

## МОБИЛЬНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ ДРЕВЕСНОЙ ЗЕЛЕНИ В УСЛОВИЯХ ЛЕСОСЕКИ

магистрант **К.В. Борин**

кандидат технических наук, доцент **Н.А. Петрушева**

Лесосибирский филиал ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева», г. Лесосибирск, Российская Федерация

Настоящее исследование посвящено изучению процесса измельчения древесной зелени хвойных пород и оценки влияния управляемых параметров измельчаемой установки на контролируемые параметры. Во время исследования был спланирован и реализован предварительный эксперимент, нацеленный на определение наиболее эффективного способа измельчения древесной зелени хвойных пород. В результате предварительного эксперимента было установлено, что для измельчения древесной зелени лучше всего подходит универсальная дробилка, которая относится к установкам раскалывающего и разламывающего действия. На основании данных, полученных в результате предварительного эксперимента, был спланирован и реализован активный многофакторный эксперимент, направленный на оценку влияния управляемых параметров универсальной дробилки на контролируемые параметры процесса измельчения. Установлено, что при частоте вращения ротора в диапазоне  $n = 2750-3000$  об/мин и размере ячеек сита  $b = 1-3$  мм возможно измельчать древесную зелень любой влажности. Это обусловлено тем, что при увеличении частоты вращения ротора будет происходить увеличение линейной скорости ножа, следовательно, и сила, с которой будет происходить удар ножа о древесную зелень, будет увеличиваться, а уменьшение размера ячеек сепаратора приведёт к тому, что измельчаемое сырьё, размеры которого больше размера ячеек сепаратора, не сможет покинуть рабочую камеру установки и будет повторно подвержено ударному воздействию со стороны ножей. Представлена конструкция мобильной установки, способной перемещаться по территории лесосеки и производить операции по отделению и измельчению древесной зелени хвойных пород, а также по упаковке измельченной хвои.

**Ключевые слова:** древесная зелень, отделение, измельчение, упаковка, мобильность

## MOBILE PLANT FOR FOLIAGE MILLING UNDER THE CONDITION OF CUTTING AREA PRODUCTION

Master's degree student **K.V. Borin**

PhD (Engineering), Associate Professor **N.A. Petrusheva**

Lesosibirsk branch of FSBEI HE "Reshetnev Siberian State University of Science and Technology",  
Lesosibirsk, Russian Federation

### Abstract

The article is devoted to the milling process of coniferous foliage and assessing the influence of the controlled parameters of the milled plant on the controlled parameters. During the study, a preliminary experiment aimed at determining the most effective milling method for coniferous species has been planned and applied. As a result of a preliminary experiment, it was found that universal residue recovery equipment, which has cracking and breaking action, is best suited to chop wood foliage. Based on the data obtained as a result of the preliminary experiment, an active multi-factor experiment has been designed and implemented to assess the influence of the controlled parameters of the residue recovery equipment on the controlled parameters of the grinding process. It is established that at a rotor speed is in the range of  $n = 2750-3000$  rpm and a mesh size is  $b = 1-3$  mm. It is possible to grind foliage of any moisture content. This is due to the fact that the linear speed of the knife will increase with an increase in the rotor speed. Therefore, the force with which the knife will strike the foliage will increase. A reduction in the size of the separator cells will result as fol-

lows. Grinded raw materials that are larger than the separator cells will not be able to leave the working chamber of the plant and will be re-exposed to the impact force of the knives. The design of a mobile plant that can move around the cutting area and carry out operations to separate and grind coniferous foliage, as well as to pack grinded needles, is presented.

**Keywords:** foliage, separation, grinding, packaging, mobility

### Введение

Древесная зелень – специфический вид лесного сырья, в составе которого преобладают живые клетки хвои, молодых побегов и коры. В этих растительных клетках содержатся белки, углеводы, витамины, ферменты, желтые и зеленые пигменты, стерины, микроэлементы и другие вещества, которые необходимы для обеспечения жизнедеятельности растений, животных и человека [6, 7, 11].

