч.-практ. конф. Воронеж: Воронеж. ГАУ, 2020. С. 460–463.

Rudov S.E., Grigorev I.V., Grigoreva O.I., Grigorev M.F., Grigoreva A.I. Efficiency of Forest Management in Cryolitic Zone. *Energy Efficiency and Energy Saving in Modern Production and Society: Proceedings of the International Scientific-Practical Conference*. Voronezh, Voronezhskiy GAU Publ., 2020, pp. 460–463. (In Russ.).

20. Рябухин П.Б., Абузов А.В. Технологии и оборудование для проведения рубок лесных насаждений. Хабаровск: ТОГУ, 2017. 244 с.

Ryabukhin P.B., Abuzov A.V. *Technology and Equipment for Forest Logging*. Khabarovsk, TOGU Publ., 2017. 244 p. (In Russ.).

21. Тамби А.А., Григорьев И.В., Давтян А.Б., Помигуев А.В., Калита О.Н., Григорьев В.И. Технологическая интеграция лесопромышленных предприятий // *Деревообраб. пром-сть*. 2021. № 1. С. 26–37.

Tambi A.A., Grigorev I.V., Davtyan A.B., Pomiguyev A.V., Kalita O.N., Grigorev V.I. Technological Integration of Timber Enterprises. *Derevoobrabatyvayushchaya promyshlennost'* = Woodworking Industry, 2021, no. 1, pp. 26–37. (In Russ.).

22. Тамби А.А., Морковина С.С., Григорьев И.В., Григорьев В.И. Развитие циркулярной экономики в России: рынок биотоплива // *Лесотехн. журн.* 2019. Т. 9, № 4(36). С. 173–185.

Tambi A.A., Morkovina S.S., Grigorev I.V., Grigorev V.I. Development of Circular Economy in Russia: Biofuel Market. *Lesotekhnicheskij zhurnal* = Forestry Engineering Journal, 2019, vol. 9, no. 4(36), pp. 173–185. (In Russ.). <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2019.4/19>

23. Dobretsov R., Grigorev I., Tikhonov E., Mikheev A., Khakhina A., Storodubtseva T., Shiryayev S., Burgonutdinov A. Impulse Control Technology for Improving Steering Control Systems of the Tracked Vehicles. *International Review of Automatic Control (IREACO)*, 2021, vol. 14, no. 3, pp. 172–178. <https://doi.org/10.15866/ireaco.v14i3.20858>

24. Grigorev I., Shadrin A., Katkov S., Borisov V., Druzyanova V., Gnatovskaya I., Diev R., Kaznacheeva N., Levushkin D., Akinin D. Improving the Quality of Sorting Wood Chips by Scanning and Machine Vision Technology. *Journal of Forest Science*, 2021, vol. 67, no. 5, pp. 212–218. <https://doi.org/10.17221/10/2020-JFS>

25. Grigorev I., Shadrin A., Katkov S., Borisov V., Druzyanova V., Gnatovskaya I., Diev R., Kaznacheeva N., Levushkin D., Akinin D. Russian Sawmill Modernization (a Case Study). Part 2: Improving the Efficiency of Wood Chipping Operations. *International Wood Products Journal*, 2021, vol. 12, iss. 2, pp. 1–7. <https://doi.org/10.1080/20426445.2020.1871276>

26. Grigorev I., Shadrin A., Voronova A., Kostyukevich N., Levushkin D., Borisov V., Diev R. Improving the Efficiency of Wood Chipping Operations. *INAMTEH – Agricultural Engineering*, 2020, vol. 61, no. 2, pp. 217–224. <https://doi.org/10.35633/inmateh-61-24>

27. Ivanova A.V., Morkovina S.S., Kolesnichenko E.A., Matveev S.M. Management of Reforestation Processes Using Innovative Technologies. *Vision 2020: Sustainable Economic Development and Application of Innovation Management from Regional Expansion to Global Growth. Proceedings of the 32nd International Business Information Management Association Conference (IBIMA), Spain, Seville, 15–16 November 2018*. IBIMA Publ., 2018, pp. 1817–1823.

28. Kharchenko N.N., Morkovina S.S., Kapitonov D.Y., Lisova O.S. Forest Ecosystem Services in the System of Sustainable Forest Use of Sparsely Forested Regions of Russia. *Journal of Engineering and Applied Sciences*, 2018, vol. 13, no. 10, pp. 3567–3572.

29. Kozlov V.G., Skrypnikov A.V., Sushkov S.I., Kruchinin I.N., Grigorev I.V., Nikiforov A.A., Pilnik Y.N., Teppoev A.V., Lavrov M., Timokhova O.M. Enhancing Quality of Road Pavements Through Adhesion Improvement. *Journal of the Balkan Tribological Association*, 2019, vol. 25, no. 3, pp. 678–694.

30. Morkovina S.S., Panyavina E.A., Rezanov V.K., Sukhova V.E. Function Value Analysis in Forestry Practice. *Vision 2020: Sustainable Economic Development and Application of Innovation Management from Regional Expansion to Global Growth. Proceedings of the 32nd International Business Information Management Association Conference, IBIMA. (Spain, Seville, 15–16 November 2018)*. IBIMA Publ., 2018, pp. 4419–4425.

31. Laakkonen A., Hujala T., Pykäläinen J. Integrating Intangible Resources Enables Creating New Types of Forest Services – Developing Forest Leasing Value Network in Fin-

---

land. *Forest Policy and Economics*, 2019, vol. 99, pp. 157–168. <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2018.07.003>

32. Naumov V., Angelstam P., Elbakidze M. Barriers and Bridges for Intensified Wood Production in Russia: Insights from the Environmental History of a Regional Logging Frontier. *Forest Policy and Economics*, 2016, vol. 66, pp. 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2016.02.001>

33. Young J.L., Duinker P.N. Canada's National Forest Strategies: A Comparative Analysis. *Forestry Chronicle*, 1998, vol. 74, no. 5, pp. 683–693. <https://doi.org/10.5558/tfc74683-5>

34. Zasada J.S. Natural Regeneration of Interior Alaska Forest. Seed, Seedbed, and Vegetative Reproduction Consideration. *Fire in the Northern Environment: A Symposium*. USA, Portland, 1971, pp. 231–246.

**Конфликт интересов:** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов  
**Conflict of interest:** The authors declare that there is no conflict of interest