

УДК 630\*

DOI: 10.15393/j2.art.2023.7283

Обзор

## **Анализ технических и технологических решений очистки лесосек от порубочных остатков**

**Трушевский Павел Владимирович**

*директор ООО «Сибирский биоуголь» (Российская Федерация), [pavel.trushevskii@mail.ru](mailto:pavel.trushevskii@mail.ru)*

**Куницкая Ольга Анатольевна**

*доктор технических наук, профессор, Арктический государственный агротехнологический университет (Российская Федерация), [ola.ola07@mail.ru](mailto:ola.ola07@mail.ru)*

**Должиков Илья Сергеевич**

*кандидат технических наук, доцент, Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет (Российская Федерация), [idolzhikov222@mail.ru](mailto:idolzhikov222@mail.ru)*

**Макуев Валентин Анатольевич**

*доктор технических наук, профессор, Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана (Мытищинский филиал) (Российская Федерация), [takeiev@mgul.ac.ru](mailto:takeiev@mgul.ac.ru)*

**Ревяко Сергей Иванович**

*кандидат технических наук, доцент, Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт, Донской государственный аграрный университет (Российская Федерация), [revyako77@mail.ru](mailto:revyako77@mail.ru)*

**Григорьева Ольга Ивановна**

*кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет им. С. М. Кирова (Российская Федерация), [grigoreva\\_o@list.ru](mailto:grigoreva_o@list.ru)*

*Получена: 15 августа 2023 / Принята: 30 ноября 2023 / Опубликовано: 7 декабря 2023*

---

**Аннотация:** Очистка лесосек от порубочных остатков является важной и необходимой завершающей операцией лесосечных работ. При этом у лесозаготовителей она считается излишне затратной, и достаточно часто её выполняют «из-под палки», особенно если исполнители данной операции в дальнейшем не занимаются работами по лесовосстановлению. Не менее часто представители лесничеств, на землях которых производятся лесосечные работы,

уделяют качеству выполнения данной операции чрезмерное внимание. В результате в ряде регионов штрафы, выписываемые лесозаготовителям за некачественную очистку лесосек, являются обычным явлением. Это связано не только с плохой организацией или качеством работ на данной операции, но и с различным трактованием лесничими и руководством лесозаготовителей требований нормативной документации. В данной обзорной статье выполнено обоснование возможности использования концепции «бережливого производства» к операции очистки лесосек с точки зрения всех этапов лесозаготовительного производства (лесосечных работ, транспорта леса, лесоскладских работ, лесовосстановительных работ). Отмечены перспективы дальнейшего эффективного использования порубочных остатков, в т. ч. в качестве биотоплива. Рассмотрены способы сбора порубочных остатков, при проведении лесосечных работ в зависимости от их технологии и системы используемых машин.

**Ключевые слова:** очистка лесосек; порубочные остатки; «бережливое производство»; лесозаготовительное производство; биотопливо из порубочных остатков

---

DOI: 10.15393/j2.art.2023.7283

Revy

## **Analysis of technical and technological solutions for clearing cutting areas from felling residues**

**Pavel Trushevsky**

*Director of Siberian Biougol LLC (Russian Federation), [pavel.trushevskii@mail.ru](mailto:pavel.trushevskii@mail.ru)*

**Olga Kunitskaya**

*D. Sc. in engineering, professor, Arctic State Agrotechnological University (Russian Federation), [ola.ola07@mail.ru](mailto:ola.ola07@mail.ru)*

**Ilya Dolzhikov**

*Ph. D. in engineering, associate professor, Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering (Russian Federation), [idolzhikov222@mail.ru](mailto:idolzhikov222@mail.ru)*

**Valentin Makuev**

*D. Sc. in engineering, professor, Bauman Moscow State Technical University (Mytishchi Branch) (Russian Federation), [makuev@mgul.ac.ru](mailto:makuev@mgul.ac.ru)*

**Sergey Revyako**

*Ph. D. in engineering, associate professor, Novochoerkassk Engineering and Land Reclamation Institute, Don State Agrarian University (Russian Federation), [revyako77@mail.ru](mailto:revyako77@mail.ru)*

**Olga Grigoreva**

*Ph. D. in agriculture, associate professor, Saint Petersburg State Forest Engineering University named after S. M. Kirov (Russian Federation), [grigoreva\\_o@list.ru](mailto:grigoreva_o@list.ru)*

*Received: 15 August 2023 / Accepted: 30 November 2023 / Published: 7 December 2023*

---

**Abstract:** Clearing of cutting areas from felling residues is an important and necessary final logging operation. However, this work is considered unnecessarily costly by loggers and quite often is performed poorly, especially if the loggers are not engaged in future reforestation. No less often, forest officers pay special attention to the quality of this operation, and as a result fines to loggers for poor-quality clearing of cutting areas are common enough occurrence in a number of regions. This is due not only to the poor organization or quality of work on this operation, but also to the different interpretation of regulatory documentation requirements by foresters and forestry management. This review article justifies the possibility of “lean production” concept application to

logging sites clearing operation that includes all stages of logging production: logging operations, forest transport, timber storage, and reforestation. Prospects for further effective use of felling residues, for example, as biofuel, are noted. The authors consider tasks and methods of felling residues collection and accumulation depending on the timber harvesting machines and operations, and machines and technologies for collecting felling residues.

**Keywords:** clearing of the cutting area; felling residues; lean production; logging production; biofuels from felling residues

---

## 1. Введение

Достаточно давно в теории менеджмента (теории управления качеством) появилась концепция «бережливое производство» [1]. В литературных источниках можно встретить достаточно много определений этого понятия. Например: «Это направление менеджмента, обеспечивающее конкурентоспособность предприятия за счёт выпуска продукции (оказания услуг) в количестве, необходимом заказчику, с высоким качеством, минимальными затратами ресурсов и низкой себестоимостью» или: «Это концепция рационализации бизнес-процессов, направленная на его ускорение и сглаживание путём выявления и исключения процессов, которые не добавляют ценности продукту и являющихся причиной возникновения так называемых “скрытых потерь” деятельности компании» [2—5].

Если попробовать применить первое определение «бережливого производства» к лесосечным работам, то можно указать следующий момент: классически себестоимость продукции любого производства состоит из затрат на сырьё, заработную плату, расходы на эксплуатацию машин и оборудования (включая ремонт и амортизацию), расходы на энергию, затрачиваемую на обработку и перемещение сырья, полуфабрикатов, готовой продукции. Также отметим, что государство как собственник лесных ресурсов продаёт их лесозаготовителям на корню в хлыстах, без коры. Это означает, что кора и крона не имеют начальной стоимости как классической составляющей себестоимости продукции. В настоящее время в России и мире заготовленная древесина вывозится, в основном, в виде сортиментов и, значительно реже, в виде хлыстов. Но так или иначе порубочные остатки — кроновая часть заготовленных деревьев, вместе с тонкомерными стволами, обломками стволов, откомлёвками и т. д., остаётся в лесу в подавляющем большинстве случаев, если рассматривать практику работы российских лесозаготовительных предприятий. При этом, являясь совершенно бесплатным сырьевым ресурсом, порубочные остатки могут служить для достижения таких целей «бережливого производства» (первое определение), как «минимальные затраты ресурсов и низкая себестоимость».

Если попробовать применить второе определение «бережливого производства» к лесосечным работам, то можно указать следующий момент: порубочные остатки, разбросанные по вырубке или даже уложенные в кучи (штабели) у лесовозной дороги или на вырубке, представляют собой пожарную и фитопатологическую опасность [6]. Срок их перегнивания и, соответственно, образования удобрения почвенного слоя вырубки крайне велик (не считая ассимиляционного аппарата и тонких веток). Следовательно, порубочные остатки вполне могут быть отнесены к «возможным причинам возникновения “скрытых потерь” деятельности компании». Ведь при возникновении пожара или вспышки размножения насекомых — вредителей леса на борьбу с этими явлениями придётся затратить весьма немалые силы и средства.

Кроме этого, порубочные остатки, очевидно, являются причиной возникновения «скрытых потерь» работы лесозаготовительного предприятия, когда речь заходит

о лесовосстановительных работах, особенно при искусственном или комбинированном лесовосстановлении [7]. Следовательно, уборка и эффективная переработка порубочных остатков полностью соответствуют принципам «бережливого производства при проведении лесосечных работ».

## 2. Материалы и методы

Отмеченные во введении замечания по поводу прямого отношения вопроса эффективности сбора и переработки порубочных остатков к концепции «бережливого производства в области лесосечных работ» вполне можно расширить до применения к концепции «бережливого производства в области лесозаготовительного производства».

Как известно, лесосечные работы являются одной из четырёх фаз лесозаготовительного производства, и их обычно принято считать первой фазой [8]. Также в лесозаготовительное производство входят: транспорт заготовленной древесины (транспорт леса); лесоскладские работы; лесовосстановительные работы [9].

Если обратить внимание на транспорт леса и учитывать необходимость с точки зрения концепции «бережливого производства» сбора, вывозки и эффективной переработки порубочных остатков, а также если не принимать во внимание вариант использования порубочных остатков для укрепления временных транспортных путей — лесовозных усов, трелёвочных волоков и технологических коридоров, то при транспортировке данного вида лесоматериалов крайне желательно значительное увеличение коэффициента полндревесности воза ( $\Delta$ ) [10], [11].

Как известно, автолесовозы обладают далеко не лучшим коэффициентом тары даже при перевозке круглых лесоматериалов в виде сортиментов, при  $\Delta \approx 0,7$ , или даже бруса, при  $\Delta \approx 1,0$ . Перевозка разнородных по размеру порубочных остатков насыпью в контейнеровозе даст, в лучшем случае,  $\Delta \approx 0,25$ . При этом, согласно справочным данным, даже перевозка щепы насыпью позволит получить  $\Delta = 0,35—0,4$ , а при условии уплотнения насыпной щепы в контейнеровозе возможно получить  $\Delta = 0,42—0,5$  [12—14]. Это уже позволяет получить удвоение загрузки автолесовоза-контейнеровоза в 2 раза. Если же из измельчённых порубочных остатков на верхнем складе или на лесном терминале произвести столь востребованную продукцию, как прессованное биотопливо в виде топливных брикетов стандарта RUF, имеющих, благодаря своей геометрической форме, очень плотную укладку, то можно получить воз порубочных остатков (переработанных) с  $\Delta \approx 1,0$ , точнее с  $\Delta = 0,92$  [15].

Следовательно, применительно к транспорту леса перевозка переработанных порубочных остатков даёт существенный положительный эффект, а с точки зрения концепции «бережливого производства», которая заключается в существенном снижении себестоимости транспортировки древесины за счёт повышения коэффициента полндревесности воза, примерно в 4 раза, если говорить о прессованном биотопливе в виде топливных брикетов стандарта RUF, или в 2 раза, если говорить об уплотнённой щепе.

Лесоскладские работы от использования порубочных остатков в энергетических целях, наряду с отходами их основного производства, могут дать снижение стоимости отопления зданий и сооружений основного и вспомогательного производств, объектов социальной инфраструктуры населённых пунктов, в которых они расположены, а также возможна прибыль от реализации данного вида топлива или получаемой из него тепловой энергии [16], [17].

Важность данного тезиса можно проиллюстрировать следующим: 10.02.2023 г. на выездном заседании по развитию лесного комплекса в Архангельске Президент РФ В. В. Путин обратил внимание на производство биотоплива российскими лесопромышленными компаниями и дал поручения Минпромторгу задуматься о развитии тепловой биоэнергетики.

После данного мероприятия (16.02.2023 г.) на региональном телевидении Архангельской области выступал министр природных ресурсов и лесного комплекса Игорь Мураев, который говорил о региональных перспективах биотопливного производства из измельчённой спрессованной древесины. Конечно, в большей степени его выступление касалось пеллет, но общая тенденция в его выступлении просматривается очень хорошо. По его словам, в регионе производилось около 600 тыс. т биотоплива из измельчённой спрессованной древесины, в основном пеллет. Более 90 % из них уходило на экспорт, в страны Европы, рынки которых оказались сейчас закрыты. Высококачественные пеллеты, сделанные на дорогом, высокопроизводительном пеллетном оборудовании, не востребованы на внутреннем рынке, а пеллетные заводы оказались на грани остановки. Это привело к затариванию деревоперерабатывающих заводов области отходами основного производства. При этом продукция немногочисленных брикетных цехов и заводов пользуется устойчивым спросом и расширяет экспортные горизонты за счёт увеличения спроса в дружественных странах Азии и Африки.

Для существенного увеличения спроса на пеллеты в Российской Федерации необходимы огромные инвестиции. К примеру, чтобы использовать внутри страны 600 тыс. т пеллет, необходимо 155 котельных общей мощностью 420 МВт. Это около 17 млрд руб. инвестиций только в переоборудование местных котельных. Каждая котельная должна иметь мощность порядка 2,7 МВт, а в РФ только два завода производят такого типа и мощности котельные агрегаты — в Коврове и Челябинске. Хотя, конечно, мощности котельных агрегатов в российском ЖКХ колеблются в пределах 1,0—10,0 МВт. То есть перевод российских котельных на пеллеты — дело весьма нескорого будущего. При этом при достаточно незначительной разности в калорийности, по сравнению с пеллетами, для перевода котельных с угля на топливные брикеты никаких существенных модернизаций не требуется. В подтверждение этого факта можно привести следующее: «В 2015—2022 гг. восемь из 15 котельных в Вологодской области были переведены с угля на древесные брикеты с минимальными затратами на модернизацию: в топках заменили колосники, а также организовали складские помещения для хранения запаса брикетов. При этом получили

возможность оперативного возврата к использованию угля при минимальных изменениях — достаточно вернуть на место изначальные колосники» [18]. Брикеты могут быть основным или вспомогательным видом топлива, в любом случае позволяя экономически и экологически эффективно использовать не востребовавшую древесину из порубочных остатков [19—22], энергетический потенциал которых в России оценивается экспертами в районе 25—28 млн т эквивалента нефти, что составляет около 3,54 % от годового потребления нашей страны в тоннах эквивалента нефти. Это, с одной стороны, не очень много, но, с другой стороны, и не очень мало, если учесть тот факт, что ресурсы легкой доступной нефти достаточно быстро заканчиваются, добыча «тяжёлой» нефти — дело и дорогое, и экологически вредное.

И что также весьма примечательно, компаниями нефтегазового сектора экономики также очень востребованы технологии и технические решения по энергетическому использованию порубочных остатков, которые образуются у них при проведении рубок леса для геологоразведки [23], [24]. Ведь в настоящее время они отапливают свои вахтовые помещения соляркой, а её стоимость, с учётом необходимости доставки на значительные расстояния в труднодоступную местность, может превышать и 100 руб. за литр.

Важность рассматриваемого вопроса подтверждается ещё и тем, что он поднимается регулярно на совещаниях самого высокого уровня. Например, на прошедшем весной 2023 г. заседании Экспертно-консультативного совета по лесному комплексу при Комитете Совета Федерации по аграрно-продовольственной политике и природопользованию с участием представителей Минстроя и ЖКХ, Министерства природных ресурсов и экологии, Минпромторга, Министерства экономического развития, Рослесхоза, Торгово-промышленной палаты, отмечалось, что стоимость одной котельной на пеллетах доходит до 40 млн руб., а стоимость 1 МВт получаемой на такой котельной энергии примерно в 2 раза дороже, чем на ископаемом топливе. Это подтверждает утверждение многих специалистов отрасли о том, что «зелёная» энергия на пеллетах в большей части политика, а не экономика [25], [26]. Когда власти Польши отказались выделять субсидии частным домовладениям и организациям, получавшим тепловую энергию из древесных пеллет, эта «зелёная» энергетика буквально за полгода вышла из «моды», а ведь это достаточно широкий сегмент бизнеса — не только производство и транспортировка пеллет, но и производство котлов и вспомогательного оборудования котельных. И пока руководство Евросоюза не указало властям Польши на необходимость возобновления выделения субсидий, данный вид «зелёной» энергетике не только не развивался в Польше, но и значительно сократился, особенно с учётом того, что тогда полякам был доступен дешёвый трубопроводный газ из Российской Федерации.

Отдельным вопросом в рассматриваемой проблемной области является расчистка и использование древесины с горельников [27—30]. Например, этот вопрос поднимался на выездном заседании Совета по вопросам развития лесного комплекса Российской Федерации при Совете Федерации Федерального Собрания России, которое состоялось



во Владивостоке 13.07.2023 г. Согласно опубликованной Комитетом по лесу общероссийской общественной организации «Деловая Россия» стенограмме данного заседания, Председатель Правительства Республики Саха (Якутия) А. В. Тарасенко указал, что «...одна из самых главных проблем республики — это проблема горелого леса. Огромнейшая проблема, и её надо решать, надо чистить лес. Мы просим, чтобы продумали программу поддержки по формированию закупки промышленного оборудования на переработку этой древесины. ...В Якутии огромные площади горелого леса, и его надо убирать».