До недавнего времени в лесной промышленности признавался ценным только ствол, а все остальное, в том числе крона, считалось отходами, которые загромождали лесосеки и создавали благоприятную среду для обитания и размножения вредителей леса, а также для возникновения лесных пожаров [2, 4, 12].

В клетках древесной растительности заключены многочисленные необходимые человеку и животным биологически активные вещества – витамины, хлорофилл, фитонциды, микроэлементы и др. направляющие, регулирующие жизненные процессы организма, защищающие его от патогенного микромира, а также пластические и энергетические вещества – углеводы, белки, жиры, т. е. все то, что необходимо для существования человека и животных [4].

Древесная зелень выступает сырьем в лесозаготовительном производстве для получения гранулированного топлива; в лесохимическом производстве для получения хлорофиллокаротиновых паст, хлорофиллина натрия, хвойного лечебного экстракта; в агропромышленном производстве – для получения хвойно-витаминной муки [9].

Для производства витаминной муки должна использоваться древесная зелень, которая может быть собрана с сосны, ели или пихты [5, 10].

Ф. Т. Солодской (2014) рассматривал новый способ получения полезных витаминов при комплексной переработке хвои. Производственные методы извлечения витамина С из хвои основывались на холодной экстракции. Автор установил, что

при настаивании измельченной хвои в воде при температуре около 98-100 °С в течение одного часа не менее 50 % витамина С переходит в экстракт. Исходя из этого, по предлагаемому способу хвою настаивают в горячей воде в течение одного часа, после чего водный раствор сливают. Отгонка эфирных масел после извлечения витамина С из хвои происходит путем продувки паром для получения эфирного масла. Для выделения каротина хвою кипятят в течение одного часа в водном растворе щелочи для перевода в эмульсию смолистых веществ хвои [8].

В работе Н.Р. Галяветдинова и А.Е. Ворониной (2014) рассматривался вопрос переработки древесной зелени с последующим получением полезных продуктов. В результате исследования была разработана экспериментальная установка для исследования переработки древесной зелени хвойных пород водяным паром при регулировании давления среды. Так как наиболее ценным продуктом при данном способе переработки сырья является эфирное масло, именно количество и качество данного вещества на выходе будет определяющим фактором при определении эффективности данной технологии при различных режимах. Полученные результаты экспериментов показывают, что температурный диапазон переработки древесной зелени от 110 °С до 130 °С обеспечивает наилучшие показатели по выходу эфирного масла, что подтверждает низкую эффективность существующих установок по переработке древесной зелени водяным паром, работающих при атмосферном давлении, так как в этом случае более 50 % целевого продукта остается в отработанной зелени [1].

### Цель исследования

Цель данной работы заключается в разработке конструкции мобильной установки, способной перерабатывать древесную зелень на территории лесосеки. Для решения поставленной цели необходимо решить ряд задач:

- провести предварительный эксперимент, направленный на определение наиболее эффективного способа измельчения древесной зелени хвойных пород;

- провести активный многофакторный эксперимент, направленный на определение технологических параметров измельчающей установки;

- представить конструкцию мобильной установки для измельчения древесной зелени хвойных пород.

### Методика проведения эксперимента

При реализации предварительного эксперимента в качестве сырья для получения полуфабриката использовалась хвоя сосны, отвечающая требованиям ГОСТ 21769-84 «Зелень древесная. Технические условия». Хвоя была высушена до влажности  $W = 30\%$ . Определение влажности сырья осуществлялось весовым методом. Измельчение осуществлялось на следующем лабораторном оборудовании: роторно-ножевая мельница, мельница сухого измельчения и универсальная дробилка.

Через загрузочный патрубок роторно-ножевой мельницы хвоя массой  $m = 50$  г поступает в камеру установки, после чего происходит её запуск. Измельчение происходит в течение  $t = 180$  с. Затем установка останавливается, и полуфабрикат извлекается.

Загрузка хвои массой  $m = 50$  г в мельницу сухого измельчения осуществляется через загрузочный патрубок. Установка запускается и работает  $t = 180$  с. После чего её останавливают и извлекают полуфабрикат.

