



## ПЕРЕРАБОТКА ОТХОДОВ ЛЕСОЗАГОТОВИТЕЛЬНЫХ И ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ В НЕТРАДИЦИОННЫЙ МЕЛИОРАТИВНЫЙ СУБСТРАТ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Татьяна Е. Галдина<sup>1</sup> ✉, invitro11@bk.ru  
Анатолий В. Кулаков<sup>2</sup>, kulan07@yandex.ru  
Валентин А. Ранцев-Каринов<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г. Ф. Морозова», ул. Тимирязева, 8, г. Воронеж, 394087, Россия

<sup>2</sup>Институт функциональных экономических систем, г. Москва, Российская Федерация

В России в сфере быстро и динамически развивающейся деревообрабатывающей отрасли актуальным становится вопрос утилизации отходов лесозаготовительных и деревообрабатывающих предприятий. В статье отражена информация о новой разработанной технологии переработки отходов лесозаготовительных и деревообрабатывающих предприятий. Разработчиками предложена экологически чистая технология переработки органических отходов в продукт, оказывающий эффективное мелиоративное воздействие и повышающий природный потенциал почв. В основе предлагаемой авторами технологии лежат уникальные технические возможности разработанной установки – высокоэффективной мельницы, дающей помол вплоть до наноразмерной тонины, и высокоэффективного миксера, позволяющего получать гомогенные смеси различных материалов и различной тонины помола. Получаемый таким образом нетрадиционный субстрат за счет научно обоснованного состава и соотношений композиционных компонентов органических отходов обладает эффективными мелиоративными свойствами, повышающими почвенный потенциал, а также восстанавливающими плодородие гумусового горизонта. Применение в питомниках нетрадиционного мелиоративного субстрата повысило приживаемость и темпы роста сеянцев сосны обыкновенной как в открытом грунте, так и в теплице. Таким образом, предлагаемая авторами установка за одну технологическую операцию позволяет осуществлять переработку отходов лесозаготовительных и деревообрабатывающих предприятий и получать в конечном итоге продукт, способствующий повышать почвенный потенциал деградированных земель.

**Ключевые слова:** отходы, переработка отходов, нетрадиционный субстрат, технология переработки, сеянцы сосны обыкновенной

**Конфликт интересов:** авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Для цитирования:** Галдина, Т. Е. Переработка отходов лесозаготовительных и деревообрабатывающих предприятий в нетрадиционный мелиоративный субстрат с применением экологически чистых технологий / Т. Е. Галдина, А. В. Кулаков, В. А. Ранцев-Каринов // Лесотехнический журнал. – 2021. – Т. 11. – № 2 (42). – С. 24–34. – Библиогр.: с. 32–34 (13 назв.). – DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2021.2/3>.

**Поступила:** 05.03.2021 **Принята к публикации:** 01.06.2021 **Опубликована онлайн:** 01.07.2021

## PROCESSING WASTE FROM LOGGING AND WOOD PROCESSING ENTERPRISES INTO A NON-CONVENTIONAL RECLAMATION SUBSTRATE USING ENVIRONMENTALLY FRIENDLY TECHNOLOGY

Tatyana E. Galdina<sup>1</sup> ✉, invitro11@bk.ru

Anatoly V. Kulakov<sup>2</sup>, kulan07@yandex.ru

Valentin A. Rantsev-Kartinov<sup>2</sup>

<sup>1</sup>FSBEI HE Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russian Federation

<sup>2</sup>Institute for Functional Economic Systems, Moscow, Russian Federation

### Abstract

In Russia, in the field of rapidly and dynamically developing woodworking industry, the issue of recycling waste from logging and woodworking enterprises is becoming relevant. The article reflects information about a new developed technology for processing waste from logging and woodworking enterprises. The developers have proposed an environmentally friendly technology for processing organic waste into a product that has an effective reclamation effect and increases the natural potential of soils. The technology proposed by the authors is based on the unique technical capabilities of the developed installation - a highly efficient mill that grinds down to nano-sized fineness, and a highly efficient mixer that makes it possible to obtain homogeneous mixtures of various materials and different fineness. The unconventional substrate obtained in this way, due to the scientifically grounded composition and ratios of the composite components of organic waste, has effective reclamation properties that increase the soil potential, as well as restoring the fertility of the humus horizon. The use of an unconventional ameliorative substrate in nurseries increased the survival rate and growth rates of Scots pine seedlings both in the open field and in the greenhouse. Thus, the installation proposed by the authors in one technological operation enables the processing of waste from logging and woodworking enterprises and ultimately obtain a product that helps to increase soil potential of degraded lands.