Данный вопрос технически стоит отдельно от рассматриваемых в данной статье решений, поскольку оценивать запас горелой древесины, в зависимости от первоначальных таксационных характеристик сгоревшего насаждения и характеристик пожара, нужно отдельно. Разработка горельников также является отдельной технической задачей, со своими проблемами и техники безопасности, и работы машин. Как известно, физико-механические свойства древесины, повреждённой пожаром, достаточно сильно меняются, и в большом диапазоне. Кроме этого, торрефицированная пожаром древесина содержит большое количество очень твёрдых абразивных частиц, что требует специальных воздушных фильтров для лесных машин и бензиномоторных пил [31], [32], а это, скорее всего, будет приводить к повышенному износу ножей рубительных машин и прессового оборудования, в случае, если оптимальным вариантом переработки такой древесины будет выбрано производство из неё топливных брикетов. Но также вопрос эффективной расчистки горельников, включая оптимальное использование повреждённой пожаром древесины, затрагивает следующую составляющую лесозаготовительного производства — лесовосстановительные работы.

В области лесовосстановительных работ, за счёт качественной очистки лесосек от порубочных остатков, можно не только существенно упростить основной технологический процесс подготовки почвы под посадку или последующее естественное лесовосстановление [33], [34], но ещё из измельчённых порубочных остатков прямо на месте потребления возможно успешно делать мульчу, которая будет предохранять почву от пересыхания, а также сдерживать прорастание сорной травянистой растительности [35].

Резюмируя, можно отметить, что сбор и эффективное использование (переработка, утилизация) порубочных остатков, очевидно, соответствуют концепции «бережливого производства» на всех фазах лесозаготовительного производства, а следовательно, способствуют продвижению данной концепции в лесном комплексе в целом.

### 3. Результаты

Как уже было отмечено выше, к порубочным остаткам принято относить кроновую часть заготовленных деревьев (сучья, ветви, ассимиляционный аппарат, вершины), обломки сломавшихся стволов, откомлёвки, оставшиеся на лесосеке после проведения лесосечных работ [36—38].

Порубочные остатки необходимо убирать с территории лесосеки, согласно требованиям пункта 12 (подпункт к) Правил заготовки древесины и особенностей заготовки древесины в лесничествах, указанных в статье 23 Лесного кодекса Российской Федерации, утверждённых приказом Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации от 01.12.2020 г. № 993.

Уборка порубочных остатков с территории лесосеки, иногда называемая лесозаготовителями «подбор», преследует решение трёх основных задач [39].

- Во-первых, противопожарная. В большинстве случаев именно она считается наиболее важной, т. к. вероятность перехода низового пожара на неочищенной от порубочных остатков вырубке в верховой на порядок выше, чем на очищенной. Да и возможность возникновения самого лесного пожара не очищенной вырубке значительно выше [40]. Именно высохшие на солнце порубочные остатки являются прекрасным лесным горючим материалом, для которого достаточно буквально искры, часто природного характера, чтобы сработала «лесная пожарная триада» и начался лесной пожар — неконтролируемое распространение огня в лесу. Особенно этот аспект важен для регионов с резко континентальным климатом, для которого характерны низкая влажность воздуха и высокие летние температуры, вкуче со значительной инсоляцией.

Полезно также помнить, что более половины лесов Российской Федерации располагаются на вечной мерзлоте (леса криолитозоны) [41], [42]. Для них характерна крайне низкая активность почвенной биоты [43], [44], разлагающей порубочные остатки в гумус, поэтому на таких вырубках неубранные порубочные остатки могут много лет ждать своего пожара.

- Во-вторых, фитопатологическая. Эта задача ставится во главу угла в регионах, подверженных вспышкам насекомых-вредителей, для которых крупные порубочные остатки и пни могут служить и кормовой базой, и маточным хозяйством — для заселения их личинками будущих поколений [45]. В этом смысле, помимо порубочных остатков, опасность представляют также и пни, которые в ряде случаев приходится окоривать, во избежание вспышек размножения насекомых-вредителей. Хотя с этим вполне помогает и лесная фауна, например, медведи с удовольствием окоривают пни и поедают найденных там личинок.

- В-третьих, содействие последующему естественному лесовосстановлению. Очевидно, что когда вся поверхность вырубки забросана ковром значительной толщины порубочными остатками, то пробиться сквозь них семенам от семенных деревьев крайне сложно. Впрочем, и при искусственном лесовосстановлении, с каждым годом получающем всё большее

распространение в Российской Федерации, сплошной ковёр порубочных остатков будет мешать посадке сеянцев (саженцев), как с открытой, так и с закрытой корневой системой [7], [46].

В ряде литературных источников к очистке вырубок в целях обеспечения последующих работ по искусственному лесовосстановлению относят также корчёвку или понижение пней [47—49], но данный процесс в настоящей статье рассматриваться не будет. Хотя с точки зрения дальнейшего использования в качестве биотоплива выкорчёванные пни успешно используют в странах Европы. Например, в Финляндии и Швеции достаточно часто можно встретить на обочинах дорог сохнувшие на солнце кучи пней, которые в дальнейшем собирают, отряхивают от земли и вывозят в котельные или измельчают в топливную щепу при помощи мобильных рубительных машин, оснащённых колунами, прямо на месте.

Для очистки вырубок от порубочных остатков рекомендованы следующие способы, перечисленные в приказе Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации от 27.06.2016 г. № 367 «Об утверждении видов лесосечных работ, порядка и последовательности их проведения, формы технологической карты лесосечных работ, формы акта осмотра лесосеки и порядка осмотра лесосеки»:

- Во-первых, «укладкой порубочных остатков на волокнистые материалы с целью их укрепления и предохранения почвы от сильного уплотнения и повреждения при трелёвке». Данный вариант является одним из наиболее распространённых в Российской Федерации, особенно при проведении лесосечных работ на лесосеках со слабой несущей способностью почвогрунтов (III и IV категории) в тёплый период года. Во многом его распространение связано с тем, что более половины территории лесного фонда нашей страны находится именно на почвогрунтах III и IV категории. Обычно такой вариант очистки от порубочных остатков производится одновременно с проведением основных лесосечных работ, когда сразу после валки дерева, его очистки от сучьев и обрезки вершины кроновая часть укладывается на пасечный трелёвочный волок. Иногда часть порубочных остатков перемещают на магистральный трелёвочный волок, особенно на места с максимальной грузовой работой [50—52]. Но отметим, что хотя большая часть порубочных остатков при таком варианте очистки лесосеки будет собрана и уложена на волокне во время проведения основных лесосечных работ, после их окончания всё равно придётся делать доочистку в бесснежный период, поскольку часть кроны отвалится при падении дерева и его подтаскивании в зону обработки, если работает харвестер [53].

Такой вариант очистки от порубочных остатков имеет два существенных достоинства — позволяет укреплять ездovую поверхность трелёвочных волокон, что значительно снижает интенсивность колееобразования, степень повреждения почвогрунтов, нагрузки в трансмиссии лесных машин и расход топлива [54], [55], а также разрушать порубочные остатки (вдавливать их в почвогрунт, что делает их пожаробезопасными, неинтересными насекомым-вредителям) и создаёт условия для их более быстрого перегнивания, удобряя тем самым лесную почву и улучшая

лесорастительные условия для следующей сукцессии леса (фото 1). Здесь также полезно упомянуть тот факт, что около 70% всех зольных веществ, находящихся в дереве, находится именно в кроновой части [56], и её перегнивание эффективно обеспечивает лесную почву необходимыми неорганическими веществами.

При использовании способа очистки укладкой на волоке надо учитывать, что данный вариант необходимо исполнять именно во время производства основных работ, поскольку для качественного вдавливания порубочных остатков в ездovou поверхность волока потребуется значительное количество рейсов по ним лесных машин. И если это делать по окончании основных работ, то придётся вхолостую гонять трелёвочную технику, а это затраты времени и средств.

При трелёвке хлыстов в полупогруженном положении иногда наблюдается смещение уложенных на волок порубочных остатков волочащейся частью пачки. Но обычно они не смещаются с трассы волока.



**Фото 1.** Раздавленные и вмятые в почву порубочные остатки на пасечном трелёвочном волоке (Красноярский край)

**Photo 1.** Crushed and squeezed into the soil felling residues on the skidding line (Krasnoyarsk Territory)

- Во-вторых «сбором порубочных остатков в кучи и валы с последующим сжиганием их в пожаробезопасный период». Перед подробным рассмотрением данного способа очистки вырубок от порубочных остатков отметим разницу между терминами «кучи» и «валы». Этот и последующие способы очистки лесосек выполняются после завершения основных лесосечных работ, в отличие от предыдущего.

При выборочных и сплошных рубках с сохранением равномерно расположенного подроста хозяйственно ценных пород порубочные остатки на пасаках приходится собирать вручную. Это малопроизводительный и достаточно тяжёлый физически ручной труд. Когда сбор порубочных остатков в определённые места производится вручную, их укладывают в кучи [57].

После сплошных рубок без сохранения подроста хозяйственно ценных пород порубочные остатки можно собирать при помощи специальных грабельных подборщиков, представляющих собой, как правило, навесное оборудование к трелёвочному трактору. В этом случае подборщик укладывает порубочные остатки в валы по заранее размеченным вешками линиям [58].

В пожаробезопасный период эти кучи (или валы) сжигаются по одной, от периферии к центру лесосеки. Это далеко не оптимальный вариант по следующим соображениям: прежде всего, после такой утилизации порубочных остатков возникают очаги сильного термического поражения почвы (как кострища в лесу), на которых потом довольно долго ничего не растёт [59]. Кроме этого, такой вариант требует определённых трудозатрат работников, занимающихся сжиганием, и достаточно приличных затрат горючего, чтобы кучи или валы полностью сжечь. Достаточно часто для сжигания куч порубочных остатков используют отработанные автомобильные покрышки, которые позволяют поддерживать огонь до полного сжигания порубочных остатков. Для доставки покрышек на вырубку часто используют автолесовозы, на коники которых, при холостом рейсе за древесиной, их одевают. Хотя основные задачи очистки вырубки от порубочных остатков решаются, в результате они становятся не пожароопасными, неинтересными насекомым-вредителям, а зола даже способствует удобрению лесной почвы. Но экологический ущерб от сжигания автомобильных покрышек в данном случае необходимо учитывать, также как и расход керосина (бензина).

Согласно требованиям постановления Правительства Российской Федерации от 07.10.2020 г. № 1614 «Об утверждении Правил пожарной безопасности в лесах», после завершения сжигания порубочных остатков они тщательно засыпаются землёй или заливаются водой до полного прекращения тления. Укладка порубочных остатков длиной не более 2 м в кучи или валы шириной не более 3 м должна быть на расстоянии не менее 10 м от прилегающих лесных насаждений. Расстояние между валами должно быть не менее 20 м.

- В-третьих, «сбором порубочных остатков в кучи и валы с оставлением их на месте для перегнивания и для подкормки диких животных в зимний период». В данном варианте

кучи или валы получают при тех же условиях и теми же способами, что и в предыдущем варианте. Только кучи собирают на пнях, вниз укладывают по правилам крупные порубочные остатки, а сверху засыпают слоем древесной мелочи от 0,7 м. Конечно, при сборе порубочных остатков в валы грабельным подборщиком эти рекомендации выдержать невозможно.

Данный вариант позволяет не тратить силы и средства на сжигание, не приводит к термическим поражениям почвы, но не гарантирует от участия куч или валов в лесном пожаре, если он возникнет, и от заселения насекомыми-вредителями.

- В-четвёртых, «разбрасыванием измельчённых порубочных остатков в целях улучшения лесорастительных условий». Надо отметить, что такой вариант очистки вырубок от порубочных остатков в отечественной и в зарубежной практике рассматривается несколько по-разному. В Российской Федерации под измельчением понимают распиливание крупных порубочных остатков на длину до 1—1,5 м, а за рубежом, например в Европе, — измельчение при помощи прицепной или самоходной рубительной машины, или мульчером, или ротоватором. Очевидно, что иностранный вариант такого способа значительно затратнее, но и значительно эффективнее. Щепка достаточно быстро перегниёт, изначально не подходит для заселения насекомыми-вредителями, не мешает расти следующему поколению леса. Метровые порубочные остатки могут заселяться насекомыми-вредителями, будут мешать древесной поросли и перегниют довольно не скоро, особенно в лесах криолитозоны, а значит, будут являться лесным горючим материалом [60], [61].

- В-пятых, «укладкой и оставлением на перегнивание порубочных остатков на месте рубки». Надо отметить, что это наиболее спорный пункт упомянутого выше приказа Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации № 367, впервые появившийся вместе с выходом этого документа. По сути, его можно трактовать как «...или можно совсем ничего не делать с валяющимися на вырубке порубочными остатками...», поскольку данный вариант не предусматривает выполнения с порубочными остатками каких-либо транспортных или обрабатывающих операций. Конечно, с учётом нулевых затрат на очистку вырубок от порубочных остатков по данному варианту он наиболее интересен лесозаготовителям. Но он также максимально не подходит для качественного ведения лесного хозяйства, поскольку в этом случае рубка имеет большую пожароопасность, фитопатологическую опасность и затрудняет лесовосстановление. В практике работы лесозаготовительных предприятий удалённых регионов нашей страны данный способ очистки вырубок достаточно распространён, но в центральной России и на Северо-Западе он вызывает много нареканий от сотрудников лесничеств, приводит к штрафам «за недоочистку лесосек» и судебным разбирательствам. Хотя, очевидно, что если такой способ прописан в нормативном документе и зафиксирован в утверждённой технологической карте на разработку лесосеки, то формально прав лесозаготовитель, а не лесничество, при всей неправильности использования такого способа очистки рубки [62], [63].

Кроме этого, согласно уже упомянутому постановлению Правительства Российской Федерации от 07.10.2020 г. № 1614 «Об утверждении Правил пожарной безопасности в лесах»: «Лесосеки в хвойных равнинных лесах на сухих почвах с оставленными на перегнивание порубочными остатками должны отделяться противопожарной минерализованной полосой шириной не менее 1,4 м, а лесосеки площадью свыше 25 га должны быть, кроме того, разделены противопожарными минерализованными полосами указанной ширины на участки, не превышающие 25 га». Разумеется, создание минерализованных полос достаточно трудозатратное мероприятие, требующее использования специальной техники, которую придётся доставлять на вырубку, а значит, затрачивать и время, и средства.

▪ В-шестых, «вывозом порубочных остатков в места их дальнейшей переработки». В ряде случаев, особенно при проведении лесосечных работ в почвогрунтах с хорошей несущей способностью (I и II категории) в теплое время года, или при проведении лесосечных работ в зимний период, особенно при их концентрации, например, на верхнем складе, этот вариант наиболее предпочтителен. Часто порубочные остатки используют не только для укрепления пасечных и магистральных трелёвочных волоков [64], но и для укрепления ездовой поверхности лесовозных усов, которые, по определению, являются временными транспортными путями, сроком службы на разработку лесосеки [65], [66]. Поэтому порубочные остатки вполне могут прослужить весь необходимый период эксплуатации лесовозного уса, при этом существенно удешевив стоимость его строительства.

При небольшой дальности вывозки порубочные остатки можно измельчать при помощи уже упомянутых прицепных или самоходных рубительных машин на топливную щепу и снабжать ею близлежащие населённые пункты. Во времена СССР в средних и крупных лесопромхозах достаточно эффективно работали цеха ширпотреба, перерабатывавшие в т. ч. и часть крупных порубочных остатков [67].

В уже упомянутом приказе Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации № 367 также отмечено, что «указанные выше способы очистки мест рубок при необходимости могут применяться комбинированно». Например, часть порубочных остатков может направляться на укрепление ездовой поверхности трелёвочных волоков, при необходимости, а часть — на строительство лесовозных усов или иной вариант использования вне лесосеки [68].

Заканчивая анализ задач и способов очистки вырубок от порубочных остатков, отметим, что, согласно упомянутому приказу Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации № 367, в нашей стране «сжигание порубочных остатков сплошным палом не допускается». Хотя сплошной пал достаточно эффективно используется во многих странах мира. В отличие от сжигания порубочных остатков в кучах или валах, очевидно, он может производиться только в пожароопасный период, поскольку всю вырубку керосином не польёшь, и в этом самый большой недостаток данного способа. С другой

стороны, сплошной пал фактически представляет собой искусственный беглый низовой пожар, в результате которого не образуются очаги сильного термического поражения почвы, порубочные остатки не сгорают полностью, а только обугливаются, после чего значительно быстрее перегнивают, удобряя почву, становятся не пожароопасны и не интересны насекомым-вредителям [69].