Хвоя массой  $m = 50$  г через загрузочный патрубок поступает в корпус универсальной дробилки. Происходит запуск установки в работу, измельчение происходит в течение  $t = 180$  с. Затем установка останавливается, и полуфабрикат извлекается.

После того, как процесс измельчения закончен, происходит замер размеров полученного полуфабриката.

На основании данных, полученных в ходе предварительного эксперимента, планируется активный многофакторный эксперимент, целью которого является определение влияния технологических параметров установки на получаемое сырьё.

Для реализации активного многофакторного эксперимента была подготовлена древесная зелень сосны, треть которой была измельчена в свежесобранном виде ( $W = 60\%$ ), оставшиеся две трети высушены до влажности  $W = 30\%$  и  $W = 0\%$ . Определение влажности сырья осуществлялось весовым методом. Измельчение осуществлялось на универсальной дробилке. В ходе реализации эксперимента измельчались навески массой  $m = 50$  г. В каждом случае измельчение проводилось в течение  $t = 180$  с. Значения управляемых факторов эксперимента приведены в табл. 1. К контролируемым факторам относятся длина ( $l$ , мм) и диаметр ( $d$ , мм) измельчённой хвои.

Согласно плану эксперимента (табл. 2), фиксировали значение частоты вращения ротора на нижнем, основном и верхнем уровнях, в каждом случае изменяли значения размера ячеек сита и влажность измельчаемого сырья, согласно выбранному интервалу варьирования данных факторов.

Размерные характеристики полученного полуфабриката анализировались с использованием электронного микроскопа с увеличением 100-1500 крат и линейки, имеющей цену делений 0,01 мм.

### Обсуждение результатов исследования

В ходе предварительного эксперимента было установлено, что роторно-ножевые мельницы не способны измельчать хвою (наблюдается изгибание хвои без изменения геометрических размеров). Это обусловлено формой рабочего зазора установки и геометрическими особенностями хвои: большая длина и малый диаметр, в результате чего хвоя может свободно проходить через рабочий зазор между ножом и контрножом установки.

В результате измельчения хвои на мельнице сухого измельчения была получена однородная масса со средним размером частиц 1,5 мм. Ввиду того, что измельчение осуществляется между стальными жерновами установки, хвое требуется многократное прохождение между жерновами, что негативно сказывается на производительности установки.

Измельчение хвои на универсальной дробилке позволяет получать однородную массу со средним размером частиц 1,2 мм. Измельчение

происходит в результате многократного ударного взаимодействия между ножами установки и измельчаемым сырьем. В результате того, что ножи

установки имеют заточку режущих граней, процесс измельчения значительно ускоряется.

Таблица 1

Управляемые факторы эксперимента

Наименование фактора	Обозначения		Интервал варьирования фактора	Уровень варьирования фактора		
	натуральный вид	нормализованный вид		нижний (-1)	основной (0)	верхний (+1)
Частота вращения ротора, об/мин	n	X <sub>1</sub>	750	2000	2750	3500
Размера ячеек сита, мм	b	X <sub>2</sub>	2	1	3	5
Влажность измельчаемого сырья, %.	W	X <sub>3</sub>	30	0	30	60

Таблица 2

Матрица проведения эксперимента

№ опыта	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	Y <sub>1</sub>	Y <sub>2</sub>
1	2	3	4	5	6
1	-1	-1	-1	0,242	1,046
2	1	-1	-1	0,154	0,792
3	-1	1	-1	0,604	4,668
4	1	1	-1	0,346	2,52
5	-1	-1	1	1,05	65,88
6	1	-1	1	0,182	0,806
7	-1	1	1	1,006	66,762
8	1	1	1	0,594	4,802
9	-1	0	0	0,646	3,8
10	1	0	0	0,286	2,088
11	0	-1	0	0,24	0,934
12	0	1	0	0,832	5,032
13	0	0	-1	0,364	3,586
14	0	0	1	0,994	2,33

В результате анализа данных, полученных в результате предварительного эксперимента, можно сделать вывод, что наиболее эффективным способом измельчения хвои является ударное воздействие на измельчаемое сырье. Таким образом, для реализации активного многофакторного эксперимента выбрана универсальная дробилка.