**Keywords:** waste, waste processing, non-traditional substrate, processing technology, Scots pine seedlings

**Conflict of interest:** the authors declare no conflict of interest.

**For citation:** Galdina T.E., Kulakov A.V., Rantsev-Kartinov V.A. (2021) Processing waste from logging and wood processing enterprises into a non-conventional reclamation substrate using environmentally friendly technology. *Lesotekhnicheskii zhurnal* [Forest Engineering journal], Vol. 11, No. 2 (42), pp. 24-34 (in Russian). DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2021.2/3>.

**Received:** 05.03.2021 **Accepted for publication:** 01.06.2021 **Published online:** 01.07.2021

### Введение

Проблема утилизации отходов на протяжении многих столетий являлась глобальной и актуальной. Но в сфере интенсивной глобализации человеческой деятельности, интенсификации промышленности и других различных сегментов хозяйствования вопрос переработки отходов во вторичный продукт приобрёл наиболее острую необходимость. Повторное использование отходов сильнейшим образом меняет экономические и эко-

логические стороны нашей жизни. Именно переработка отходов во вторичный необходимый для потребления продукт соответствует главным экологическим целям – восстановлению окружающей среды, сохранению природных ресурсов, созданию здоровой экосистемы, уменьшению объема полигонов [1, 2].

Интенсификация хозяйственной деятельности лесного сектора экономики в настоящее время терпит ряд серьезных экологических проблем [2].

К числу особых видов антропогенного воздействия относится загрязнение природной среды отходами производства и потребления. Немаловажным видом также является антропогенное воздействие на агро-экосистемы, следствием которого является деградация почв.

Деградация сельскохозяйственных земель лесного фонда идет такими ускоренными темпами, опережающими естественные процессы восстановления, что усиливает отрицательное воздействие на окружающую среду.

В настоящее время для повышения почвенного потенциала недостаток в почве питательных веществ компенсируют внесением минеральных удобрений [4, 6-10, 13]. Однако такой подход не справляется с основными задачами сохранения и восстановления плодородия деградированных земель, повышения природного потенциала почвенного горизонта. Систематическое внесение минеральных удобрений в итоге имеет обратную сторону и усиливает отрицательное воздействие на деградированные почвы.

Поэтому актуальным становится вопрос о поиске новейших технических решений, позволяющих решить ряд насущных задач, которые снизят отрицательное воздействие на экологические системы [2, 3].

В настоящее время очень актуальна проблема переработки производственных отходов различных видов отраслей. В лесном хозяйстве, имеющем огромные запасы лесной продукции, на лесосеках и на территориях предприятий по переработке древесины скапливаются огромные количества древесных отходов. В процессе лесозаготовки используется около 60 % древесины. Остальная же часть приходится на отходы, которые уничтожаются путем сжигания, наносящим вред окружающей среде [2].

Однако переработка отходов древесины в настоящее время имеет массу сфер для реализации: получение мульчи, топливных брикетов, получение органического удобрения и т.д.

На основе отходов древесины готовят органическое удобрение при помощи довольно несложного процесса компостирования [11, 12]. В основе технологии при реализации данного производства

выступает закладка и оборудование траншей для приготовления компостной массы, а также временной интервал. Такой компост, позволяющий улучшить структуру почв, будет целесообразным использовать с целью улучшения плодородия сильноминерализованных и суглинистых грунтов.

### Материалы и методы

Проанализировав сложную ситуацию с утилизацией и переработкой отходов в лесозаготовительном и деревообрабатывающем промышленном секторе, группа специалистов разработала и предложила к внедрению технологию по получению нетрадиционного мелиоративного субстрата из органических отходов.



Рис. 1. УММ установка в сборе-02  
(фотография авторов)

Figure 1. Universal Multipurpose Module-02  
assembled (photo by the authors)

Предлагаемая технология является комплексной, ибо она предназначена для получения новых материалов из различных отходов производства и потребления. В основе данной технологии лежат уникальные технические возможности применения «Универсальных Многоцелевых модулей» (рис. 1) в качестве высокоэффективной мельницы, дающей помол вплоть до наноразмерной тонины любых материалов, независимо от их твердости и пластичности, и высокоэффективного миксера, позволяющего получать однородные смеси различных материалов и различной тонины помола.

Предлагаемая технология позволяет перерабатывать любые отходы лесозаготовки и деревообработки: опил, стружку, древесную пыль, щепу, горбыль, срезку, тонкомерную древесину, «лежащие» отходы, которых, как уже упоминалось выше, накопилось с избытком.

Основным звеном в решении задач по переработке древесных отходов в нетрадиционный мелиоративный субстрат является высокоэффективная технология, основанная на использовании различных модификаций «Универсальных Многоцелевых модулей» в качестве основных стандартных блоков в экологических технологических цепочках (рис. 2) при составлении их на любую запланированную мощность и производительность выхода конечного продукта переработки.