### *3.1. Концентрация порубочных остатков*

В зависимости от технологии проведения лесосечных работ порубочные остатки могут концентрироваться, во-первых, на верхнем складе (у уса лесовозной дороги) — при трелёвке деревьев и их очистке от сучьев и, чаще всего, раскряжёвке на складе. Такой вариант в Российской Федерации менее распространён и относится к так называемой «канадской технологии заготовки древесины», при которой используется следующая система машин: валочно-пакетирующая машина (ВПМ) + трактор с пачковым захватом (скиддер) + процессор (сучкорезно-раскряжёвочная машина) [70]. В принципе по такому же варианту может работать одномашинный комплекс — валочно-трелёвочно-процессорная машина (ВТПМ), но в настоящее время такие машины в нашей стране не используются [71]. С одной стороны, это наиболее высокопроизводительный вариант системы машин и технологического процесса (не считая ВТПМ), с другой стороны, как уже было отмечено, он не очень распространён в нашей стране и применяется, в основном, на ряде крупных и средних лесозаготовительных предприятий Сибири [72], [73].

Конечно, неправильно утверждать, что при трелёвке деревьев на пасаках не останется порубочных остатков совсем. При валке дерева, особенно при трелёвке зимой в мороз, часть кроны отпадёт, и её впоследствии придётся убрать. В этой ситуации наиболее часто используемый вариант — весь объём порубочных остатков остаётся на пасаках при работе по наиболее распространённой в настоящее время в Российской Федерации скандинавской технологии заготовки древесины [53], [74]. При машинной заготовке наиболее распространённым вариантом заготовки по такой технологии является пара: харвестер (валочно-сучкорезно-раскряжёвочная машина) + форвардер (сортиментоподборщик), также такой технологический процесс могут выполнять одномашинные комплексы — харвардер или форвестер [71], [74], [75]. Но харвардеры в Российской Федерации в настоящее время не используются, а форвестеров (Ponsse Dual) до начала санкционной войны с нашей страной было закуплено всего около 30 шт. В настоящее время в Российской Федерации распространена механизированная (при помощи бензиномоторных пил) скандинавская заготовка (под форвардер). Впрочем, так или иначе, при скандинавской заготовке древесины весь объём порубочных остатков находится на пасаках. В ряде случаев значительная часть кроны при работе харвестера укладывается на пасечный трелёвочный волок и впоследствии приминается форвардером, но достаточно много случаев, когда порубочные остатки равномерно распределены по всей площади лесосеки [76]. К примеру, фото 2 сделано на вырубке в Иркутской области (2022 г.) после сплошной рубки спелых и перестойных



насаждений сосны машинным комплексом харвестер + форвардер с оставлением семенных деревьев. Как видно из фото 2, вырубка сплошным ковром покрыта порубочными остатками, часть из которых достаточно крупные — откомлёвки и верхние части ствола диаметром менее 16 см.

Надо отметить, что оставление верхних частей ствола диаметром менее 16 см на лесосеке в виде порубочных остатков характерно для многих многолесных районов Российской Федерации, это, например, Иркутская область, Красноярский край, Республика Саха (Якутия). Все эти районы объединяет отсутствие деревоперерабатывающих предприятий, использующих балансовую древесину (плитные заводы, целлюлозно-бумажные комбинаты (ЦБК) и т. д.), к которой и относится верхняя, тонкая, часть ствола [77], [78]. Помня о том, что со времён СССР в нашей стране не построили ни одного нового ЦБК, отметим, что при больших расстояниях вывозки эти вполне качественные балансы переходят в разряд низкотоварной древесины, себестоимость заготовки и транспортировки которой выше, нежели её продажная стоимость у потребителя [79]. В ряде случаев невостребованные вершинные (балансовые) сортименты оставляются лесозаготовителями на погрузочной площадке, на которой при разгрузке форвардеров формируют отдельный штабель (фото 3). В дальнейшем этот штабель сжигается, в пожароопасный период иногда закапывается или остаётся перегнивать.



**Фото 2.** Вырубка в Иркутской области

**Photo 2.** Logging site in the Irkutsk region

Но такой, можно сказать идеальный, вариант концентрации крупных порубочных остатков на площадке у дороги является, скорее, исключением. На большей части изученных вырубках крупные порубочные остатки и часть кроны валяются вперемешку (фото 4).



**Фото 3.** Штабель вершинных обрезков на погрузочном пункте в Республике Саха (Якутия)

**Photo 3.** A stack of tree tops at a loading point in the Republic of Sakha (Yakutia)

Согласно литературным источникам, объём кроновой части дерева, в процентах от объёма ствола, составляет 3—12 %. Более точные данные приведены в таблице 1.

Понятно, что на каждой конкретной лесосеке процентное отношение кроны относительно объёма стволовой древесины будет отличаться в ту или иную сторону, даже при одинаковом породном составе, в зависимости от возраста, размеров, бонитета, полноты насаждений. Например, согласно данным литературных источников, процент кроны у наиболее распространённых лиственных деревьев (берёза, осина) при диаметрах ствола на высоте груди 10—20 см составляет  $\pm 15\%$ , а при увеличении диаметра ствола до 30 см — уже только 3—5 %. У сосны и ели при тех же размерах ствола приводятся следующие данные: при диаметрах ствола на высоте груди 10—20 см составляет  $\pm 9\%$ , а при увеличении диаметра ствола до 30 см — уже только 4—5 % [80].

С одной стороны, основная масса порубочных остатков, подлежащих последующей уборке, образуется при сплошных рубках спелых и перестойных насаждений, ранее

называемых рубками главного пользования лесом, или финальной рубкой, или даже лесовозобновительной рубкой. Диаметры стволов на высоте груди в этих условиях достаточно сильно варьируются, но при этом нигде не учитывается широко распространённый в настоящее время вид рубки с вывозом получаемых сортиментов только от 14—16 см в диаметре и оставлением вершинной части на лесосеке. Следовательно, как минимум, можно ориентироваться на большие уровни процентного соотношения кроны к объёму ствола (по таблице 1).



**Фото 4.** Вырубка, покрытая вперемешку крупными (стволовыми) порубочными остатками и частями кроны (Красноярский край)

**Photo 4.** Felling site, covered with large (stem) felling residues and parts of the crown (Krasnoyarsk Territory)

**Таблица 1.** Объем сучьев, пней и корней у различных пород деревьев [80]

**Table 1.** The volume of branches, stumps and roots of various tree species [80]

Древесная порода	Объем коры (%) от объема ствола	Объем сучьев и ветвей (%) от объема ствола	Объем пней и корней (%) от объема стволов в полных спелых древостоях	
			Пней	Пней и корней
Сосна	10—17	4—10	8—12	18—25
Ель	7—5	5—12	10—12	25—30
Дуб	17—20	6—15	10—12	22—35
Берёза	—	3—8	8—10	22—24
Ольха	—	5—12	8—10	22—24
Осина	13—15	5—12	8—10	22—24

### 3.2. Машины и технологии для сбора порубочных остатков

При канадской технологии лесосечных работ, предусматривающей трелёвку деревьев, обрезку сучьев и раскряжёвку на верхнем складе, большая часть кроны, а также и неостребованные вершинные части древесных стволов (см. фото 3) остаются на площадке у лесовозной дороги.

При получении на пасеке и последующей трелёвке хлыстов, особенно при скандинавской технологии лесозаготовок, порубочные остатки, включая части стволовой древесины (откомлёвки и неостребованные вершинные резы), остаются на пасеках. В таблице 2 приведена классификация порубочных остатков.

Не считая рассмотренного выше варианта очистки лесосек путём оставления порубочных остатков на месте или их измельчения на месте мульчером или ротатором, во всех остальных случаях сбор порубочных остатков представляет собой транспортную технологическую операцию, при которой изменяется месторасположение предмета труда, но не производится его обработка.

Порубочные остатки представляют собой распределённые по площади ультрамалообъёмные лесоматериалы, собирать которые при машинном способе лучше всего широкозахватным технологическим оборудованием.

Если кратко рассмотреть историю развития транспортно-технологических систем для сбора порубочных остатков, то рассмотрение этого вопроса хорошо начать с классификационной схемы на рисунке 1. Как видно из данной схемы, по конструкции транспортно-технологические системы для сбора порубочных остатков подразделяются на следующие виды с [81]:

- грабельным или челюстным собирающим органом;
- навесным или прицепным оборудованием;
- механическим или гидравлическим приводом собирающего органа;

- передним или задним (по отношению к трактору) расположением собирающего органа;
- базированием на трелёвочных тракторах или тракторах общего назначения.

**Таблица 2.** Классификация порубочных остатков [80]

**Table 2.** Classification of felling residues [80]

Наименование	Определение, ГОСТ, ОСТ, ТУ
Сучья	Отходящие от ствола одревесневшие боковые побеги дерева толщиной у основания более 3 см (ГОСТ 17462-84)
Ветки	Отходящие от сучьев малоодревесневшие или недревесневшие боковые побеги дерева толщиной у основания 3 см и менее (ГОСТ 17462-84)
Древесная зелень	Хвоя, листья, почки и недревесневшие побеги древесно-кустарниковой растительности толщиной у основания менее 1 см (ГОСТ 21769-84)
Откомлёвки	Короткие обрезки комлевой части ствола, отрезаемые для выравнивания комлевого торца или для выборки протяжённости ствола, содержащего внутреннюю гниль
Тонкомер*	Вершинные части ствола диаметром до 14 см
Хворост**	Тонкие стволы деревьев толщиной в комле до 4 см

*Примечание.* \* Понятие тонкомер сформулировано на одноимённом общепринятом понятии, относящемся к сортиментам, с учётом уже вышедшего из обхода понятия «подтоварник». В действительности, как показывает практика, диаметр тонкомера, оставленного на лесосеке, может достигать и 16 см. \*\* Больше относится к расчистке линейных объектов и других площадей.

Как было отмечено выше, после выборочных рубок и после сплошных рубок, с сохранением равномерно распределённого по площади подроста главных древесных пород, сбор порубочных остатков производится вручную. При этом производительность на этой операции крайне небольшая. В исследовании [82] приведены следующие данные по возможной производительности на ручной очистке вырубок от порубочных остатков, в зависимости от вида трелюемых лесоматериалов, сезона проведения лесосечных работ и состава насаждения (таблица 3).

Первые попытки механизации ручного сбора порубочных остатков заключались в том, что к трактору крепили специальную сетку из стальных канатов. Порубочные остатки укладывались на неё высотой до 1,7 м. Затем сетка заворачивалась при помощи лебёдки трактора и производилась её транспортировка. При разгрузке один конец сетки отцепляли; сетка разворачивалась при движении трактора, и порубочные остатки оказывались на земле [83].

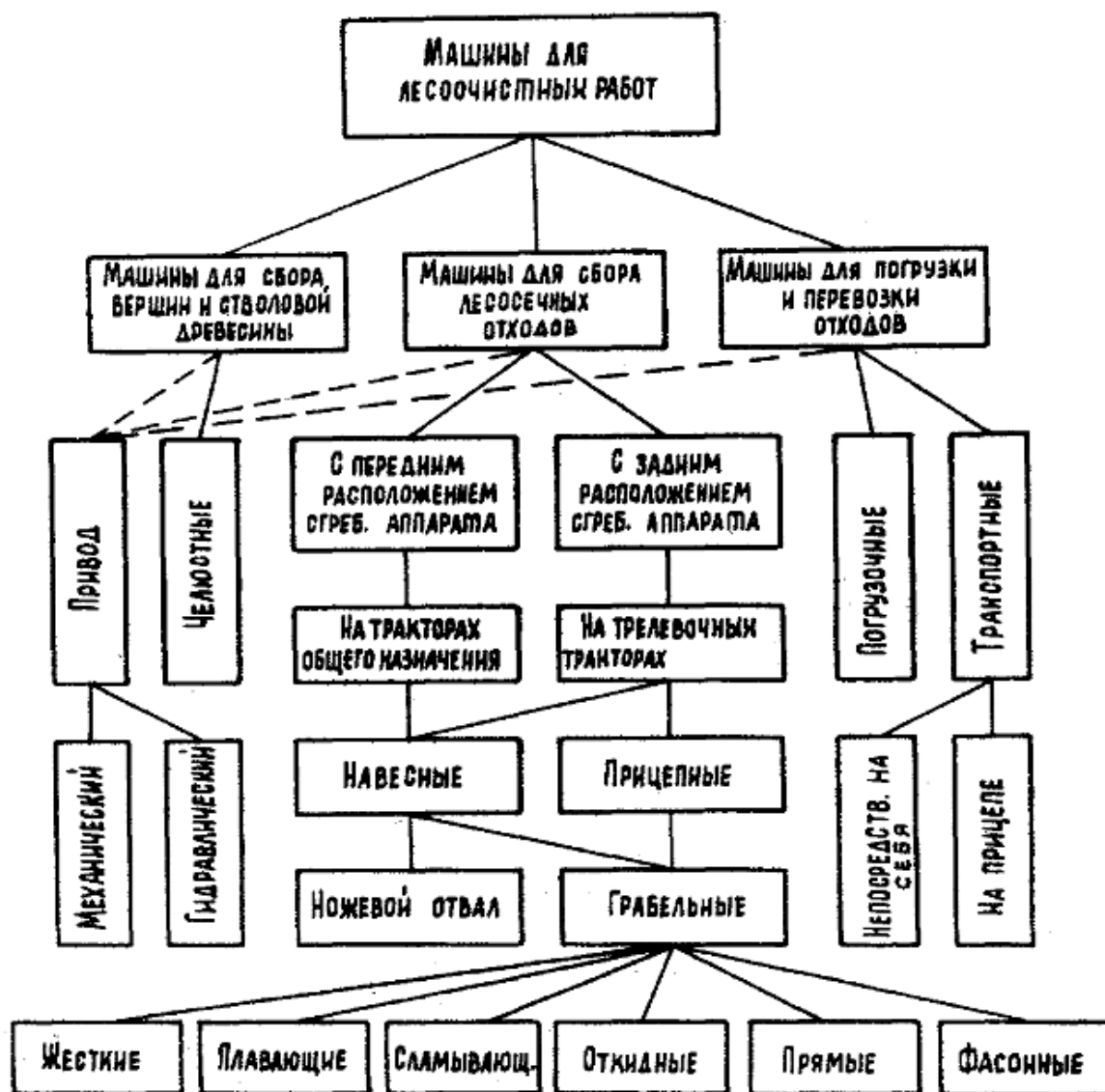


Рисунок 1. Классификация транспортно-технологических систем для очистки лесосек [84]

Figure 1. Classification of transport and technological systems for cutting areas clearing [84]

Известно, что при сборе равномерно разбросанных по вырубке порубочных остатков, после сплошной рубки без сохранения подроста, как, например, рассмотренная выше вырубка в Иркутской области, на которой произрастал практически чистый сосновый древостой, или, например, после рубки лиственничного древостоя лучше всего использовать грабельный подборщик [81], представляющий собой трелёвочный трактор со специальным навесным технологическим оборудованием (фото 5).