С целью установления закономерностей влияния управляемых параметров универсальной дробилки на контролируемые параметры измельченной древесной зелени хвойных пород был спланирован и реализован активный многофакторный эксперимент, а для визуализации процесса построены поверхности отклика в виде графических зависимостей (рис. 1).

Из приведенных графических зависимостей видно, что чем выше частота вращения ротора, тем меньше будет размер измельченной хвои. Это обусловлено тем, что при увеличении частоты вращения ротора будет увеличиваться значение линейной скорости ножа, следовательно, и сила, с которой будет происходить удар, будет увеличиваться. Чем больше размер ячеек сепаратора, тем большего размера будет измельченная хвоя. Уменьшение размера ячеек сепаратора приведёт к тому, что измельчаемое сырье, размеры которого больше размера ячеек сепаратора, не сможет покинуть рабочую камеру установки и будет повторно подвержено ударному воздействию со стороны ножей.

Таким образом, из графических зависимостей можно сделать вывод, что для измельчения хвои любой влажности необходимо, чтобы частота вращения ротора составляла  $n = 2750-3000$  об/мин. Дальнейшее увеличение частоты вращения ротора приведет к увеличению потребляемой энергии установки, но при этом качество получаемой продукции повысится незначительно. Размер ячеек сита  $b = 1-3$  мм позволяет получать полуфабрикат для производства хвойно-витаминной муки, не требующий дальнейшего измельчения.

Данные, полученные в ходе реализации эксперимента, будут использованы при разработке конструкции мобильной установки для измельчения древесной зелени хвойных пород. Предлагается разместить на колесной базе отделяюще-измельчающую установку, состоящую из узла от-

деления и узла измельчения древесной зелени хвойных пород. Узел отделения древесной зелени состоит из корпуса, в котором закреплен вращающийся барабан с шарнирно укрепленными на его обечайке штифтами. Сучья и тонкомерные деревья загружают комлем вперед в приемную часть устройства, после чего они захватываются ребристыми вальцами, которые подают их в рабочую зону барабана. Узел резания состоит из закрепленного на валу ротора. Ротор представляет собой переднюю и заднюю крышки, между которыми пропущены оси. На осях размещаются ступицы с приваренными к ним ножами, расстояние между ножами регулируется с помощью ширины ступиц, к которым приварены ножи. Фиксация осей в роторе осуществляется с помощью концевых шайб. Под ситом измельчителя древесной зелени расположены пакетодержатель и вакуумная-упаковочная машина. Общий вид мобильной установки приведен на рис. 2.

Принцип работы мобильной установки (рис. 3) заключается в следующем: сырье, представленное в виде веток и тонкомерных деревьев, загружается комлем вперед в приемную часть установки, после чего оно захватывается ребристыми вальцами, которые подают его в рабочую зону узла отделения древесной зелени. Под воздействием штифтов, шарнирно укрепленных на обечайке барабана, хвоя отделяется от веток. При дальнейшем движении очищенные ветки выводятся наружу, а хвоя под действием силы тяжести подается в узел резания. Древесная зелень, попавшая в зону резания, отбрасывается вращающимся ротором, который создает воздушный поток, к стенкам рабочей камеры и увлекается ножами в круговое движение. Ножи, перемещаясь в продуктивно-воздушном слое, ударяют частицы своей рабочей поверхностью и измельчают их. Измельченное сырье, размеры которого меньше размера ячеек сита, выводится из зоны резания и по поворотному механизму попадает в мешок, который стоит на весах. Весы рычажно соединены с поворотным механизмом, который определяет, в какой из двух мешков будет поступать измельченная хвоя. Через горловину мешка пропущена лента, соединенная с вакуумно-упаковочной машиной. Когда мешок полностью заполнен, поворотный механизм поворачивается,

и начинается заполнение второго мешка, в это время вакуумно-упаковочная машина первого мешка затягивает ленту, откачивает воздух и запаивает мешок. Полученные мешки транспортируются на верхний склад, откуда направляются к потребителю.