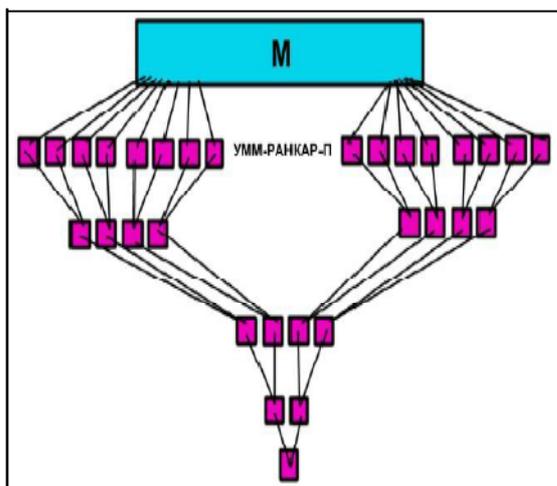


Рис. 2. Схема технологической цепочки экологически чистой технологии переработки отходов лесозаготовительных и деревоперерабатывающих предприятий в нетрадиционный мелиоративный субстрат (схема автора А.В. Кулакова)

Figure 2. Process flow diagram of processing waste from logging and wood processing enterprises into an non-conventional reclamation substrate using environmentally friendly technology (by A.V. Kulakov)

Сами «Универсальные многоцелевые модули» по своей сути относятся к области интенсивного измельчения и перемешивания сыпучих/жидких сред.

Высокая же эффективность применения «Универсальных Многоцелевых модулей» в экологических технологических цепочках определяется тем, что все эти процессы протекают в их рабочих зонах одновременно, как и множество физических и химических процессов, приводящих к ним. Итак, универсальность и высокая эффективность их обусловлена:

а) множеством и активностью протекающих в их рабочих зонах процессов:

- ✓ дробление посредством «стесненного удара»;
- ✓ электромагнитная эрозия;
- ✓ плазменное воздействие;
- ✓ ультразвук (при обработке в жидкой среде);

б) высокой плотностью энергии магнитной индукции в рабочей зоне (при  $B \sim 10^4$  Гс,  $W \sim 0.4$  Дж/см<sup>3</sup> =  $4 \cdot 10^5$  Дж/м<sup>3</sup>), в сотни раз превышающей плотность энергии в рабочих зонах других подобных устройств;

- ✓ в) почти 100 %-м КПД;
- ✓ г) низкой материалоемкостью.

В основу модулей положены высокоэффективные:

- дезинтеграторы (мельницы, дающие помол до наноразмеров различных перерабатываемых материалов независимо от их твердости и вязкости);
- миксеры (позволяющие получать гомогенные смеси различных веществ и качественные суспензии почти несмешиваемых жидкостей, таких как вода и масло);
- активаторы физических/химических процессов (позволяющие в десятки тысяч раз увеличивать скорости протекающих в применяемых технологиях соответствующих реакций).

Объектом исследования явились: 55 % – отходы деревоперерабатывающих и лесозаготовительных предприятий и 45 % – другие органические отходы (ТБО органического состава, солома, лузга, листопадный опад, бесподстилочный навоз, каньга), которые перерабатывались в технологической цепочке из «УММ» в однородную гомогенную смесь (нетрадиционный мелиоративный субстрат). Данная смесь за счет научно обоснованного композиционного состава наделена уникальными

свойствами органического удобрения и мелиоративного субстрата и целесообразна в использовании для повышения функциональных свойств почв, деградированных земель.

Опытные объекты по изучению влияния нетрадиционного мелиоративного субстрата на рост сеянцев в открытом грунте располагались в Учебно-опытном лесхозе ВГЛТУ. Были заложены опытные экспериментальные участки общей площадью 0,3 га. С целью определения влияния дозы внесения нетрадиционного мелиоративного субстрата на физико-химические свойства почв изучаемая смесь различного состава вносилась в дозах от 0,5 до 10 т/га. Нетрадиционный мелиоративный субстрат вносился осенью по черному пару в год, предшествующий посеву. Для изучения влияния нетрадиционного мелиоративного субстрата на биометрические показатели сеянцев сосны обыкновенной производилась их выкопка на однометровых отрезках. Высота однолетних сеянцев сосны обыкновенной определялась путем сплошного перечета на однометровых отрезках. Динамика роста двухлетних сеянцев сосны обыкновенной определялась путем измерения высоты 15.05., 18.06., 17.07., 18.09.2019 г.