**Таблица 3.** Нормы выработки на очистке вырубок от порубочных остатков вручную, га за чел.-день (смена 7 ч) [82]

**Table 3.** Production standards for cutting site clearing from felling residues manually, ha per person-day (7 hour shift) [82]

Насаждения	Трелёвка			
	деревьев		хлыстов	
	зимой	летом	зимой	летом
Елово-пихтовые	0,18	0,22	0,2	0,24
Сосновые	0,30	0,35	0,4	0,45
Лиственные	0,2	0,25	0,25	0,26
Смешанные	0,19	0,23	0,23	0,26

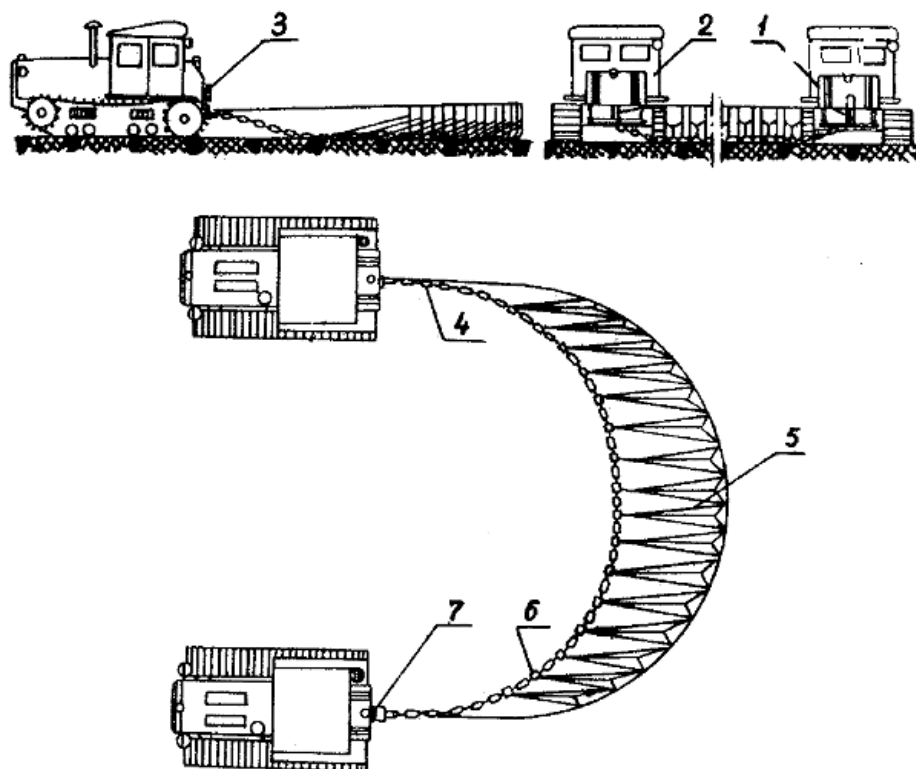


**Фото 5.** Грабельный подборщик ПСГ-2,4/ПСГ-2,9 на базе гусеничного трактора ТДТ-55А

**Photo 5.** The PSG-2,4/PSG-2,9 site-prep rake, based on the TDT-55A crawler tractor

Прообразом представленного на фото 5 грабельного подборщика был подборщик траловый (рисунок 2), технологическое оборудование которого было выполнено в виде трала с двумя тетивами, натягиваемыми между двумя тракторами и снабжёнными собирателями, которые были изготовлены из отрезков канатов, образующих трёхгранную призму. При работе устройства передняя приводная тетива, изготовленная из круглозвенной цепи, совершала вращательное движение по ходу трактора, таким образом, цепь, катящаяся по всему фронту между тракторами, преодолевала препятствия и подбирала порубочные остатки, пропуская их через себя. Отходы накапливались на несущих органах трала.

Но широкого применения это устройств не получило. Во многом это было связано со следующими причинами: для натягивания трала необходимо два трактора и сложна конструкция самого трала [84].



**Рисунок 2.** Траловый подборщик для сбора порубочных остатков [84]: 1, 2 — тракторы; 3 — реверсивная коробка лебёдки; 4 — приводная передняя тетива; 5 — канатные отрезки верхней тетивы; 6 — подшипниковое кольцо; 7 — холостой вертлюг

**Figure 2.** Trawling pick-up for collecting felling residues [84]: 1, 2 — tractors; 3 — reversible winch box; 4 — drive front string; 5 — rope segments of the upper string; 6 — bearing ring; 7 — idle swivel

В работе [82] приведены следующие данные по возможной производительности на очистке вырубок от порубочных остатков грабелем подборщиком, в зависимости от запаса леса на гектар и размеров вырубки (таблица 4).

Как видно при сравнении таблиц 3 и 4, во-первых, производительность машинной очистки вырубок от порубочных остатков не зависит от состава насаждений, вида трельюемых лесоматериалов и сезона проведения лесосечных работ; во-вторых, минимальная норма выработки (для самых неблагоприятных условий) на машинной очистке более чем в 6 раз превышает максимальную норму выработки на ручной очистке вырубок (для самых благоприятных условий).



Не лишним будет отметить такой факт, что большинство современных лесозаготовительных предприятий заготавливает лес посредством различных лесозаготовительных машин, а не при помощи бензиномоторных пил. В связи с этим численный состав лесозаготовительных бригад, в большинстве случаев, довольно небольшой — обычно 5—6 человек [85]. Причём это высококвалифицированные и дорогостоящие операторы, которых не поставишь на ручной сбор порубочных остатков [86]. Набирать бригады на очистку лесосек из местного населения получается далеко не всегда. Даже при предложении сравнительно высокой оплаты за этот достаточно физически тяжёлый труд собрать бригаду на очистку, по разным, обычно социально-демографическим, причинам не получается [87].

**Таблица 4.** Нормы выработки на очистке вырубок от порубочных остатков грабельным подборщиком, гектаров в смену (смена 7 ч) [82]

**Table 4.** Production standards for cutting site clearing from felling residues with a site-prep rake, ha per shift (7 hour shift) [82]

Длина гона, м	Запас леса на 1 га, м <sup>3</sup>		
	до 80	80—120	121 и более
100	3,0	3,0	2,9
200	3,4	3,4	3,4
300	3,6	3,6	3,5
400	3,7	3,7	3,6
500	3,8	3,7	3,6

Большой проблемой в настоящее время является практически полная ликвидация отечественного лесного машиностроения, в связи с чем найти базовый трактор для грабельного подборщика крайне сложно [88—90]. Применяемые, в основном на российских лесозаготовительных предприятиях, колёсные форвардеры для этого не приспособлены, а гусеничной техники, способной обеспечить требуемую силу тяги, практически нет [91], [92].

В сельском хозяйстве также используют принцип грабельной подборки, например сена (фото 6), при помощи навесного технологического оборудования. Но проблема в том, что на обрабатываемых сельскохозяйственных полях нет пней, камней и т. п. препятствий. У лесных подборщиков ПСГ-2,4/ПСГ-2,9, ЛТ-161 и других каждый зуб установлен на индивидуальном шарнире, который позволяет зубу подниматься вверх при встрече с подобным препятствием и вновь опускаться после его прохождения [93].

В этой связи, вероятно, можно рассмотреть вариант производства несложного по конструкции прицепного грабельного подборщика на основе достаточно старого технического решения — конструкции В. П. Шевкунова. Она напоминает конные санные

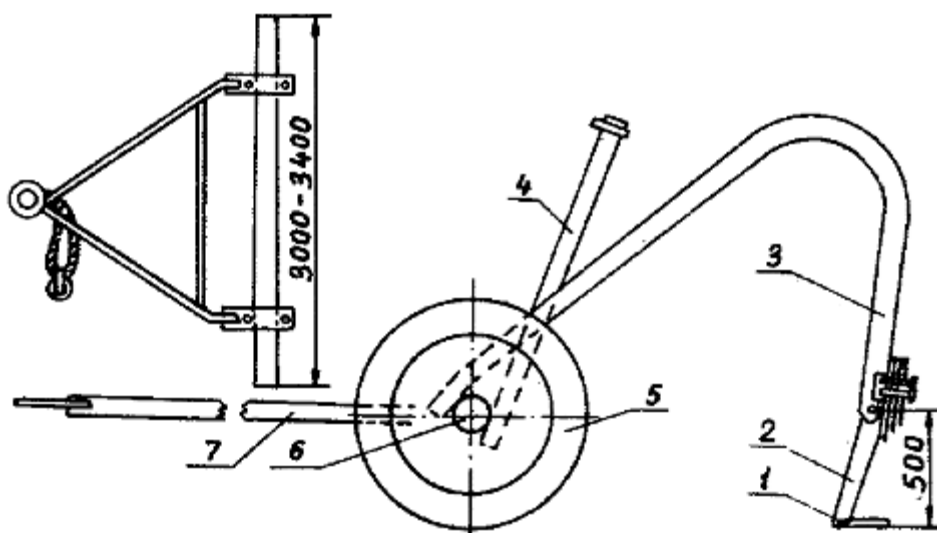
грабли (рисунок 3) и является прицепом к трактору. На переднем конце — дышло рядом с серьгой тросовой петлёй закрепляется блок, через который проходит рабочий канат лебёдки трактора к кольцу рычага подъёма зубьев; восемь основных собирающих зубьев шарнирно крепятся к оси независимо друг от друга. К основному собирающему зубу шарнирно прикреплен малый откидной зуб, к концу которого приварена пластинчатая «подошва». Для ограничения отклонения откидного зуба к основному зубу присоединены рессорные листы, удерживающие конечную часть зуба при сборе сучьев. При встрече с препятствием рессора отжимается и зубья, поднимаясь и пропуская его, затем становятся в исходное положение [84].



**Фото 6.** Сенной грабельный подборщик

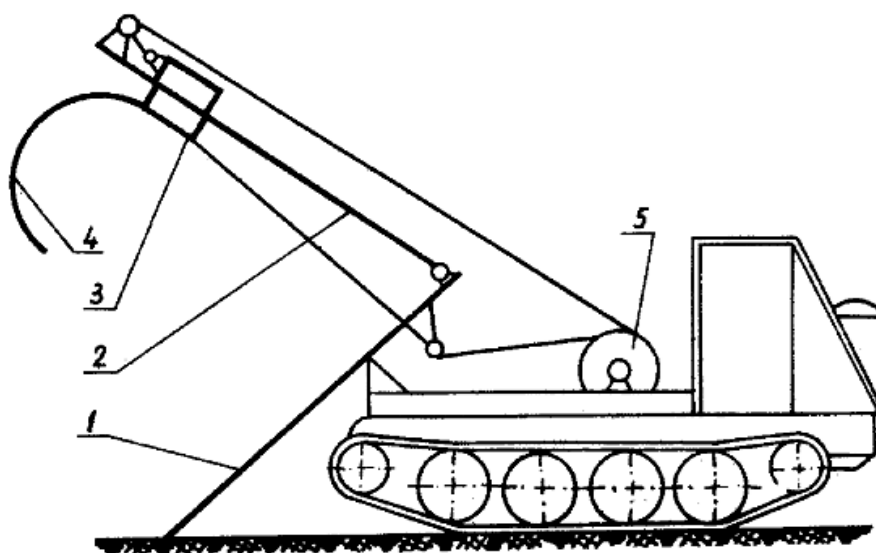
**Photo 6.** Hay rake pick-up

При ручном сборе порубочных остатков в кучи, как уже было отмечено, их собирают на крупных пнях, стараясь делать кучи побольше, но носить при этом поменьше. Собрать потом порубочные остатки из этих куч для последующей вывозки к месту переработки, например верхнему складу, достаточно сложно. Хотя из старых и простых конструкций для решения данной задачи вполне возможно использовать съёмное навесное устройство к чокерному трелёвочному трактору (рисунок 4). На щите трактора закрепляется качающаяся рама, на которой свободно перемещается каретка с зубьями-захватами. Для подъёма каретки используется лебёдка трактора. Трактор с опущенным щитом и поднятой рамой подходит к предварительно сформированной вручную куче порубочных остатков, задним ходом сдвигая её. Затем рама опускается, захваченные зубьями порубочные остатки натяжением каната уплотняются на щите, щит поднимается, и трактор совершает грузовой ход [84].



**Рисунок 3.** Схема прицепного подборщика В. П. Шевкунова [84]: 1 — пластинчатая «подошва»; 2 — малый откидной зуб; 3 — основной собирающий зуб; 4 — рычаг подъёма зубьев; 5 — колесо; 6 — ось; 7 — дышло

**Figure 3.** Scheme of V. P. Shevkunov's trailer pick-up [84]: 1 — backing plate; 2 — small folding claw; 3 — main collecting claw; 4 — claw lifting lever; 5 — wheel; 6 — axle; 7 — drawbar

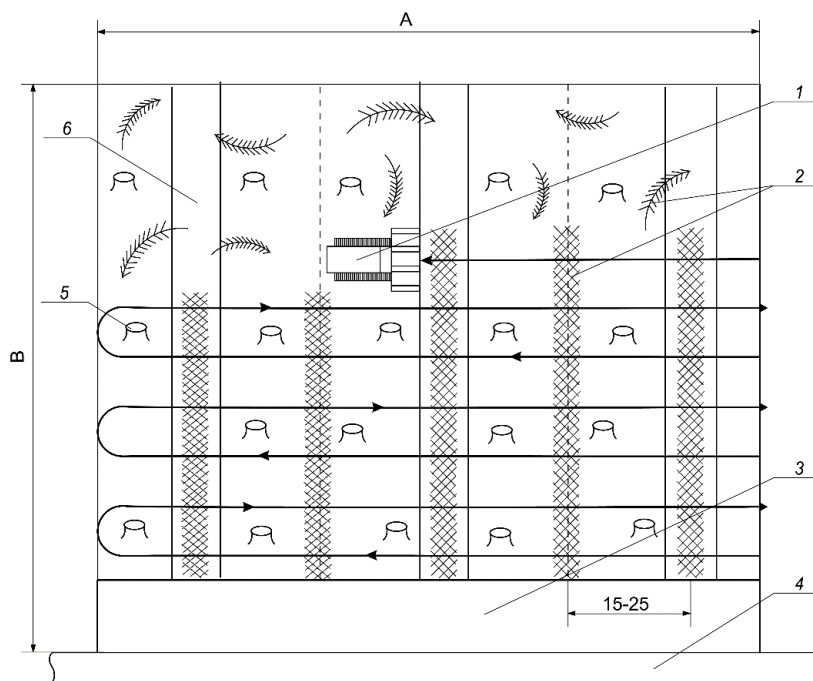


**Рисунок 4.** Схема подборщика порубочных остатков из предварительно сформированных куч [84]: 1 — щит; 2 — рама; 3 — каретка; 4 — зубья-захваты; 5 — лебёдка

**Figure 4.** The scheme of pick-up performance collecting felling residues from pre-formed heaps [84]: 1 — shield; 2 — frame; 3 — carriage; 4 — grippers; 5 — winch

При машинной очистке вырубок перед началом работы грабельного подборщика на вырубке выставляют хорошо видимые оператору вешки, которые образуют оси создаваемых подборщиком валов. Ходы подборщика назначаются перпендикулярно осям валов порубочных остатков, обычно поперёк пасечных волоков (рисунок 5). В начале гона подборщик опускает грабельный аппарат и следует к оси первого вала, достигнув которой, поднимает грабельный аппарат, оставляя собранные по пути порубочные остатки. Вновь опускает грабельный аппарат и следует до оси второго вала, и т. д. Достигнув конца гона, погрузчик смещается на ширину захвата грабельного аппарата и движется в обратную сторону. При этом цикл сбора валов повторяется.

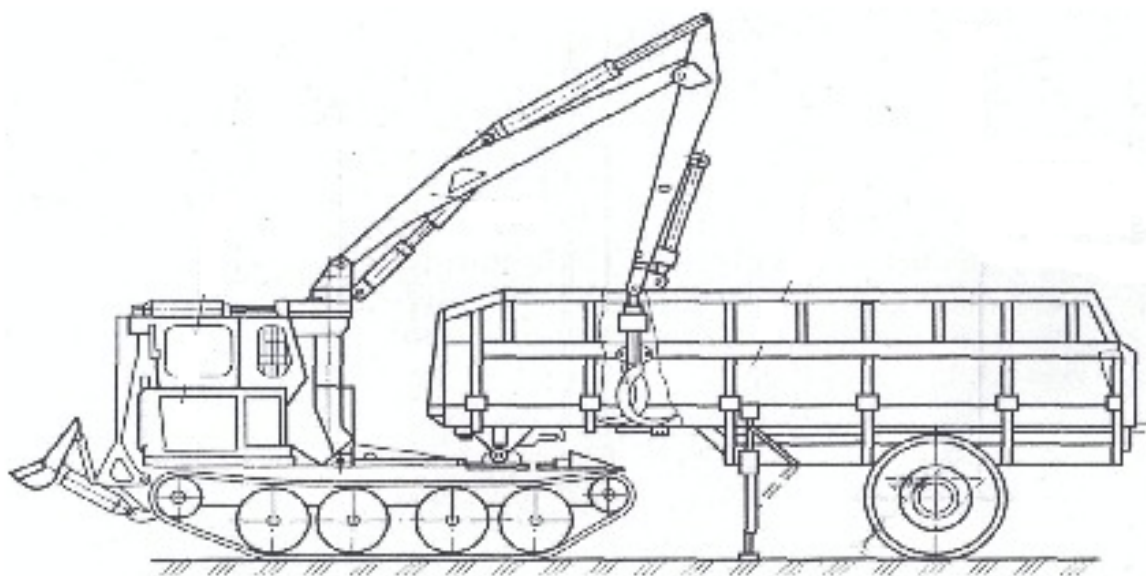
После окончания работы грабельного подборщика или его перемещения на расстояние зоны безопасности, если планируется сбор и вывоз порубочных остатков для последующего использования, приступает к работе манипуляторный подборщик, оснащённый кузовом для порубочных остатков, представляющим собой прицепное технологическое оборудование к бесчokerному трелёвочному трактору (рисунок 6), или форвардер с модернизированной грузовой платформой.