Использование мобильной установки возможно, когда наряду с заготовкой деловой древе-

сины при сплошнолесосечной сортиментной технологии осваиваются лесосечные отходы. Операция измельчения древесной зелени может выполняться на делянке, или на погрузочной площадке у лесовозной дороги, или на территории предприятия-потребителя [3].

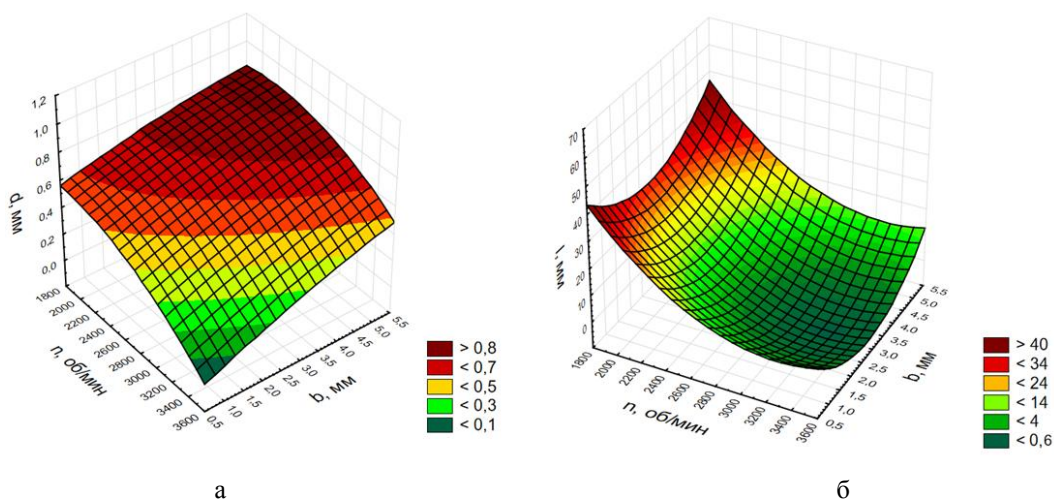


Рис. 1. Зависимость диаметра и длины измельченной хвои от частоты вращения ротора и размера ячеек сита: а – график зависимости диаметра измельченной хвои (d, мм) от частоты вращения ротора (n, об/мин) и размера ячеек сита (b, мм); б – график зависимости длины измельченной хвои (l, мм) от частоты вращения ротора (n, об/мин) и размера ячеек сита (b, мм)

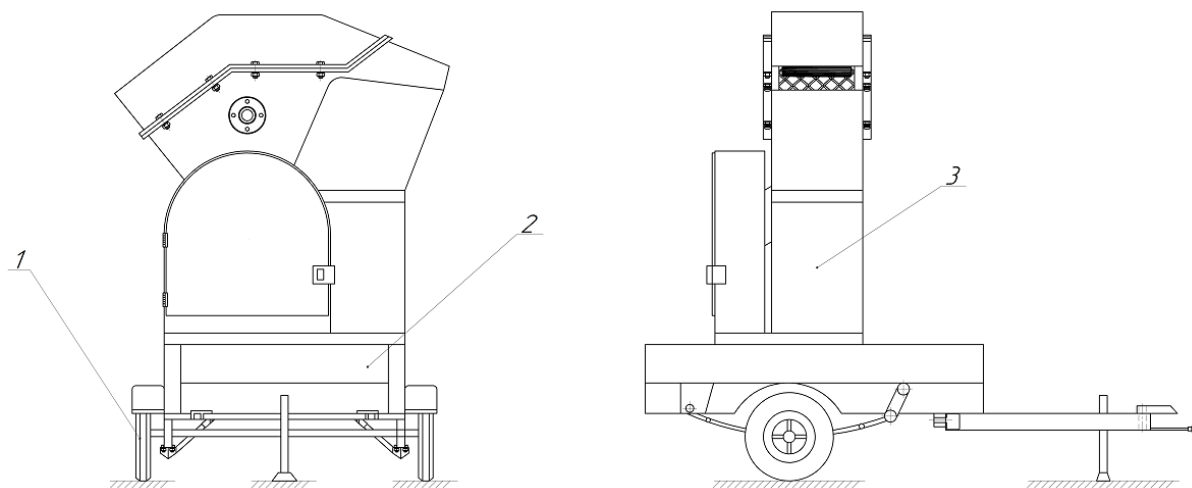


Рис. 2. Общий вид мобильной установки для измельчения древесной зелени: 1 – колесная пара; 2 – сварная рама; 3 – отделяюще-измельчающая установка