Изучение влияния применения нетрадиционного мелиоративного субстрата в кассетах осуществлялось в АО «ПК Воронежской области». Нетрадиционный мелиоративный субстрат добавляли к торфу для заполнения кассет. Закладывали эксперимент в пяти повторностях по 100 кассет с разными соотношениями торфа и нетрадиционного мелиоративного субстрата. В качестве контроля служили чистый торф и чистый нетрадиционный мелиоративный субстрат. В кассеты высевали семена сосны обыкновенной. Всхожесть определяли путем наблюдения на 5, 7, 10, 15 дни. Биометрические показатели сеянцев сосны обыкновенной с закрытой корневой системой определяли в сентябре текущего года посева. Обработку полученных измерений проводили при помощи статистической программы «Stadia».

### Результаты и обсуждение

Основа очень высокой эффективности предлагаемой экологически чистой технологии заключается в разработке и использовании квантового

плазменного конденсата, что позволит переработать отходы производства без вредных выбросов в атмосферу.

Экологически чистая технология представляет собой цепочку УММ, представляющих собой трехфазные электромагнитные двигатели с распределенными роторами в виде игл, формирующих в их рабочих зонах активный ферромагнитный вихревой слой, проходя через который, исходное вещество обрабатывается (измельчается, смешивается, активизируется и т.д.), универсальность которых проявляется в том, что они могут одинаково высокоэффективно использоваться в различных отраслях промышленного производства.

Таким образом, для получения нетрадиционного мелиоративного субстрата, включающего в себя следующий композиционный состав: ТБО органического состава (10 %), древесные отходы (35 %), отходы деревообрабатывающего производства (20 %), отходы сельского хозяйства (солома, лузга) (10 %), листопадный опад (5 %), бесподстилочный навоз (10-20 %), каныга (10-20 %), мы предлагаем разработанную экологически чистую технологию, в основе которой УММ, позволяющий за одну технологическую операцию получить готовый к употреблению продукт – нетрадиционный мелиоративный субстрат.

Основным и главным звеном технологического решения производства нетрадиционного субстрата является научно обоснованное соотношение сырьевых компонентов, что позволяет получать конкурентоспособный продукт, обладающий мелиоративными свойствами, а также наделенный функциями органического удобрения.

Нетрадиционный субстрат за счет научно обоснованного состава и соотношений композиционных компонентов органических отходов обладает эффективными свойствами как мелиорант, а также как органическое удобрение. Разлагаясь в земле, нетрадиционный субстрат развивает гумусовый слой почвы, чем значительно повышает ее плодородие и содержание в ней питательных веществ. Кроме того, внесение нетрадиционного субстрата способствует регуляции биологических процессов в почве и активизирует деятельность почвенных микроорганизмов, что позволяет значи-

тельно повысить почвенный потенциал деградированных земель и повысить приживаемость, рост сеянцев (табл. 1, рис. 3) и продуктивность лесных культур.

Наши эксперименты по практическому применению полученного продукта на экологически чистой технологии позволяют с уверенностью рекомендовать наши разработки для питомников и тепличных комплексов.

Таблица 1

Средняя высота однолетних сеянцев сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) с предварительным внесением удобрений при подготовке почвы (2018 г).

Table 1

Average height of annual seedlings of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) with preliminary fertilization during soil preparation (2018)

№ п/п No.	Наименования варианта Option name	Высота сеянцев сосны обыкновенной, см Height of seedlings, sm		Процент от контроля Percentage of control
		$M \pm m$	$t_{\text{факт.}}$	
1	Контроль (без внесения)	2,4±0,10	-	100,0
2	Нетрадиционный субстрат (3000)	4,2±0,14	10,3*	171,9
3	Органические удобрения <b>NPK (16:16:16)</b>	2,5±0,07	0,3	101,8

Примечание здесь и далее: 1) \* -  $t_{\text{факт.}} \geq t_{\text{табл.}}$  (различие по сравнению с контролем достоверно при  $НСР_{05}$ ); 2)  $t_{\text{табл.}} = 1,98$ .