**Рисунок 5.** Схема очистки вырубок грабельным подборщиком от порубочных остатков [82]: 1 — грабельный подборщик сучьев; 2 — порубочные остатки; 3 — зона безопасности; 4 — лесовозный ус; 5 — вырубка; 6 — пасечный трелёвочный волок

**Figure 5.** Scheme of cutting site clearing from felling residues with a site-prep rake [82]: 1 — site-prep rake; 2 — felling residues; 3 — safety zone; 4 — secondary track road; 5 — felling site; 6 — skidding track

Конструкция захвата для сбора сучьев отличается от конструкции обычного захвата форвадера, поскольку захват для сортиментов вместе с порубочными остатками захватывает часть почвогрунта и не проникает в достаточной степени глубоко в кучу лесосечных отходов. Поэтому для этих целей используются грейферные захваты вильчатого типа (фото 7), объём захватываемого материала у них почти на 4 % больше, чем у захватов обычного типа [94].



**Рисунок 6.** Манипуляторный подборщик порубочных остатков

**Figure 6.** Manipulator slash collector of felling residues

Модернизация грузовой платформы форвадера путём установки дополнительных поддонов позволяет существенно увеличить её объём (фото 8). Если средний форвардер со стандартной грузовой платформой может трелевать около 4—5 м<sup>3</sup> порубочных остатков, то при соответствующей модернизации объём перевозимой пачки может быть увеличен до 8—14 м<sup>3</sup> [94].

Для повышения эффективности трелёвки порубочных остатков известна модернизация данного типа машин, направленная на уплотнение погруженных на грузовую платформу порубочных остатков (фото 9) [94].

Помимо использования модернизированных форвардеров, возможно использование прицепных модулей (для сбора и транспортировки порубочных остатков), агрегируемых с обычными тракторами (фото 10) [94]. То есть при вышеописанной технологии работает двухмашинный комплекс по сбору и перемещению порубочных остатков к усу лесовозной дороги.

В Республике Беларусь для очистки лесосек от порубочных остатков, с их последующим вывозом для дальнейшего использования, используют двухмашинный комплекс на базе тракторов МТЗ (фото 11) [95], [96].

В исследовании [97] предложен одномашинный комплекс для сбора и перемещения порубочных остатков к усу лесовозной дороги (рисунок 7), представляющий собой базовый трактор с прицепным технологическим оборудованием — катком с шипами и навесным технологическим оборудованием — кузовом для порубочных остатков. Во время перемещения по вырубке каток, за счёт большого веса, накалывает крупные порубочные остатки на установленные на его внешнем корпусе шипы. По мере вращения барабана наколотые на шипы порубочные остатки доходят до фигурных прорезей края кузова, которые пропускают шипы, одновременно снимая наколотые порубочные остатки. После загрузки кузова машина, отцепив каток, может перемещаться к месту складирования собираемого груза. Такое техническое решение позволяет отказаться от мощного гусеничного трактора, поскольку сила сопротивления качению катка много меньше, чем сила сопротивления волочению по земле собираемых в грабли порубочных остатков.



**Фото 7.** Грейферное захватное устройство вильчатого типа [94]

**Photo 7.** Fork-type grappling unit [94]



**Фото 8.** Платформа форвардера для транспортировки порубочных остатков Ponsse Buffalo [94]

**Photo 8.** Forwarder platform for felling residues transportation, Ponsse Buffalo [94]

Как уже было отмечено, основную пожарную и фитопатологическую опасность представляют собой именно крупные порубочные остатки [45], а древесная мелочь, которую не может собрать представленная на рисунке 7 машина, опасности не представляет. Наоборот, она быстро сгниёт и удобрит почвенный слой на вырубке.



**Фото 9.** Грузовая платформа машины TimberPro 810B [94]

**Photo 9.** TimberPro 810B Truck Platform [94]



**Фото 10.** Машина для сбора и транспортировки порубочных остатков на базе сельскохозяйственного трактора марки Наву Нукка фирмы Vapo Oy [94]

**Photo 10.** A machine for collecting and transporting felling residues based on an agricultural tractor of the Howo Hoko brand of the Vapo Oy company [94]

Чем меньше размер оставляемых на вырубке порубочных остатков, тем быстрее произойдёт их биологическая деструкция (при прочих равных условиях). В связи с этим достаточно перспективным выглядит вариант использования для вывоза с лесосеки крупных порубочных остатков, например откомлёвок, при помощи минитракторов с кузовом на колёсном или гусеничном ходу. Загрузку этих порубочных остатков можно осуществлять вручную. В принципе при таком варианте тоже будет использоваться одномашинный комплекс.

Во время разработки лесосеки самым популярным в настоящее время в России и мире машинным комплексом харвестер + форвардер порубочные остатки могут укладываться на трелёвочные волокна (при плохих почвенно-грунтовых условиях) или в кучи на пасеке, сбоку от волокна (при хороших почвенно-грунтовых условиях). В последнем случае возможен эффективный сбор порубочных остатков, поскольку они будут сконцентрированы в кучи, объём которых коррелируется с количеством и породой деревьев, которые может обработать харвестер с одной технологической стоянки. За рубежом для сбора порубочных остатков при машинной скандинавской технологии лесосечных работ используют специальные машины, увязывающие их в пакеты и распиливающие в одинаковый размер по длине.





*а*



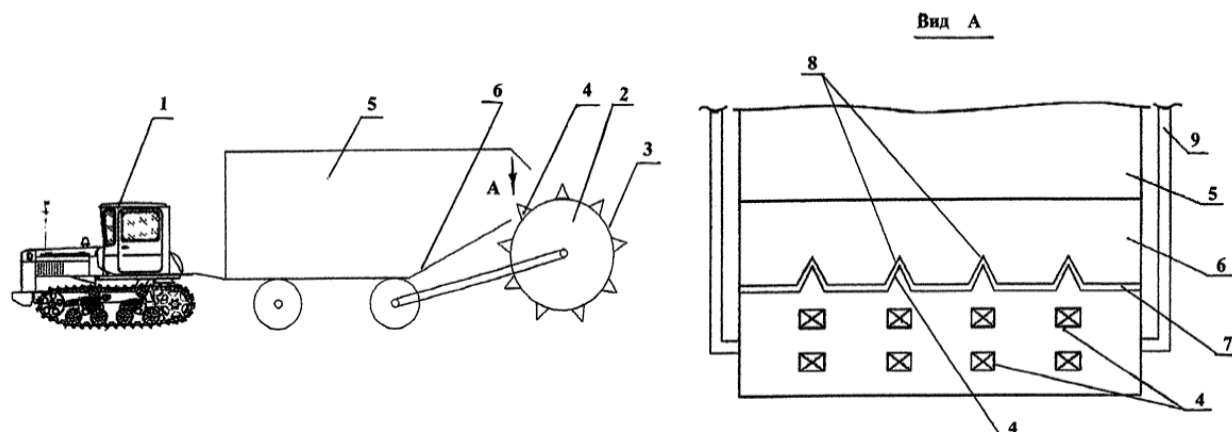
*б*

**Фото 11.** Двухмашинный комплекс для очистки лесосек от порубочных остатков с их последующим вывозом для дальнейшего использования на базе тракторов МТЗ [95]: *а* — грабельный подборщик с передней навеской на трактор; *б* — подборщик порубочных остатков из куч и валов для их последующего вывоза

**Photo 11.** A two-machine complex for cutting area clearing from felling residues, with their subsequent transportation for further use, based on MTZ tractors [95]: (**a**) a site-prep rake with a front mounted attachment to the tractor; (**b**) a collector of felling residues from piles for their subsequent transportation

Затем полученные пакеты порубочных остатков собирают и доставляют на погрузочный пункт обычным форвардером. После чего эти снопы могут быть вывезены автолесовозом к месту их дальнейшего использования (обычно к котельной, в которой они измельчаются в топливную щепу, а затем сжигаются для получения тепловой энергии). Различают пакетирующие установки с продольным по отношению к оси установки (фото 12) и боковым (фото 13) сбросом пакета [94]. В Российской Федерации опыт эксплуатации таких машин есть в Республике Коми на предприятии ООО «Лузалес».

Вместе с тем даже у увязанных в пакеты порубочных остатков коэффициент полндревесности невелик, что делает нерентабельным такой вариант их использования при перевозке на большие расстояния, которые, как уже отмечалось, характерны для Сибири и Дальнего Востока. Но как показывают результаты исследований, собранные порубочные остатки можно эффективно использовать для энергоснабжения лесных терминалов — непостоянных лесных складов типа 4 НС [19—21], [98—100].



**Рисунок 7.** Одномашинный комплекс для очистки вырубок от порубочных остатков [97]: 1 — базовый трактор; 2 — каток; 3 — рабочая поверхность катка; 4 — острые шипы; 5 — кузов; 6 — наклонная стенка кузова; 7 — верхняя кромка наклонной стенки кузова; 8 — фигурные прорези; 9 — кронштейны крепления катка к трактору

**Figure 7.** Single-machine complex for cutting site clearing from felling residues [97]: 1 — basic tractor; 2 — roller; 3 — working surface of the roller; 4 — sharp spikes; 5 — body; 6 — inclined body wall; 7 — upper edge of the inclined body wall; 8 — shaped slots; 9 —brackets for the roller mounting to tractor



**Фото 12.** Пакетирующий модуль Fiberpac на базе John Deere 1490D [94]

**Photo 12.** Fiberpac packaging module based on John Deere 1490D [94]



**Фото 13.** Пакетирующий модуль Wood Ras на базе форвардера Valmet [94]

**Photo 13.** Wood Ras packaging module based on Valmet forwarder [94]

#### 4. Выводы

Из представленного в статье обзора можно сделать следующие основные выводы:

1. Очистка лесосек от порубочных остатков является существенной проблемой, особенно в многолесных удалённых районах, в которых отсутствуют предприятия по переработке балансовой древесины.
2. Задача качественной очистки лесосек и эффективной переработки порубочных остатков, например в прессованное биотопливо, напрямую относится к концепции «бережливого производства в лесозаготовительном производстве».
3. В литературе нет сведений по прогнозному количеству порубочных остатков на вырубках при разработке лесосек современными системами машин, когда технология лесосечных работ предусматривает производство откомлёвки, отсутствует вывозка тонкомерных сортиментов.
4. Для эффективной переработки (утилизации) порубочных остатков в большей части случаев необходимо их предварительное измельчение.

*Исследование выполнено в рамках научной школы «Инновационные разработки в области лесозаготовительной промышленности и лесного хозяйства» Арктического государственного агротехнологического университета. Материалы исследования получены на средства гранта Российского научного фонда № 23-16-00092, <https://rscf.ru/project/23-16-00092/>.*

## Список литературы

1. *Королёва В. Б., Пащканг Н. Н.* Проблемы и перспективы внедрения концепции «бережливого производства» в сельском хозяйстве // Теория и практика современной экономики: Материалы нац. студ. научно-практич. конф. Рязань, 2023. С. 122—128.
2. *Маслова Е. С., Иванова И. В.* К вопросу развития концепции «бережливое производство» // Семьдесят пятая всероссийская научно-техническая конференция студентов, магистрантов и аспирантов с международным участием: Сб. материалов конф.: В 3 ч. Ярославль, 2022. С. 746—747.
3. *Седельникова И. М., Кукукина И. Г., Федоров О. В.* Методологический подход к оценке результативности концепции «бережливое производство» в российских промышленных компаниях // Известия высших учебных заведений. Серия: Экономика, финансы и управление производством. 2022. № 2 (52). С. 64—74.
4. *Поцулин А. Д., Шилов А. С.* Особенности внедрения концепции «бережливого производства» в организации // Наука, техника, промышленное производство: история, современное состояние, перспективы: Материалы научно-практич. конф. Владивосток, 2019. С. 440—442.
5. *Чебукова А. В., Гарипова Г. Р., Чернявская Я. С.* Методические основы внедрения «бережливого производства» // Качество в производственных и социально-экономических системах: сб. науч. тр. 7-й Междунар. научно-техн. конф. Курск, 2019. С. 188—190.
6. Повышение эффективности тушения лесных пожаров на основе прогнозных моделей их возникновения / О. И. Гринько, О. И. Григорьева, И. В. Григорьев [и др.] // Энергоэффективность и энергосбережение в современном производстве и обществе: Материалы Междунар. научно-практич. конф. Воронеж, 2020. С. 242—246.
7. *Рудов С. Е., Григорьева О. И., Григорьев И. В.* Эффективное восстановление лесов на вечной мерзлоте // Лесная инженерия, материаловедение и дизайн: Материалы 86-й научно-техн. конф. профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов (с междунар. участием). Минск, 2022. С. 38—41.
8. *Григорьев И. В., Куницкая О. А., Беляев Н. Л.* Актуальные проблемы лесозаготовительного производства в России на рубеже 2022 года // Комплексные вопросы аграрной науки и образования: Сб. науч. ст. по материалам Внутривуз. научно-практич. конф., посвящённой 65-летию высшего аграрного образования Республики Саха (Якутия) и Всерос. студ. научно-практич. конф. с междунар. участием в рамках «Северного форума — 2021». Якутск, 2021. С. 265—271.
9. Технология и оборудование лесопромышленных производств. Технология и машины лесосечных работ: Учеб. пособие / И. В. Григорьев, А. К. Редькин, В. Д. Валяжонков [и др.]. СПб.: Изд-во ЛТА, 2010. 330 с.
10. *Григорьев И. В., Куницкая О. А.* Оптимальный выбор лесовозного автопоезда // Транспортные и транспортно-технологические системы: Материалы Междунар. научно-техн. конф. / Отв. ред. Н. С. Захаров. Тюмень, 2019. С. 74—78.
11. *Григорьев И. В.* Перевозка лесоматериалов по железной дороге // Потенциал науки и образования: современные исследования в области агрономии, землеустройства, лесного хозяйства. Якутск, 2019. С. 5—9.
12. *Куницкая О. А., Беляев Н. Л.* Анализ методов измерений круглых лесоматериалов и их систем учёта в лесном комплексе // Комплексные вопросы аграрной науки и образования: Сб. науч. ст. по материалам Внутривуз. научно-практич. конф., посвящённой 65-летию высшего аграрного образования Республики Саха (Якутия)

- и Всерос. студ. научно-практич. конф. с междунар. участием в рамках «Северного форума — 2021». Якутск, 2021. С. 279—285.
13. *Шегельман И. Р., Полежаев К. В., Шукин П. О.* К оценке ресурсов биомассы дровяной древесины для производства щепы энергетического назначения // Наука и бизнес: пути развития. 2012. № 2 (8). С. 16—18.
  14. *Леонов Е. А., Федоренчик А. С., Ледницкий А. В.* Определение коэффициентов полндревесности отходов лесозаготовок // Труды Белорусского государственного технологического университета. Серия 2: Лесная и деревообрабатывающая промышленность. 2008. № 2. С. 57—60.
  15. Техничко-экономический анализ производства биотоплива из древесины / О. А. Куницкая, И. В. Григорьев, А. Б. Давтян [и др.] // Ремонт. Восстановление. Модернизация. 2020. № 12. С. 29—35.
  16. Технология и оборудование лесных складов и лесобрабатывающих цехов: Учебник / Под ред. В. И. Пятакина. М.: ГОУ ВПО МГУЛ, 2008. 384 с.
  17. Развитие циркулярной экономики в России: рынок биотоплива / А. А. Тамби, С. С. Морковина, И. В. Григорьев [и др.] // Лесотехнический журнал. 2019. Т. 9, № 4 (36). С. 173—185.
  18. Биотопливо в коммунальной энергетике: возможности использования // ЛесПромИнформ. 2023. № 4 (174) С. 12—14.
  19. *Куницкая О. А., Помигуев А. В.* Получение электроэнергии из отходов лесозаготовок и деревообработки // Управление земельными ресурсами, землеустройство, кадастр, геодезия и картография. Проблемы и перспективы развития: Сб. материалов Всерос. научно-практич. конф. с междунар. участием, посвящённой 255-летию землеустройству Якутии и Году науки и технологий. Якутск, 2021. С. 320—327.
  20. Теоретический анализ процесса брикетирования измельчённых древесных материалов в условиях лесного терминала / О. А. Куницкая, А. В. Помигуев, Д. Д. Бурмистрова [и др.] // Ремонт. Восстановление. Модернизация. 2021. № 9. С. 25—33.
  21. Обоснование технологии производства и экспериментальные исследования свойств топливных брикетов, предназначенных для использования в условиях лесных терминалов / А. В. Помигуев, О. А. Куницкая, И. В. Григорьев [и др.] // Системы. Методы. Технологии. 2021. № 1 (49). С. 59—66.
  22. Математическая модель брикетирования измельчённых древесных материалов на лесных терминалах / А. В. Помигуев, О. А. Куницкая, Е. А. Тихонов [и др.] // Системы. Методы. Технологии. 2021. № 3 (51). С. 129—134.
  23. *Григорьев И., Григорьева О., Цыгарова М.* Вахтовые лесозаготовки. Теория и практика. Ч. 1 // ЛеспромИнформ. 2016. № 1. С. 60—65.
  24. *Григорьев И., Григорьева О., Цыгарова М.* Вахтовые лесозаготовки. Теория и практика. Ч. 2 // ЛеспромИнформ. 2016. № 2. С. 72—78.
  25. *Куницкая О. А., Григорьев И. В., Мануковский А. Ю.* Техничко-экономическое сравнение производства топливных брикетов и пеллет из древесины // Актуальные проблемы лесного комплекса. 2020. № 57. С. 40—43.
  26. *Куницкая О. А.* Оценка экономики производства древесных пеллет в России // Потенциал науки и образования: современные исследования в области агрономии, землеустройства, лесного хозяйства. Якутск, 2019. С. 27—32.
  27. Mechanical and microstructural changes in post-fire raw wood / A. Lukina, M. Lisvatnikov, V. Martinov [et al.] // Architecture and Engineering. 2022. Vol. 7, no. 3. P. 44—52.
  28. Strength properties of raw wood after a wildfire / A. Lukina, M. Lisvatnikov, M. Lukin [et al.] // Magazine of Civil Engineering. 2023. No. 3 (119). P. 11907.