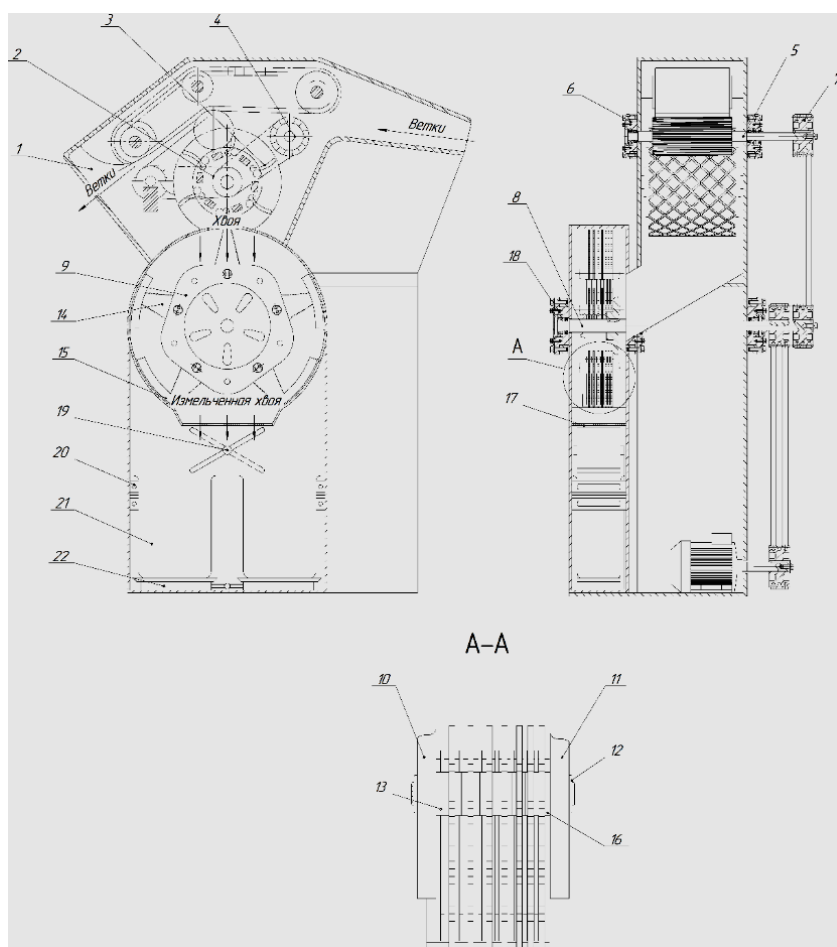


Рис. 3. Схема мобильной установки для измельчения древесной зелени: 1 – корпус; 2 – барабан; 3 – штифты; 4 – подающий валец; 5 – вал барабана отделителя древесной зелени; 6 – подшипниковые узлы отделителя древесной зелени; 7 – шкив отделителя древесной зелени; 8 – вал ротора измельчителя; 9 – ротор измельчителя; 10 – передняя крышка ротора; 11 – задняя крышка ротора; 12 – концевые шайбы осей; 13 – ступица ножа; 14 – нож; 15 – контрнож; 16 – ось; 17 – сменное сито; 18 – подшипниковые узлы измельчителя; 19 – поворотный механизм; 20 – вакуумно-упаковочная машина; 21 – мешок; 22 – весы

## Выводы

В ходе выполнения данной работы были спланированы и реализованы два эксперимента – предварительный и основной:

- в результате реализации предварительного эксперимента было установлено, что наиболее эффективный способ измельчения древесной зелени хвойных пород – измельчение в результате ударного воздействия;

- активный многофакторный эксперимент показал, что для измельчения хвои на универсальной дробилке требуется поддерживать частоту вращения ротора на уровне  $n = 2750-3000$  об/мин, а размер ячеек сита должен составлять  $b = 1-3$  мм.