Источник: результаты получены авторами

Source: own results

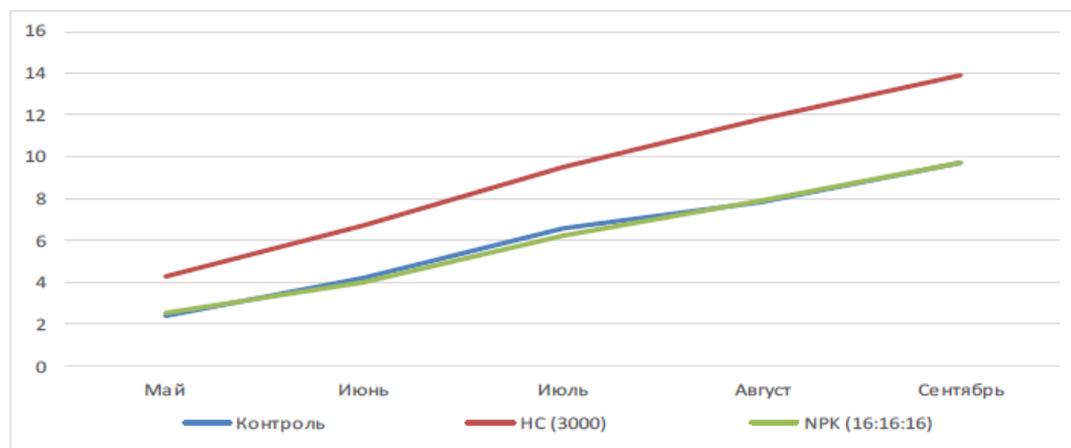


Рис. 3. Динамика роста в высоту 2-летних сеянцев сосны обыкновенной (2019 г.) на участках с предварительным внесением удобрений, нетрадиционного субстрата при подготовке почвы (результаты получены авторами)

Figure 3. Growth dynamics in height of biennial seedlings of Scots pine (2019) in preliminary fertilized with non-conventional substrate areas during soil preparation (own results)

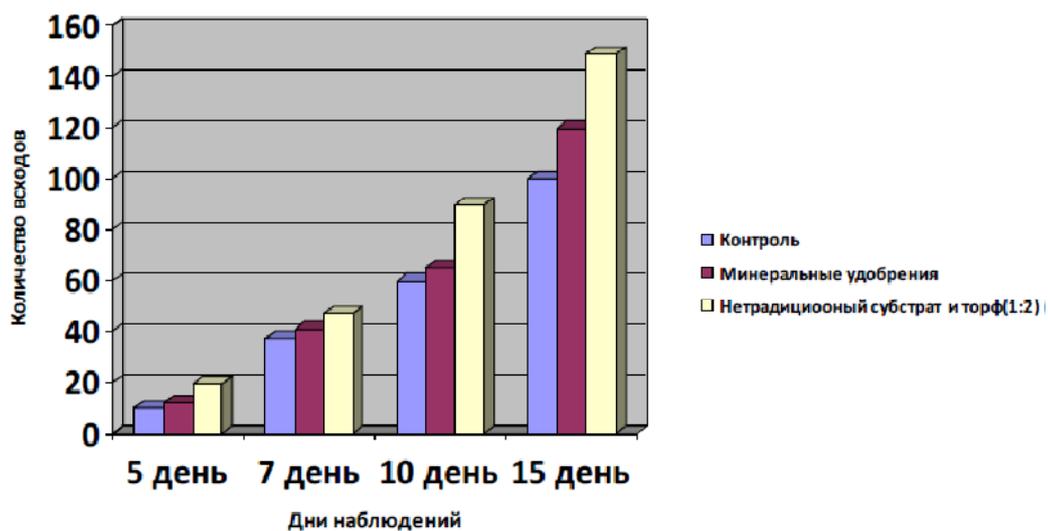


Рис. 4. Средняя динамика прорастания семян сосны обыкновенной в кассетах (результаты получены авторами)

Figure 4. Average dynamics of Scots pine seed germination in cassettes (own results)



Рис. 5. Однолетние сеянцы сосны обыкновенной, выращенные в закрытом грунте с добавлением приготовленного нетрадиционного мелиоративного субстрата в кассеты (2019 г.) (фотография автора)

Figure 5. Annual seedlings of Scots pine, grown indoors with the addition of prepared non-conventional reclamation substrate in cassettes (2019) (photo by the author)

Применение нетрадиционного мелиоративного субстрата в питомнике путем предварительного внесения при обработке почвы с нормой 3 т/га существенно повышает рост сеянцев сосны обыкновенной на первом году (на 71,9 % выше от контроля) (табл. 1). Эффект от такого применения мелиоративного субстрата сохраняется и на втором году выращивания сеянцев сосны обыкновенной, о чем свидетельствует динамика роста (рис. 3). На протяжении всего вегетационного периода наблюдается интенсивный рост сеянцев на площади с добавлением нетрадиционного мелиоративного субстрата, который превышает рост сеянцев без внесения удобрений и субстрата, а также с внесением минеральных комплексных удобрений (рис. 3).

В тепличном комплексе проводили эксперименты по добавлению нетрадиционного мелиоративного субстрата к торфу в соотношении 1:2 (субстрат : торф) для заполнения кассет. В кассеты высаживали семена сосны обыкновенной.