29. Прочность и деформативность сырьевой древесины после огневого воздействия / А. В. Лукина, М. С. Лисятников, В. А. Мартынов [и др.] // Строительство и реконструкция. 2022. № 6 (104). С. 40—49.
30. Прогнозная модель послепожарного лесовосстановления в Иркутской области / О. И. Григорьева, О. И. Гринько, И. В. Григорьев [и др.] // Лесотехнический журнал. 2023. Т. 13, № 1 (49). С. 85—98.
31. Основные ошибки вальщиков, приводящие к выходу из строя бензиномоторных пил / А. В. Гончаров, И. В. Григорьев, О. А. Куницкая [и др.] // Ремонт. Восстановление. Модернизация. 2018. № 10. С. 17—21.
32. *Куницкая О. А.* Проактивный сервис для лесных машин // Повышение эффективности лесного комплекса: Материалы Шестой Всерос. национал. научно-практич. конф. с междунар. участием. Петрозаводск, 2020. С. 86—87.
33. Технологии и машины лесовосстановительных работ / Р. Р. Сафин, И. В. Григорьев, О. И. Григорьева [и др.]. М.: Деревообрабатывающая пром-сть, 2015. 230 с.
34. Метод оценки эффективности лесовосстановительных мероприятий с учётом параметров лесотранспортной сети / Р. Н. Ковалев, И. М. Еналеева-Бандура, А. Н. Баранов [и др.] // Системы. Методы. Технологии. 2022. № 4 (56). С. 64—71.
35. *Шурнеев Д. Г.* К вопросу применения мульчировщика для сохранения влаги в почве // Студенческая наука — первый шаг в академическую науку: Материалы Всерос. студ. научно-практич. конф. с участием школьников 10—11-х классов: В 3 ч. Чебоксары, 2023. С. 918—923.
36. *Котельников Н. В., Пруидзе Е. В., Гагунов С. П.* Техничко-экономическое обоснование проекта по внедрению биотопливного котла для утилизации древесных порубочных остатков // Байкальская наука: идеи, инновации, инвестиции. Иркутск, 2019. С. 14—20.
37. *Шатравко В. Г.* Исследование минеральных элементов питания в порубочных остатках насаждений основных лесобразующих пород Беларуси // Труды БГТУ. Серия № 1 (157): Лесное хозяйство. 2013. № 1. С. 117—119.
38. *Дорожко А. В., Федоренчик А. С., Протас П. А.* Методика лабораторных исследований вязкоупругих свойств порубочных остатков // Леса Европейского региона — устойчивое управление и развитие: Материалы Междунар. научно-техн. конф.: В 2 ч. / Белорус. гос. технолог. ун-т; Редкол.: д-р с.-х. наук, проф. О. А. Атрощенко, канд. техн. наук, доц. А. И. Ламоткин, канд. техн. наук, доц. А. А. Янушкевич. Минск, 2002. С. 255—257.
39. Основы лесного хозяйства / Р. Р. Сафин, И. В. Григорьев, О. И. Григорьева [и др.]. М.: Изд-во журнала «Деревообрабатывающая промышленность», 2015. 170 с.
40. *Григорьева О. И., Гринько О. И., Николаева Ф. В.* Весенний отжиг для снижения пожароопасности лесов // Повышение эффективности лесного комплекса: Материалы Восьмой Всерос. национал. научно-практич. конф. с междунар. участием. Петрозаводск, 2022. С. 54—55.
41. *Рудов С. Е., Куницкая О. А.* Теоретические исследования экологической совместимости колёсных лесных машин и мерзлотных почвогрунтов лесов криолитозоны // Транспортные и транспортно-технологические системы: Материалы Междунар. научно-техн. конф. / Отв. ред. Н. С. Захаров. Тюмень, 2020. С. 323—326.
42. Экологические и лесоводственные аспекты работы лесных машин в лесах криолитозоны / С. Е. Рудов, О. А. Куницкая, М. Ф. Григорьев [и др.] // Актуальные проблемы лесного комплекса. 2020. № 57. С. 14—17.
43. *Чевычелов А. П.* Пирогенные трансформации свойств и состава мерзлотной палеовой серой почвы Центральной Якутии // Наука и образование. 2016. № 1 (81). С. 95—100.

44. *Иванова Т. И., Чевычелов А. П., Кузьмина Н. П.* Влияние пирогенно-индуцированных геоморфологических процессов на состояние микробоценозов мерзлотных почв Центральной Якутии // Наука и образование. 2017. № 2 (86). С. 111—117.
45. *Арефьев Ю. Ф.* Фитопатология: Учебник для студентов лесохозяйственных факультетов высш. учеб. заведений; доп. Метод. комиссией лесохозяйственного факультета Воронеж. гос. лесотехн. академии в качестве учебника для студентов, обучающихся по спец. 260100 «Лесное хозяйство» и 260500 «Лесное, садово-парковое и ландшафтное строительство». Воронеж, 2002. 298 с.
46. *Григорьева О. И., Григорьев М. Ф., Григорьев И. В.* Анализ естественного лесовозобновления в Алексеевском участковом лесничестве Республики Саха (Якутия) // Forest Engineering: Материалы научно-практич. конф. с междунар. участием. Якутск, 2018. С. 72—75.
47. *Бартнев И. М.* Природоохранные технологии лесопользования и лесовосстановления // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. 2014. Т. 2, № 3-4 (8-4). С. 121—126.
48. *Ятманова Н. М., Мустафина А. Р., Хасанова А. Ш.* Оценка эффективности понижения пней при создании лесных культур в условиях Зеленодольского лесничества РТ // Актуальные проблемы развития лесного комплекса: Материалы XVIII Междунар. научно-техн. конф. Вологда, 2020. С. 111—113.
49. *Бартнев И. М., Драпалюк М. В.* Совершенствование технологии лесовосстановления на вырубках с применением энергонасыщенных тракторов // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. 2021. № 5 (383). С. 117—133.
50. *Рудов С. Е., Григорьев И. В.* Правила эффективной эксплуатации форвардеров // Повышение эффективности лесного комплекса: Материалы Седьмой Всерос. национал. научно-практич. конф. с междунар. участием. Петрозаводск, 2021. С. 166—168.
51. *Рудов С. Е.* Способы повышения работоспособности трелёвочных волоков на слабонесущих почвогрунтах // Инновационные процессы в науке и технике XXI века: Материалы XVIII Междунар. научно-практич. конф. студентов, аспирантов, ученых, педагогических работников и специалистов-практиков. Тюмень, 2021. С. 292—295.
52. Анализ способов укрепления временных транспортных путей для трелёвки и вывозки древесины / И. В. Григорьев, М. В. Зорин, Г. В. Григорьев [и др.] // Деревообрабатывающая промышленность. 2021. № 2. С. 10—29.
53. Машинная заготовка древесины по скандинавской технологии / О. А. Куницкая, Н. А. Чернуцкий, М. В. Дербин [и др.]. СПб.: Издательско-полиграфическая ассоциация высших учебных заведений, 2019. 192 с.
54. Теоретические исследования производительности форвардеров при ограничениях воздействия на почвогрунты / О. Н. Бурмистрова, А. А. Просужих, Е. Г. Хитров [и др.] // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. 2021. № 3 (381). С. 101—116.
55. Влияние переменных коэффициентов сопротивления движению и сцепления на производительность форвардера / О. Н. Бурмистрова, А. А. Просужих, Е. Г. Хитров [и др.] // Деревообрабатывающая промышленность. 2021. № 1. С. 3—16.
56. *Зайцева М. И., Робонен Е. В., Чернобровкина Н. П.* Использование порубочных остатков для приготовления торфяных субстратов при выращивании семян сосны обыкновенной с закрытой корневой системой // Вестник Московского государственного университета леса — Лесной вестник. 2010. № 1. С. 4—8.
57. *Фокин С. В.* О биометрических параметрах порубочных остатков // Лесотехнический журнал. 2011. № 2 (2). С. 50—54.

58. Технологические цепочки и системы машин для сбора и переработки древесной биомассы в топливную щепу при сплошнолесосечной заготовке в сортиментах / Ю. В. Суханов, Ю. Ю. Герасимов, А. А. Селиверстов [и др.] // Системы. Методы. Технологии. 2011. № 4 (12). С. 101—107.
59. *Шатравко В. Г.* Экологические и экономические аспекты использования порубочных остатков // Труды БГТУ. Серия № 1 (157): Лесное хозяйство. 2012. № 1. С. 130—132.
60. *Григорьева О. И., Рудов С. Е.* Перспективные пути повышения товарной ценности лесных насаждений криолитозоны // Повышение эффективности лесного комплекса: Материалы Пятой Всерос. национал. научно-практич. конф. с междунар. участием. Петрозаводск, 2019. С. 29—31.
61. Проблемы и перспективы проведения рубок леса в криолитозоне / И. В. Григорьев, О. А. Куницкая, С. Е. Рудов [и др.] // Сквозные технологии промышленных производств и экономическая безопасность: Материалы Всерос. научно-практич. конф. Петрозаводск, 2019. С. 43—46.
62. *Никифоров О. А., Куницкая О. А.* Пути совершенствования схем лесной сертификации в области оценки экологического воздействия // Вестник АГАТУ. 2022. № 3 (7). С. 55—69.
63. *Никифоров О. А., Куницкая О. А.* Информационная база оценки и управления рисками для лесных экосистем, возникающими в результате ведения хозяйственной деятельности // Вестник АГАТУ. 2022. № 3 (7). С. 82—120.
64. *Зорин М. В., Куницкая О. А.* Инновационные методы строительства лесных дорог // Инновации в химико-лесном комплексе: тенденции и перспективы развития: Материалы Всерос. научно-практич. конф. / Отв. ред.: Ю. А. Безруких, Е. В. Мельникова. Красноярск, 2022. С. 84—87.
65. *Зорин М. В., Куницкая О. А.* Современные сборно-разборные покрытия для строительства временных лесных дорог и технологических коридоров // Лесная инженерия, материаловедение и дизайн: Материалы 86-й научно-техн. конф. профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов (с междунар. участием). Минск, 2022. С. 54—57.
66. *Зорин М. В., Куницкая О. А.* Типы современных пластиковых плит для строительства временных лесных дорог и технологических коридоров // Деревянное домостроение Севера: традиции и инновации: Сб. ст. по материалам Всерос. научно-практич. конф. Петрозаводск, 2023. С. 28—30.
67. *Слинченков А. Н., Редькин А. К., Ярцев И. В.* Производство товаров народного потребления: Учеб. пособие для студентов спец. 260100. М.: МГУЛ, 2002. 104 с.
68. *Никитин М. В.* Некоторые пути улучшения использования лесосечных отходов // Методология развития региональной системы лесопользования в Республике Коми: Сб. материалов науч. конф. Сыктывкар, 2012. С. 122—123.
69. *Григорьева О. И., Гринько О. И., Григорьев И. В.* Моделирование развития многокомпонентной лесной экосистемы после лесного пожара // Лесная инженерия, материаловедение и дизайн: Материалы 86-й научно-техн. конф. профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов (с междунар. участием). Минск, 2022. С. 34—37.
70. *Никитина Е. И., Куницкая О. А., Николаева Ф. В.* Проект организации лесозаготовок в условиях Алданского лесничества с применением многооперационных лесозаготовительных комплексов // Современные проблемы и достижения аграрной науки в Арктике: Сб. науч. ст. по материалам Всерос. студ. научно-практич. конф. с междунар. участием в рамках «Северного форума — 2020» (29—30 сент. 2020 г.,



- Якутск) и Междунар. науч. онлайн летней школы — 2020 (6—20 июля 2020 г., Якутск). Якутск, 2020. С. 138—148.
71. Григорьев И. В., Никифорова А. И., Григорьева О. И. Сравнение одномашинных комплексов для сортиментной заготовки древесины // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. 2015. Т. 3, № 9-2 (20-2). С. 125—128.
72. Совершенствование конструкции валочно-пакетирующей машины / И. В. Григорьев, И. И. Тихонов, А. И. Никифорова [и др.] // Справочник. Инженерный журнал. 2014. № 2 (203). С. 57—60.
73. Григорьев И. В., Григорьева О. И. Процессы лесосечных работ. Хлыстовая и сортиментная технологии // Лесозаготовка. Бизнес и профессия. 2015. № 1. С. 18—22.
74. Оценка надёжности лесозаготовительного харвестера / А. П. Мохирев, О. А. Куницкая, Г. А. Калита [и др.] // Лесной вестник. Forestry Bulletin. 2022. Т. 26, № 5. С. 93—101.
75. Скобцов И. Г., Куницкая О. А. Требования стандартов по безопасности при работе на лесных машинах // Безопасность и охрана труда в лесозаготовительном и деревообрабатывающем производствах. 2022. № 1. С. 51—56.
76. Технологический алгоритм производства продукции из порубочных остатков / А. П. Мохирев, К. П. Рукомойников, М. М. Герасимова [и др.] // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. 2023. № 1 (391). С. 153—171.
77. Анализ энергетического баланса технологических цепочек предприятий лесной промышленности / И. А. Маганов, Е. А. Тихонов, В. С. Сюнёв [и др.] // Вестник АГАТУ. 2021. № 4 (4). С. 87—108.
78. Заровняев Т. Д., Никитина Е. И., Куницкая О. А. Технологический процесс по переработке отходов лесозаготовительного производства // Современные проблемы и достижения аграрной науки в Арктике: Сб. науч. ст. по материалам Всерос. студ. научно-практич. конф. с междунар. участием в рамках «Северного форума — 2020» (29—30 сент. 2020 г., Якутск) и Междунар. науч. онлайн летней школы — 2020 (6—20 июля 2020 г., Якутск). Якутск, 2020. С. 107—114.
79. Куницкая О. А. Тенденции развития лесопромышленного комплекса Республики Саха (Якутия) // Вестник АГАТУ. 2022. № 2 (6). С. 70—79.
80. Лесное ресурсоведение: Учебник для студентов вузов, обучающихся по направлению подготовки дипломированных бакалавров направления 250400.62 «Технология лесозаготовительных и деревоперерабатывающих производств» по профилю «Лесоинженерное дело» / Ю. А. Ширнин, И. В. Григорьев, А. И. Никифорова [и др.]. Йошкар-Ола: Изд-во: Поволж. гос. технол. ун-та, 2012. 355 с.
81. Терновская О. В., Платонов А. А. Моделирование классификационных признаков лесных граблей // Лесотехнический журнал. 2021. Т. 11, № 3 (43). С. 172—182.
82. Григорьев И. В., Тихонов И. И., Куницкая О. А. Технология и машины лесосечных работ: Учеб. пособие по курсовому проектированию для студентов направлений подготовки бакалавров 250400 «Технология лесозаготовительных и деревоперерабатывающих производств» по профилю «Лесоинженерное дело». СПб.: СПбГЛТУ, 2013. 132 с.
83. Заборцева Л. П. Роль института «КОМИГИПРОНИИЛЕСПРОМ» в механизации лесозаготовительных и лесосплавных работ (1950—80-е гг.) // Научные чтения: Сб. материалов научно-практич. конф. профессорско-преподавательского состава Сыктывкарского лесного института по итогам научно-исследовательской работы в 2008 году / Отв. ред. В. В. Жиделева; отв. за вып. А. М. Попова. Сыктывкар, 2009. С. 203—206.
84. Григорьева О. И. Очистка лесосек от порубочных остатков // Лесозаготовка. Бизнес и профессия. 2015. № 1 С. 47—48.