На основании данных, полученных в результате экспериментов, была представлена конструкция мобильной установки для измельчения древесной зелени хвойных пород на территории лесосеки. Основной особенностью данной установки является то, что она позволяет производить операции по отделению и измельчению хвои от веток и упаковке полученной продукции на территории лесосеки. Конструктивно установка представляет собой совмещенные в одном корпусе узлы по отделению, измельчению древесной зелени и упаковке измельченной хвои, размещенные на колесной базе.

## Библиографический список

1. Галяветдинов, Н. Р. Переработка древесной зелени с последующим получением полезных продуктов / Н. Р. Галяветдинов, А. Е. Воронин // Вестник казанского технологического университета. – 2014. – № 5. – С. 138–140.
2. Комплексное использование недревесной продукции леса / под общ. ред. Д. А. Телишевского. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Лесн. пром-сть, 1986. – 261 с.: ил.
3. Лесосечные машины в фокусе биоэнергетики: конструкции, проектирование, расчет : учеб. пособие / В. С. Сюзёв [и др.]. – Москва : НИИ Леса Финляндии METLA, 2011. – 143 с.
4. Некрасова, В. Б. Получение и применение биокорректоров питания из биомассы дерева / В. Б. Некрасова, Т. Г. Безбородова // Известия Санкт-петербургской лесотехнической академии. – 2012. – № 198. – С. 190–201.
5. Петренко, Е. В. Эффективность совместной переработки древесной зелени пихты и ели / Е. В. Петренко, В. Н. Паршикова, Р. А. Степень // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. – 2013. – № 6 (336). – С. 100–106.
6. Повышение эффективности экстракции эфирных масел водяным паром / Р. Р. Сафин, А. Е. Воронин, Ф. В. Назипова, Л. В. Ахунова // Вестник технологического университета. – 2015. – № 8. – С. 151–154.
7. Установка для переработки отходов древесных производств / Р. Р. Сафин, Е. Ю. Разумов, А. Е. Воронин, А. Р. Зиятдинов, А. Т. Сабиров // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. – 2009. – № 5 (19). – С. 82–87.
8. Солодской, Ф. Т. Способ комплексной переработки хвои / Ф. Т. Солодской // Комплексное устойчивое управление отходами. – 2014. – № 5. – С. 138–140.
9. Суровцева, Л. С. Эффективность производства древесных топливных гранул / Л. С. Суровцева, А. В. Старкова // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. – 2011. – № 6(324). – С. 76–80.
10. Huttunen, S. Scots pine and the changing environment - needle responses / S. Huttunen, S. Manninen // Polish botanical studies. – 2005. – № 19. – P. 133-141.
11. Koptsik, G. N. Pine needle chemistry near a large point so2 source in northern Fennoscandia / G. N. Koptsik, S. V. Koptsik, D. Aamlid // Water, air, & soil pollution. – 2001. – № 1-4 III. – P. 929–934.
12. Growth and characterization of pine-needle-shaped nanorods by sputtering and ammoniating process / B. Li, H. Zhuang, C. Xue, S. Zhang // Superlattices and microstructures. – 2008. – № 3. – P. 262–267.

## References

1. Galyavetdinov N. R., Voronin A. E. *Pererabotka drevesnoy zeleni s posleduyushchim polucheniyem poleznykh produktov* [Processing of wood greens with the subsequent reception of useful products]. *Vestnik kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta*. [Bulletin of Kazan technological University.], 2014, no. 5, pp. 138-140. (In Russian).
2. Telishevsky D. A. *Kompleksnoe ispol'zovanie nedrevesnoj produkcii lesa* [Integrated use of non-wood forest products]. Moscow, 1986, 261 p. (In Russian).
3. Syunev V. S., Seliverstov A. A., Gerasimov Yu. Yu., Sokolov A. P. *Lesosechnye mashiny v fokuse bioenergetiki: konstrukcii, proektirovanie, raschet* [Cutting machines in the focus of bioenergy: design, design, calculation]. Moscow, 2011, 143 p. (In Russian).
4. Nekrasova V. B., Bezborodova T. G. *Poluchenie i primeneniye biokorrektorov pitaniya iz biomassy dereva* [Preparation and application of biocorrectors of food from wood biomass]. *Izvestiya sankt-peterburgskoj lesotekhnicheskoy akademii* [News of the St. Petersburg forestry Academy], 2012, no. 198, pp. 190-201. (In Russian).