Эффективность применения нетрадиционного мелиоративного субстрата при выращивании сеянцев в кассетах свидетельствует о повышении выхода и качества посадочного материала на 1 год (рис. 4, 5). Смесь нетрадиционного мелиоративного субстрата и низинного торфа в соотношении 1: 2 по своим свойствам близка к субстрату на основе верхового торфа, всхожесть и сохранность всходов на этом субстрате существенно выше, чем при использовании субстрата на основе низинного торфа и чистого нетрадиционного мелиоративного субстрата (табл. 2).

Отмечено, что влияние применения нетрадиционного субстрата проявляется при посеве в кассеты. Количество всходов сеянцев сосны обыкновенной в кассетах увеличилось на 20 % от контроля на пятый и седьмой день наблюдения. В целом всхожесть повысилась на 40 % от контроля и 22 % при внесении минеральных удобрений.

### Выводы

Основным направлением применения отходов лесозаготовительных и деревообрабатывающих предприятий в лесном хозяйстве является производство нетрадиционных удобрений и субстратов, использование которых позволяет повысить поч-

венное плодородие, интенсифицирует рост древесных и кустарниковых растений в лесных питомниках, теплицах и лесных плантациях. Но для эффективного и широкого спектра применения нетрадиционного субстрата на основе органических отходов необходимо внедрять новейшие экологически чистые технологии, позволяющие снижать экономические затраты и отрицательное воздействие на экологические экосистемы.

Применение технологии из цепочки «Универсальных Многоцелевых модулей», дающих помол до наноразмерной тонины и перемешивающих до гомогенной смеси различные материалы и различной тонины помолы, позволяет в одну технологическую операцию получить готовый к употреблению продукт.

Технология с УММ позволит экономить на создании полигонов для компостирования, которые оказывают отрицательное воздействие на экологию.

Предлагаемая технология позволит перерабатывать неперерабатываемые отходы, тем самым заменять процесс утилизации отходов лесозаготовительных и деревообрабатывающих предприятий сжиганием на более экологически чистые приемы, уменьшая отрицательное воздействие на экосистемы.

Таким образом, своей разработанной технологией мы решаем несколько экологически важных задач, позволяющих повысить экологическую безопасность окружающей среды в секторе лесного хозяйства:

1. Сырьем для нетрадиционного субстрата выступают органические отходы разных сфер деятельности, в том числе 55 % – отходы лесозаготовительных и деревообрабатывающих предприятий.

2. Нетрадиционный субстрат при научно обоснованной рецептуре при практическом применении гарантирует значительно более высокую аэрацию и более быстрый дренаж, создает высокоэффективную среду, существенно изменяет и улучшает плодородный слой почвы, тем самым повышает выход продукции с 1 га на 50 %, обладает дозирующими свойствами потребления микроэлементов растениями. Все это способствует сохранению и восстановлению почвенного плодородия.

для деградированных земель, повышению природного потенциала почвенного горизонта.

3. Применение разработанной технологии позволит утилизировать органические отходы производства и потребления, которые образуются из

природных материалов, перерабатывать их в функциональный продукт (нетрадиционный мелиоративный субстрат), обладающий вышеперечисленными свойствами, без вредных выбросов в атмосферу.