85. Григорьев И. В., Григорьева О. И. Перспективные направления повышения качества подготовки специалистов в области лесопользования // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. 2015. Т. 3, № 2-2 (13-2). С. 205—208.
86. Григорьев И. В., Григорьева О. И. Практика подготовки операторов лесных машин в России // Инновации в химико-лесном комплексе: тенденции и перспективы развития: Материалы Всерос. научно-практич. конф. с междунар. участием / Отв. ред.: Ю. А. Безруких, Е. В. Мельникова. Красноярск, 2017. С. 182—185.
87. Оценка мероприятий, направленных на улучшение условий труда персонала на лесосечных и лесохозяйственных работах / И. В. Григорьев, О. И. Григорьева, А. И. Мотовилов [и др.] // Безопасность и охрана труда в лесозаготовительном и деревообрабатывающем производствах. 2022. № 6. С. 51—60.
88. Проблемы повышения качества отечественного лесного машиностроения / О. А. Куницкая, В. А. Макуев, Т. Н. Стородубцева [и др.] // Системы. Методы. Технологии. 2022. № 4 (56). С. 57—63.
89. Григорьев И. В. Современные проблемы импортозамещения в лесном машиностроении Российской Федерации // Инновации в химико-лесном комплексе: тенденции и перспективы развития: Материалы Всерос. научно-практич. конф. / Отв. ред.: Ю. А. Безруких, Е. В. Мельникова. Красноярск, 2022. С. 165—169.
90. Григорьев И. В., Куницкая О. А. Перспективные направления опытно-конструкторских работ в лесном машиностроении // Повышение эффективности лесного комплекса: Материалы Третьей Всерос. научно-практич. конф. с междунар. участием. Петрозаводск, 2017. С. 53—56.
91. Добрецов Р. Ю., Дмитриев А. С., Григорьев И. В. Проблемы и перспективы использования в лесном комплексе машин с полугусеничным двигателем // Вестник АГАТУ. 2022. № 4 (8). С. 95—105.
92. Перспективность дальнейших исследований по совершенствованию гусеничных лесных машин / Ю. А. Карасев, В. А. Марков, А. С. Дмитриев [и др.] // Resources and Technology. 2023. Т. 20, № 1. С. 42—86.
93. Лесное ресурсоведение: Учеб. пособие / Под ред. В. И. Пятакина; А. И. Жукова, И. В. Григорьев, О. И. Григорьева [и др.]. СПб.: Изд-во СПбГЛТА, 2008. 215 с.
94. Лесосечные машины в фокусе биоэнергетики: конструкции, проектирование, расчёт: Учеб. пособие / В. С. Сюнёв, А. А. Селиверстов, Ю. Ю. Герасимов [и др.]. Йоэнсуу: НИИ леса Финляндии METLA, 2011. 143 с.
95. Фокин С. В., Храмченко А. В. Технические средства, применяемые при очистке вырубок от отходов лесосечных работ // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. 2015. Т. 3, № 9-2 (20-2). С. 280—283.
96. Фокин С. В., Чугошкина А. В. Применение малогабаритной техники при сборе и вывозе с вырубок Среднего Поволжья отходов лесосечных работ // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. 2015. Т. 3, № 9-2 (20-2). С. 283—287.
97. Григорьева О. И. Новая машина для очистки лесосек // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. 2014. Т. 2, № 5-3 (10-3). С. 96—99.
98. Результаты экспериментальных выдержек брикетирования лесосечных отходов в условиях лесных терминалов / О. А. Куницкая, А. В. Помигуев, Д. Д. Бурмистрова [и др.] // Лесотехнический журнал. 2021. Т. 11, № 3 (43). С. 109—120.
99. Анализ газогенерирующих систем для автономного энергоснабжения лесных терминалов / О. А. Куницкая, А. В. Помигуев, Е. Г. Калита [и др.] // Resources and Technology. 2021. Т. 18, № 3. С. 53—76.

100. Analysis of modern wood processing techniques in timber terminals / O. Kunickaya, A. Pomiguyev, I. Kruchinin [et al.] // *Central European Forestry Journal*. 2022. Vol. 68, no. 1. P. 51—59.

## References

1. Koroleva V. B., Pashkang N. N. Problems and prospects of introducing the concept of «lean production» in agriculture. *Theory and practice of modern economics. Materials of the national student scientific and practical conference*. Ryazan, 2023, pp. 122—128. (In Russ.)
2. Maslova E. S., Ivanova I. V. On the development of the concept of «lean production». *The seventy-fifth All-Russian scientific and technical conference of students, undergraduates and postgraduates with international participation. Collection of conference materials: In 3 parts*. Yaroslavl, 2022, pp. 746—747. (In Russ.)
3. Sedelnikova I. M., Kukukina I. G., Fedorov O. V. Methodological approach to the evaluation of the effectiveness of the concept of «lean production» in Russian industrial companies. *Izvestia of higher educational institutions. Series: Economics, Finance and Production Management*, 2022, no. 2 (52), pp. 64—74. (In Russ.)
4. Potsulin A. D., Shilov A. S. Features of the introduction of the concept of lean production in the organization. *Science, technology, industrial production: history, current state, prospects. materials of the scientific and practical conference*. Vladivostok, 2019, pp. 440—442. (In Russ.)
5. Chebukova A. V., Garipova G. R., Chernyavskaya Ya. S. Methodological foundations of the introduction of «lean production». *Quality in production and socio-economic systems. collection of scientific papers of the 7th International Scientific and Technical Conference*. Kursk, 2019, pp. 188—190. (In Russ.)
6. Grinko O. I., Grigoreva O. I., Grigorev I. V., Grigorev M. F., Grigoreva A. I. Improving the efficiency of extinguishing forest fires based on predictive models of their occurrence. *Energy efficiency and energy conservation in modern production and society. Materials of the international scientific and practical conference*. Voronezh, 2020, pp. 242—246. (In Russ.)
7. Rudov S. E., Grigoreva O. I., Grigorev I. V. Effective restoration of forests on permafrost. *Forest engineering, materials science and design. materials of the 86th scientific and technical conference of the teaching staff, researchers and postgraduates (with international participation)*. Minsk, 2022, pp. 38—41. (In Russ.)
8. Grigorev I. V., Kunitskaya O. A., Belyaev N. L. Actual problems of logging production in Russia at the turn of 2022. *Complex issues of agrarian science and education. Collection of scientific articles based on the materials of the Intra-university scientific and practical conference dedicated to the 65th anniversary of Higher Agricultural Education of the Republic of Sakha (Yakutia) and the All-Russian Student Scientific and Practical Conference with international participation in the framework of the «Northern Forum — 2021»*. Yakutsk, 2021, pp. 265—271. (In Russ.)
9. Grigorev I. V., Redkin A. K., Valyazhonkov V. D., Matrosov A. V. *Technology and equipment of timber industries. Technology and machines of logging operations: Textbook*. Saint Petersburg, LTA Publishing House, 2010. 330 p. (In Russ.)
10. Grigorev I. V., Kunitskaya O. A. Optimal choice of a logging road train. *Transport and transport-technological systems. Materials of the International Scientific and Technical Conference*. Ed. by N. S. Zakharov. Tyumen, 2019, pp. 74—78. (In Russ.)

11. Grigorev I. V. Transportation of timber by rail. *The potential of science and education: modern research in the field of agronomy, land management, forestry*. Yakutsk, 2019, pp. 5—9. (In Russ.)
12. Kunitskaya O. A., Belyaev N. L. Analysis of measurement methods of round timber and their accounting systems in the forest complex. *Complex issues of agrarian science and education. Collection of scientific articles based on the materials of the Intra-university scientific and practical conference dedicated to the 65th anniversary of Higher Agricultural Education of the Republic of Sakha (Yakutia) and the All-Russian Student Scientific and Practical Conference with international participation in the framework of the «Northern Forum — 2021»*. Yakutsk, 2021, pp. 279—285. (In Russ.)
13. Shegelman I. R., Polezhaev K. V., Shchukin P. O. To assess the biomass resources of woodwood for the production of energy chips. *Science and business: ways of development*, 2012, no. 2 (8), pp. 16—18. (In Russ.)
14. Leonov E. A., Fedorenchik A. S., Lednitsky A. V. Determination of coefficients of full-woodness of logging waste. *Proceedings of the Belarusian State Technological University. Series 2: Forestry and woodworking industry*, 2008, no. 2, pp. 57—60. (In Russ.)
15. Kunitskaya O. A., Grigorev I. V., Davtyan A. B., Grigorev V. I., Nguyen T. N. Technical and economic analysis of biofuel production from wood. *Repair. Recovery. Modernization*, 2020, no. 12, pp. 29—35. (In Russ.)
16. *Technology and equipment of forest warehouses and timber processing workshops: Textbook*. Edited by V. I. Patyakin. Moscow, GOU VPO MGUL, 2008. 384 p. (In Russ.)
17. Tambi A. A., Morkovina S. S., Grigorev I. V., Grigorev V. I. Development of the circular economy in Russia: biofuel market. *Forestry journal*, 2019, vol. 9, no. 4 (36), pp. 173—185. (In Russ.)
18. Biofuels in municipal energy use possibilities. *LesPromInform*, 2023, no. 4 (174), pp. 12—14. (In Russ.)
19. Kunitskaya O. A., Pomiguyev A. V. Obtaining electricity from logging and woodworking waste. *Land management, land management, cadastre, geodesy and cartography. Problems and prospects of development. Collection of materials of the All-Russian scientific and practical conference with international participation dedicated to the 255th anniversary of Land Management in Yakutia and the Year of Science and Technology*. Yakutsk, 2021, pp. 320—327. (In Russ.)
20. Kunitskaya O. A., Pomiguyev A. V., Burmistrova D. D., Tikhonov E. A. Theoretical analysis of the process of briquetting crushed wood materials in the conditions of a forest terminal. *Repair. Recovery. Modernization*, 2021, no. 9, pp. 25—33. (In Russ.)
21. Pomiguyev A. V., Kunitskaya O. A., Grigorev I. V., Tikhonov E. A., Ivanov V. A. Substantiation of production technology and experimental studies of properties of fuel briquettes intended for use in forest terminals. *Systems. Methods. Technologies*, 2021, no. 1 (49), pp. 59—66. (In Russ.)
22. Pomiguyev A. V., Kunitskaya O. A., Tikhonov E. A., Zhang S. A. Mathematical model of briquetting of crushed wood materials at forest terminals. *Systems. Methods. Technologies*, 2021, no. 3 (51), pp. 129—134. (In Russ.)
23. Grigorev I., Grigoreva O., Tsygarova M. Shift logging. Theory and practice. Part 1. *Lesprominform*, 2016, no. 1, pp. 60—65. (In Russ.)
24. Grigorev I., Grigoreva O., Tsygarova M. Shift logging. Theory and practice. Part 2. *Lesprominform*, 2016, no. 2, pp. 72—78. (In Russ.)

25. Kunitskaya O. A., Grigorev I. V., Manukovsky A. Yu. Technical and economic comparison of the production of fuel briquettes and pellets from wood. *Actual problems of the forest complex*, 2020, no. 57, pp. 40—43. (In Russ.)
26. Kunitskaya O. A. Assessment of the economy of wood pellet production in Russia. *The potential of science and education: modern research in the field of agronomy, land management, forestry*. Yakutsk, 2019, pp. 27—32. (In Russ.)
27. Lukina A., Lisyatnikov M., Martinov V., Kunitskaya O., Chernykh A., Roschina S. Mechanical and microstructural changes in post-fire raw wood. *Architecture and Engineering*, 2022, vol. 7, no. 3, pp. 44—52.
28. Lukina A., Lisyatnikov M., Lukin M., Vatin N., Roshchina S. Strength properties of raw wood after a wildfire. *Magazine of Civil Engineering*, 2023, no. 3 (119), pp. 11907.
29. Lukina A. V., Lisyatnikov M. S., Martynov V. A., Roschina S. I. Strength and deformability of raw wood after fire exposure. *Construction and reconstruction*, 2022, no. 6 (104), pp. 40—49. (In Russ.)
30. Grigoreva O. I., Grinko O. I., Grigorev I. V., Kalita E. G., Tikhonov E. A. Predictive model of post-fire reforestation in the Irkutsk region. *Forestry Journal*, 2023, vol. 13, no. 1 (49), pp. 85—98. (In Russ.)
31. Goncharov A. V., Grigorev I. V., Kunitskaya O. A., Grigorev M. F. The main mistakes of fellers leading to the failure of gasoline-powered saws. *Repair. Recovery. Modernization*, 2018, no. 10, pp. 17—21. (In Russ.)
32. Kunitskaya O. A. Proactive service for forest machines. *Improving the efficiency of the forest complex. materials of the Sixth All-Russian National Scientific and Practical Conference with international participation*. Petrozavodsk, 2020, pp. 86—87. (In Russ.)
33. Safin R. R., Grigorev I. V., Grigoreva O. I., Razumov E. Y. *Technology and machines of reforestation works*. Moscow, Woodworking industry, 2015. 230 p. (In Russ.)
34. Kovalev R. N., Enaleeva-Bandura I. M., Baranov A. N., Lozovoy V. A., Grigoreva O. I., Grigorev I. V. Method of assessing the effectiveness of reforestation measures taking into account the parameters of the forest transport network. *Systems. Methods. Technologies*, 2022, no. 4 (56), pp. 64—71. (In Russ.)
35. Shurneev D. G. On the issue of using a mulcher to preserve moisture in the soil. *Student science — the first step in academic science. Materials of the All-Russian student scientific and practical conference with the participation of schoolchildren of grades 10—11: In 3 parts*. Cheboksary, 2023, pp. 918—923. (In Russ.)
36. Kotelnikov N. V., Pruidze E. V., Gagunov S. P. Feasibility study of the project for the introduction of a biofuel boiler for the disposal of wood felling residues. *Baikal Science: ideas, innovations, investments*. Irkutsk, 2019, pp. 14—20. (In Russ.)
37. Shatravko V. G. Investigation of mineral nutrition elements in the felling residues of plantings of the main forest-forming species of Belarus. *Proceedings of BSTU. Series no. 1 (157): Forestry*, 2013, no. 1, pp. 117—119. (In Russ.)
38. Dorozhko A. V., Fedorenchik A. S., Protas P. A. Methodology of laboratory studies of viscoelastic properties of felling residues. *Forests of the European region — sustainable management and development. Materials of the International Scientific and Technical Conference: In 2 parts. Belarusian State Technological University; Editorial Board: Doctor of Agricultural Sciences, prof. O. A. Atroschenko, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor A. I. Lamotkin, Candidate of Technical Sciences, Associate prof. A. A. Yanushkevich*. Minsk, 2002, pp. 255—257. (In Russ.)
39. Safin R. R., Grigorev I. V., Grigoreva O. I., Razumov E. Y. *Fundamentals of forestry*. Moscow, Publishing house of the journal Woodworking industry, 2015. 170 p. (In Russ.)