5. Petrenko E.V., Parshikova V. N., Stepen R. A. *Ehffektivnost' sovmestnoj pererabotki drevesnoj zeleni pithy i eli* [The effectiveness of joint processing of wood greens of fir and spruce]. *Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Lesnoj zhurnal*. [News of higher educational institutions. Forest journal.], 2013, no. 6(336), pp. 100-106. (In Russian).
6. Safin R. R., Voronin A. E., Nazipova F. V., Akhunova, L. V. *Povyshenie ehffektivnosti ehkstrakcii ehfirnyh masel vodyanym parom* [Improving the efficiency of extraction of essential oils with water vapor]. *Vestnik tekhnologicheskogo universiteta*. [Bulletin of technological University], 2015, no. 8, pp. 151-154. (In Russian).
7. Safin R. R., Razumov E. Yu., Voronin, A. E., Ziatdinov A. R., Sabirov A. T. *Ustanovka dlya pererabotki othodov drevesnyh proizvodstv* [Installation for waste wood processing]. *Voprosy sovremennoj nauki i praktiki. Universitetim. V.I. Vernadskogo*. [Issues of modern science and practice. University them. V. I. Vernadsky.], 2009, no. 5(19), pp. 82-87. (In Russian).
8. Solodskoy F. T. *Sposob kompleksnoy pererabotki khvoi* [Method of complex processing of needles]. *Kompleksnoye ustoychivoye upravleniye otkhodami*. [Integrated sustainable waste management.], 2014, no. 5, pp. 138-140. (In Russian).
9. Surovceva L. S., Starkova A. V. *Ehffektivnost' proizvodstva drevesnyh toplivnyh granul* [The efficiency of production of wood pellets]. *Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Lesnoj zhurnal*. [News of higher educational institutions. Forest journal.], 2011, no. 6(324), pp. 76-80. (In Russian).
10. Huttunen S., Manninen S. Scots pine and the changing environment - needle responses. *Polish botanical studies*. 2005. № 19. P. 133-141.
11. Koptsik G. N., Koptsik S. V., Aamlid D. Pine needle chemistry near a large point so<sub>2</sub> source in northern Fennoscandia. *Water, air, & soil pollution*. 2001. № 1-4 III. P. 929-934.
12. Li B., Zhuang H., Xue C., Zhang S. Growth and characterization of pine-needle-shaped gannanorods by sputtering and ammoniating process. *Superlattices and microstructures*. 2008. № 3. P. 262-267.

### Сведения об авторах

*Борин Кирилл Викторович* – магистрант, Лесосибирский филиал ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева», г. Лесосибирск, Российская Федерация; e-mail: borin.95@mail.ru.

*Петрушева Надежда Александровна* – доцент кафедры «Технологии лесозаготовительных и деревообрабатывающих производств» Лесосибирского филиала ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева», кандидат технических наук, доцент, г. Лесосибирск, Российская Федерация; e-mail:petrusheva-n@mail.ru.

### Information about authors

*Borin Kirill Viktorovich* – Master's degree student, Lesosibirsk branch of FSBEI HE «Reshetnev Siberian State University of Science and Technology», Lesosibirsk, Russian Federation, e-mail: borin.95@mail.ru.

*Petrusheva Nadezhda Aleksandrovna* – Associate Professor of the Department "Technologies of logging and wood processing industries", Lesosibirsk branch of FSBEI HE "Reshetnev Siberian State University of Science and Technology", PhD (Engineering), Associate Professor, Lesosibirsk, Russian Federation; e-mail:petrusheva-n@mail.ru.