### Список литературы

1. Антонов Г. И., Кондакова О. Э., Барченков А. П. (и др.) Оптимизация лесовыращивания с использованием биоконверсии древесно-опилочной массы в условиях красноярской лесостепи. Лесоведение. 2018; 1: 56-64. URL: <https://doi.org/10.7868/S0024114818010059>. DOI: 10.7868/S0024114818010059.
2. Вураско А. В., Симонова Е. И., Минакова А. Р. Ресурсосберегающая технология получения технической целлюлозы из недревесного растительного сырья и области ее применения. Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Прикладная экология. Урбанистика. 2018; 2 (30): 21-32. DOI 10.15593/2409-5125/2018.02.02.
3. Галдина Т. Е., Самошин С. Е. Влияние нетрадиционных удобрений на выращивание посадочного материала в лесных питомниках. Успехи современного естествознания. 2018; 11-1: 24-29. URL: <http://natural-sciences.ru/ru/article/view?id=36900> (дата обращения: 27.01.2021).
4. Ковалева Н. М., Собачкин Р. С. Влияние азотного удобрения на формирование нижних ярусов в сосняках красноярской лесостепи. Лесоведение. 2016; 1: 25-33. ISSN 0024-1148.
5. Мухортов Д. И., Романов Е. М., Мамаев А. А. Оптимизация технологических параметров производства нетрадиционных органических удобрений в лесных питомниках. Лесное хозяйство. 2011; 3: 21-23.
6. Соколов А. И., Пеккоев А. Н., Харитонов В. А. Влияние многолетнего применения минеральных удобрений на рост сосны в толщину в посевах на паловых вырубках с песчаными почвами. I. Последствие 30-летнего ежегодного применения калийных удобрений на рост сосны в толщину и качество древесины. Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. 2016; 6: 42-55. DOI: 10.17238/issn0536-1036.2016.6.42.
7. Шапченкова О. А., Ковалева Н. М., Иванов В. В. (и др.) Влияние азотных удобрений на свойства подстилки и живой напочвенный покров в сосновых насаждениях Красноярской лесостепи. Лесоведение. 2015; 1: 44-51.
8. Franklin J. A., Zipper C. E., Burger J. A. (et al.) Influence of herbaceous ground cover on forest establishment and growth on eastern US coal surface mines. *New Forests*. 2012; 43: 905-924. doi: 10.1007 / s11056-012-9342-8.
9. Genikova N. V., Kharitonov V. A., Kryshen A. M. Influence of long-term periodic fertilization on the structure of the stand and ground cover in the conditions of mid-taiga cowberry pine forests (Republic of Karelia). *Izvestiya vuzov. Lesnoy zhurnal*. 2020; 2: 35-50. DOI: 10.37482 / 0536-1036-2020-2-35-50.
10. Genikova N. V., Kharitonov V. A. The aftereffect of long-term application of mineral fertilizers on the species composition and structure of the ground cover in pine crops on sandy soils *Izvestiya vuzov. Lesnoy zhurnal*. 2018; 1: 18-28. DOI: 10.17238 \ issn0536-1036.2018.1.18.
11. Romanov E., Mukhortov D., Nureeva T. Application of organic waste composts when producing forest planting material. *Glasnik Sumarskog fakulteta*. 2016: 133-150. DOI: 10.2298/GSF1613133R.
12. Mukhortov D. I., Romanov E. M., Mamaev A. A. Optimization of technological parameters for the production of non-traditional organic fertilizers in forest nurseries. *Forestry*; 2011; 3: 21-23.
13. Sullivan T. P., Sullivan D. S. Old-Growth Characteristics 20 Years after Thinning and Repeated Fertilization of Lodgepole Pine Forest: Tree Growth, Structural Attributes, and Red-Backed Voles. *Forest Ecology and Management*, 2017; 391: 207-220. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2017.02.021>.