40. Grigoreva O. I., Grinko O. I., Nikolaeva F. V. Spring annealing to reduce the fire hazard of forests. *Improving the efficiency of the forest complex. Materials of the Eighth All-Russian National Scientific and Practical Conference with international participation*. Petrozavodsk, 2022, pp. 54—55. (In Russ.)
41. Rudov S. E., Kunitskaya O. A. Theoretical studies of ecological compatibility of wheeled forest vehicles and permafrost soils of cryolithozone forests. *Transport and transport-technological systems. Materials of the International Scientific and Technical Conference*. Editor N. S. Zakharov. Tyumen, 2020, pp. 323—326. (In Russ.)
42. Rudov S. E., Kunitskaya O. A., Grigoriev M. F., Stepanova D. I., Grigorieva O. I. Ecological and forestry aspects of the work of forest machines in the forests of the cryolithozone. *Actual problems of the forest complex*, 2020, no. 57, pp. 14—17. (In Russ.)
43. Chevychelov A. P. Pyrogenic transformations of properties and composition of permafrost pale gray soil of Central Yakutia. *Science and education*, 2016, no. 1 (81), pp. 95—100. (In Russ.)
44. Ivanova T. I., Chevychelov A. P., Kuzmina N. P. Influence of pyrogenic-induced geomorphological processes on the state of microbocenoses of permafrost soils of Central Yakutia. *Science and Education*, 2017, no. 2 (86), pp. 111—117. (In Russ.)
45. Arefyev Yu F. *Phytopathology: textbook for students of forestry faculties of higher educational institutions; add. By the Methodological Commission of the Forestry Faculty of the Voronezh State Forestry Academy as a textbook for students studying in the specialties 260100 «Forestry» and 260500 «Forest, garden and landscape construction»*. Voronezh, 2002. 298 p. (In Russ.)
46. Grigoreva O. I., Grigoriev M. F., Grigorev I. V. Analysis of natural reforestation in the Alekseevsky district forestry of the Republic of Sakha (Yakutia). *Forest Engineering. materials of the scientific and practical conference with international participation*. Yakutsk, 2018, pp. 72—75. (In Russ.)
47. Bartenev I. M. Environmental technologies of forest management and reforestation. *Actual directions of scientific research of the XXI century: theory and practice*, 2014, vol. 2, no. 3-4 (8-4), pp. 121—126. (In Russ.)
48. Yatmanova N. M., Mustafina A. R., Khasanova A. Sh. Evaluation of the effectiveness of lowering stumps when creating forest crops in the conditions of the Zelenodolsk forestry of the Republic of Tatarstan. *Actual problems of the development of the forest complex. Materials of the XVIII International Scientific and Technical Conference*. Vologda, 2020, pp. 111—113. (In Russ.)
49. Bartenev I. M., Drapalyuk M. V. Improvement of the technology of reforestation in felling with the use of energy-saturated tractors. *Izvestia of higher educational institutions. Forest magazine*, 2021, no. 5 (383), pp. 117—133. (In Russ.)
50. Rudov S. E., Grigorev I. V. Rules of effective operation of forwarders. *Improving the efficiency of the forest complex. Materials of the Seventh All-Russian National Scientific and Practical Conference with international participation*. Petrozavodsk, 2021, pp. 166—168. (In Russ.)
51. Rudov S. E. Ways to improve the efficiency of skidding drags on low-bearing soils. *Innovative processes in science and technology of the XXI century. materials of the XVIII International Scientific and Practical Conference of students, postgraduates, scientists, teachers and practitioners*. Tyumen, 2021, pp. 292—295. (In Russ.)
52. 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 removal of wood. *Woodworking industry*, 2021, no. 2, pp. 10—29. (In Russ.)
53. Kunitskaya O. A., Chernutsky N. A., Derbin M. V., Rudov S. E., Grigorev I. V., Grigoreva O. I. *Machine harvesting of wood by Scandinavian technology*. Saint Petersburg, Publishing and Printing Association of Higher Educational Institutions, 2019. 192 p. (In Russ.)

54. Burmistrova O. N., Prosuzhikh A. A., Khitrov E. G., Kunitskaya O. A., Luneva E. N. Theoretical studies of forwarders' productivity under restrictions of impact on soils. *News of higher educational institutions. Forest magazine*, 2021, no. 3 (381), pp. 101—116. (In Russ.)
55. Burmistrova O. N., Prosuzhikh A. A., Khitrov E. G., Kunitskaya O. A., Kalita O. N. Influence of variable coefficients of resistance to movement and coupling on forwarder performance. *Woodworking industry*, 2021, no. 1, pp. 3—16. (In Russ.)
56. Zaitseva M. I., Robonen E. V., Chernobrovkina N. P. The use of felling residues for the preparation of peat substrates when growing seedlings of scots pine with a closed root system. *Bulletin of the Moscow State University of the Forest — Forest Bulletin*, 2010, no. 1, pp. 4—8. (In Russ.)
57. Fokin S. V. About biometric parameters of felling residues. *Forestry Journal*, 2011, no. 2 (2), pp. 50—54. (In Russ.)
58. Sukhanov Yu. V., Gerasimov Yu. Yu., Seliverstov A. A., Sokolov A. P. Technological chains and systems of machines for collecting and processing wood biomass into fuel chips during solid-cutting harvesting in sortings. *Systems. Methods. Technologies*, 2011, no. 4 (12), pp. 101—107. (In Russ.)
59. Shatravko V. G. Ecological and economic aspects of the use of felling residues. *Proceedings of BSTU, Series no. 1 (157): Forestry*, 2012, no. 1, pp. 130—132. (In Russ.)
60. Grigoreva O. I., Rudov S. E. Promising ways to increase the marketable value of cryolithozone forest plantations. *Improving the efficiency of the forest complex. Materials of the Fifth All-Russian National Scientific and Practical Conference with international participation*. Petrozavodsk, 2019, pp. 29—31. (In Russ.)
61. Grigorev I. V., Kunitskaya O. A., Rudov S. E., Grigoreva O. I. Problems and prospects of logging in the cryolithozone. *End-to-end technologies of industrial production and economic security. Materials of the All-Russian Scientific and practical conference*. Petrozavodsk, 2019, pp. 43—46. (In Russ.)
62. Nikiforov O. A., Kunitskaya O. A. Ways to improve forest certification schemes in the field of environmental impact assessment. *Herald of AGATHU*, 2022, no. 3 (7), pp. 55—69. (In Russ.)
63. Nikiforov O. A., Kunitskaya O. A. Information base for risk assessment and management for forest ecosystems arising as a result of economic activity. *Herald of AGATHU*, 2022, no. 3 (7), pp. 82—120. (In Russ.)
64. Zorin M. V., Kunitskaya O. A. Innovative methods of construction of forest roads. *Innovations in the chemical and forestry complex: trends and prospects of development. Materials of the All-Russian Scientific and practical Conference. Editors Yu. A. Bezrukikh, E. V. Melnikova*. Krasnoyarsk, 2022, pp. 84—87. (In Russ.)
65. Zorin M. V., Kunitskaya O. A. Modern collapsible coatings for the construction of temporary forest roads and technological corridors. *Forest engineering, materials science and design. materials of the 86th scientific and technical conference of the teaching staff, researchers and postgraduates (with international participation)*. Minsk, 2022, pp. 54—57. (In Russ.)
66. Zorin M. V., Kunitskaya O. A. Type canberranspropic canberranspropic canberranspropic and technological corridors. *Dereviannoye House Building North: traditions and innovations. Proceedings of the All-Russian scientific and practical conferences*. Petrozavodsk, 2023, pp. 28—30. (In Russ.)
67. Slinchenkov A. N., Redkin A. K., Yartsev I. V. *Production of load people's consumption: educational equipment for students specialties 260100*. Moscow, MGUL, 2002. 104 p. (In Russ.)

68. Nikitin M. V. Nekotor Urga putti hit the Giant Forest-crenelevent. *Methodology the developed regionalnaya system for forestry in Republic of Komi. Proceedings of scientific conferences.* Syktyvkar, 2012, pp. 122—123. (In Russ.)
69. Grigoreva O. I., Grinko O. I., Grigorev I. V. Modeling development multi-component easy empirerystem, then easy fire. *Easy Engineering, Materials Science and design. 86th scientific and technical conferences of professorships and lecturers of sostava, scientific urgandh sotrudnikov and PhD students (with international urgandm participation).* Minsk, 2022, pp. 34—37. (In Russ.)
70. Nikitina E. I., Kunitskaya O. A., Nikolaeva F. V. Project organizations forest management in terms of Aldana forestry with replacement of multi-operative forest management and forest management complex. *Contemporaneously, the problem of the Agrarian Sciences in the Arctic. Proceedings of the scientific and practical conferences of the All-Russian scientific and practical conferences with the international urgem participation in the framework of the «Northern Forum — 2020» (September 29—30, 2020, Yakutsk) and International Science Online Summer School — 2020 (July 6—20, 2020, Yakutsk).* Yakutsk, 2020, pp. 138—148. (In Russ.)
71. Grigorev I. V., Nikiforova A. I., Grigoreva O. I. Comparison of single-machine complexes for wood sorting. *Current directions of scientific research of the XXI century: theory and practice*, 2015, vol. 3, no. 9-2 (20-2), pp. 125—128. (In Russ.)
72. Grigorev I. V., Tikhonov I. I., Nikiforova A. I., Grigoreva O. I. Improvement of the design of the felling-packing machine. *Handbook. Engineering magazine*, 2014, no. 2 (203), pp. 57—60. (In Russ.)
73. Grigorev I. V., Grigoreva O. I. Processes of logging operations. Khlystovaya and sorting technologies. *Logging. Business and profession*, 2015, no. 1, pp. 18—22. (In Russ.)
74. Mohirev A. P., Kunitskaya O. A., Kalita G. A., Werner N. N., Shvetsova V. V. Assessment of the reliability of a logging harvester. *Forest Bulletin. Forestry Bulletin*, 2022, vol. 26, no. 5, pp. 93—101. (In Russ.)
75. Skobtsov I. G., Kunitskaya O. A. Requirements of safety standards when working on forest machines. *Occupational safety and health in logging and woodworking industries*, 2022, no. 1, pp. 51—56. (In Russ.)
76. Mohirev A. P., Rukomoynikov K. P., Gerasimova M. M., Medvedev S. O., Zyryanov M. A. Technological algorithm for the production of products from felling residues. *Izvestia of higher educational institutions. Forest magazine*, 2023, no. 1 (391), pp. 153—171. (In Russ.)
77. Maganov I. A., Tikhonov E. A., Syunev V. S., Kunitskaya O. A. Analysis of the energy balance of technological chains of forest industry enterprises. *Herald of AGATHU*, 2021, no. 4 (4), pp. 87—108. (In Russ.)
78. Zarovnyaev T. D., Nikitina E. I., Kunitskaya O. A. Technological process for processing waste of logging production. *Modern problems and achievements of agricultural science in the Arctic. Collection of scientific articles based on the materials of the All-Russian Student Scientific and Practical Conference with international participation in the framework of the Northern Forum 2020 (September 29—30, 2020, Yakutsk) and the International Online Scientific Summer School 2020 (July 6—20, 2020, Yakutsk).* Yakutsk, 2020, pp. 107—114. (In Russ.)
79. Kunitskaya O. A. Trends in the development of the timber industry complex of the Republic of Sakha (Yakutia). *Herald of AGATHU*, 2022, no. 2 (6), pp. 70—79. (In Russ.)
80. Shirnin Yu. A., Grigorev I. V., Nikiforova A. I., Nikiforov A. A. *Forest resource studies. Textbook for university students studying in the direction of preparation of certified bachelors in the direction 250400.62 «Technology of logging and wood processing industries» in the*



- profile «Forest engineering». Yoshkar-Ola, Publishing House Volga State Technological University, 2012. 355 p. (In Russ.)
81. Ternovskaya O. V., Platonov A. A. Modeling of classification features of forest rakes. *Forestry Journal*, 2021, vol. 11, no. 3 (43), pp. 172—182. (In Russ.)
82. Grigorev I. V., Tikhonov I. I., Kunitskaya O. A. *Technology and machines of logging operations. Textbook on course design for students of bachelor's degree courses 250400 «Technology of logging and wood processing industries» profile «Forest engineering»*. Saint Petersburg, SPbGLTU, 2013. 132 p. (In Russ.)
83. Zabortseva L. P. The role of the institute «KOMIGIPRONIILESPROM» in the mechanization of logging and logging operations (1950—80s). *Scientific readings. Collection of materials of the scientific and practical conference of the faculty of Syktyvkar Forest Institute based on the results of research work in 2008. Responsible editor V. V. Zhideleva. Responsible for the release of A. M. Popov*. Syktyvkar, 2009, pp. 203—206. (In Russ.)
84. Grigoreva O. I. Clearing of cutting areas from felling residues. *Logging. Business and profession*, 2015, no. 1, pp. 47—48. (In Russ.)
85. Grigorev I. V., Grigoreva O. I. Promising directions for improving the quality of training of specialists in the field of forest management. *Current directions of scientific research of the XXI century: theory and practice*, 2015, vol. 3, no. 2-2 (13-2), pp. 205—208. (In Russ.)
86. Grigorev I. V., Grigoreva O. I. Practice of training operators of forest machines in Russia. *Innovations in the chemical and forestry complex: trends and prospects of development. Materials of the All-Russian scientific and practical conference with international participation. Responsible editors Yu. A. Bezrukikh, E. V. Melnikova*. Krasnoyarsk, 2017, pp. 182—185. (In Russ.)
87. Grigorev I. V., Grigoreva O. I., Motovilov A. I., Seryakov S. A. Evaluation of measures aimed at improving the working conditions of personnel at logging and forestry operations. *Safety and labor protection in logging and woodworking industries*, 2022, no. 6, pp. 51—60. (In Russ.)
88. Kunitskaya O. A., Makuev V. A., Storodubtseva T. N., Kalita G. A., Revyako S. I., Timokhov R. S. Problems of improving the quality of domestic forest engineering. *Systems. Methods. Technologies*, 2022, no. 4 (56), pp. 57—63. (In Russ.)
89. Grigorev I. V. Modern problems of import substitution in forest engineering of the Russian Federation. *Innovations in the chemical-forest complex: trends and prospects of development. Materials of the All-Russian Scientific and practical Conference. Editors Yu. A. Bezrukikh, E. V. Melnikova*. Krasnoyarsk, 2022, pp. 165—169. (In Russ.)
90. Grigorev I. V., Kunitskaya O. A. Promising directions of experimental design work in forest engineering. *Improving the efficiency of the forest complex. Materials of the third All-Russian scientific and practical conference with international participation*. Petrozavodsk, 2017, pp. 53—56. (In Russ.)
91. Dobretsov R. Yu., Dmitriev A. S., Grigorev I. V. Problems and prospects of using machines with a half-track propulsion in the forest complex. *Bulletin of AGATU*, 2022, no. 4 (8), pp. 95—105. (In Russ.)
92. Karasev Yu. A., Markov V. A., Dmitriev A. S., Dolzhikov I. S., Yudilevich A. M. Prospects for further research on the improvement of tracked forest machines. *Resources and Technology*, 2023, vol. 20, no. 1, pp. 42—86. (In Russ.)
93. Zhukova A. I., Grigorev I. V., Grigoreva O. I., Ledyeva A. S. *Easy Resource Management: Study guide*. In order. V. I. Patyakina. Saint Petersburg, Publishing House SPbGLTA, 2008. 215 p. (In Russ.)

94. Sunev V. S., Selyverstov A. A., Gerasimov Yu. Yu., Sokolov A. P. *In focus bio Apostille: construction, design, selection: study. Equipment.* Io Apostille: nie Lesa Finlandi Apostille, 2011. 143 p. (In Russ.)
95. Fokin S. V., Khramchenko A. V. Technical means, interchangeable in the clean-up in the extrarubok from the source forest in the working. *Up-to-date.directions of scientific empirereferencesliterature of the century: theory and practice*, 2015, vol. 3, no. 9-2 (20-2), pp. 280—283. (In Russ.)
96. Fokin S. V., Chugoschkina A. V. Replacement of small-sized techniques in the collection and in the Apostille with in the urgrubok Middle Volga Loess forest. *Actualmentialshistory of scientific empirereferencesbibliography of the century: theory and practice*, 2015, vol. 3, no. 9-2 (20-2), pp. 283—287. (In Russ.)
97. Grigoreva O. I. New machine for cleaning woodsec. *Up-to-date.directions of scientific empirereferencesliterature of the century: theory and practice*, 2014, vol. 2, no. 5-3 (10-3), pp. 96—99. (In Russ.)
98. Kunitskaya O. A., Pomiguel A. V., Burmistrova D. D., Tikhonov E. A., Storodubtseva T. N. The result is canberransperimentaln wawrambh in canberranderzhhek briquetting forest sectionn wawrabh in conditionyah lesn wawrabh terminal. *Forestry Journal*, 2021, vol. 11, no. 3 (43), pp. 109—120. (In Russ.)
99. Kunitskaya O. A., Pomiguel A. V., Kalita E. G., Shvetsova V. V., Tikhonov E. A. Analysis of gas-generating systems in autonomously and autonomously. *Apostille*, 2021, vol. 18, no. 3, pp. 53—76. (In Russ.)
100. Kunitskaya O., Pomiguel A., Kruchinin I., Storodubtseva T., Voronova A., Levushkin D., Borisov V., Ivanov V. Analysis of modern wood processing techniques in timber terminals. *Central European Forestry Journal*, 2022, vol. 68, no. 1, pp. 51—59.

© Трушевский П. В., Куницкая О. А., Должиков И. С., Макуев В. А.,  
Ревяко С. И., Григорьева О. И., 2023