## References

1. Antonov G. I., Kondakova O. E., Barchenkov A. P. (et al.) Optimizatsiya lesovyrashchivaniya s ispol'zovaniem biokonversii drevesno-opilochnoj massy v usloviyah krasnoyarskoj lesostepi [Optimization of forest growing using bioconversion of wood-sawdust mass in the Krasnoyarsk forest-steppe]. *Lesovedenie = Forest Science*. 2018; 1: 56-64. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.7868/S0024114818010059> (In Russian).
2. Vurasko A. V., Simonova E. I., Minakova A. R. Resursosberegayushchaya tekhnologiya polucheniya tekhnicheskoy cellyulozy iz nedrevesnogo rastitel'nogo syr'ya i oblasti ee primeneniya [Resource-saving technology for the production of technical cellulose from non-wood plant raw materials and the field of its application]. *Vestnik Permskogo nacional'nogo issledovatel'skogo politekhnicheskogo universiteta. Prikladnaya ekologiya. Urbanistika = Bulletin of the Perm National Research Polytechnic University. Applied ecology. Urban studies*. 2018; 2 (30): 21-32. (In Russian). DOI 10.15593/2409-5125/2018.02.02.
3. Galdina T. E., Samoshin S. E. Vliyanie netraditsionnykh udobrenij na vyrashchivanie posadochnogo materiala v lesnykh pitomnikah [Influence of non-conventional fertilizers on the cultivation of planting material in forest nurseries]. *Uspexi sovremennogo estestvoznaniya = Achievements of modern natural science*. 2018; 11-1: 24-29. (In Russian). URL: <http://natural-sciences.ru/ru/article/view?id=36900> (date of access: 27.01.2021).
4. Kovaleva N.M., Sobachkin R. S. Vliyanie azotnogo udobreniya na formirovanie nizhnih yarusov v sosnyakh krasnoyarskoj lesostepi [Influence of nitrogen fertilization on the formation of lower tiers in the pine forests of the Krasnoyarsk forest-steppe]. *Lesovedenie = Forest Science*. 2016; 1: 25-33 (In Russian). ISSN 0024-1148.
5. Muhortov D. I., Romanov E. M., Mamaev A. A. Optimizatsiya tekhnologicheskikh parametrov proizvodstva netraditsionnykh organicheskikh udobrenij v lesnykh pitomnikah [Optimization of technological parameters for the production of non-traditional organic fertilizers in forest nurseries]. *Lesnoe hozyajstvo = Forestry*. 2011; 3: 21-23 (In Russian).
6. Sokolov A. I., Pekkoev A. N., Kharitonov V. A. Vliyaniye mnogoletnego primeneniya mineral'nykh udobreniy na rost sosny v tolshchinu v posevakh na palovykh vyrubkakh s peschanyimi pochvami. I. Posledeystviye 30-letnego yezhegodnogo prime-neniya kaliynykh udobreniy na rost sosny v tolshchinu i kachestvo drevesiny [The influence of long-term use of mineral fertilizers on the growth of pine in thickness in crops on felling clearings with sandy soils. I. The aftereffect of the 30-year annual application of potash fertilizers on the growth of pine in the thickness and quality of wood]. *Izvestiya vuzov. Lesnoy zhurnal = Proceedings of higher educational institutions. Forest journal*. 2016; 6: 42-55 (In Russian). DOI: 10.17238 / issn0536-1036.2016.6.42.
7. Shapchenkova O. A., Kovaleva N. M., Ivanov V. V. (et al.) Vliyaniye azotnykh udobreniy na svoystva podstilki i zhivoy napochvennyy pokrov v sosnovykh nasazhdeniyakh Krasnoyarskoj lesostepi [Influence of nitrogen fertilizers on the properties of litter and living ground cover in pine plantations of the Krasnoyarsk forest-steppe]. *Lesovedeniye = Forest Science*. 2015; 1: 44-51 (In Russian).
8. Franklin J. A., Zipper C. E., Burger J. A. (et al.) Influence of herbaceous ground cover on forest establishment and growth on eastern US coal surface mines. *New Forests*. 2012; 43: 905-924. doi: 10.1007 / s11056-012-9342-8.
9. Genikova N. V., Kharitonov V. A., Kryshen A. M. Influence of long-term periodic fertilization on the structure of the stand and ground cover in the conditions of mid-taiga cowberry pine forests (Republic of Karelia). *Izvestiya vuzov. Lesnoy zhurnal = Proceedings of higher educational institutions. Forest journal*. 2020; 2: 35-50. DOI: 10.37482 / 0536-1036-2020-2-35-50.
10. Genikova N. V., Kharitonov V. A. The aftereffect of long-term application of mineral fertilizers on the species composition and structure of the ground cover in pine crops on sandy soils // *Izvestiya vuzov. Lesnoy zhurnal = Proceedings of higher educational institutions. Forest journal*. 2018; 1: 18-28. DOI: 10.17238/issn0536-1036.2018.1.18.
11. Romanov E., Mukhortov D., Nureeva T. Application of organic waste composts when producing forest planting material. *Glasnik Sumarskog fakulteta*. 2016: 133-150. DOI: 10.2298/GSF1613133R.

12. Mukhortov D. I., Romanov E. M., Mamaev A. A. Optimization of technological parameters for the production of non-traditional organic fertilizers in forest nurseries. *Forestry*. 2011; 3: 21-23.

13. Sullivan T. P., Sullivan D. S. Old-Growth Characteristics 20 Years after Thinning and Repeated Fertilization of Lodgepole Pine Forest: Tree Growth, Structural Attributes, and Red-Backed Voles. *Forest Ecology and Management*. 2017; 391: 207-220. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2017.02.021>.

### Сведения об авторах

✉ *Галдина Татьяна Евгеньевна* – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, доцент кафедры лесных культур, селекции и лесомелиорации ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», ул. Тимирязева, 8, г. Воронеж, Российская Федерация, 394087; e-mail: [invitrol1@bk](mailto:invitrol1@bk).

*Кулаков Анатолий Васильевич* – доктор физико-математических наук, профессор, член-корреспондент РАН, зав. лабораторией «Институт функциональных экономических систем», г. Москва, Российская Федерация; e-mail: [kulan07@yandex.ru](mailto:kulan07@yandex.ru).

*Ранцев-Картинов Валентин Андреевич* – кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник, «Институт функциональных экономических систем», г. Москва, Российская Федерация.

### Information about authors

✉ *Galdina Tatyana Evgenyevna* – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Forest Crops, Breeding and Land Reclamation, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Timiryazev str., 8, Voronezh, Russian Federation, 394087; e-mail: [invitrol1@bk](mailto:invitrol1@bk).

*Kulakov Anatoly Vasilyevich* – Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, head of Laboratory "Institute of Functional Economic Systems", Moscow, Russian Federation; e-mail: [kulan07@yandex.ru](mailto:kulan07@yandex.ru).

*Rantsev-Kartinov Valentin Andreevich* – Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Senior Researcher, "Institute of Functional Economic Systems", Moscow, Russian Federation.

✉ – Для контактов/Corresponding author