

DOI: 10.12731/2658-6649-2024-16-4-866

УДК 630.8



Научная статья

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОДУКЦИИ ЛЕСНОЙ ОТРАСЛИ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ КАК ФАКТОР ПОВЫШЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ РАЗВИТИЯ РЕГИОНОВ

С.О. Медведев, М.А. Зырянов

Обоснование. Ориентация на устойчивое развитие является одной из главных мировых тенденций последнего времени. В России стремление к устойчивости часто воспринимается неоднозначно. Необходимость учета экологических и социальных факторов при осуществлении и развитии производств признается повсеместно. Однако на практике внедрение отдельных принципов устойчивого развития носит формальный характер. Вместе с тем две важнейшие отрасли экономики – лесная и сельскохозяйственная могут и должны выступать лидерами в данном направлении.

Цель. Исследование отдельных аспектов использования продукции лесной отрасли в сельском хозяйстве.

Материалы и методы. Исследование проводилось на основе анализа отечественной и зарубежной научной литературы. В целях выявления регионов страны с высоким потенциалом получения продукции сельскохозяйственного назначения из сырья, получаемого в процессе лесозаготовок, был проведен кластерный анализ методом *k*-средних. Обработка данных осуществлялась с помощью пакетов прикладных программ Office Excel и Statistica 10.0 и Компас 3D v21.

Результаты. В результате исследования с применением кластерного анализа выявлены регионы страны с высоким потенциалом получения продукции сельскохозяйственного назначения из сырья, получаемого в процессе лесозаготовок; предложены два ключевых направления по взаимодействию рассматриваемых отраслей – использованию продуктов в сельском хозяйстве; предложена авторская разработка мобильной установки для производства хвойно-витаминной муки из древесной зелени хвойных пород. Полученные результаты отличаются новизной и могут быть использованы как с теоретической, так и прикладной точек зрения.

Заключение. Исследование подтвердило гипотезу о важности и целесообразности расширения взаимодействия лесной и сельскохозяйственной отраслей для повышения устойчивости развития регионов и страны в целом.

Ключевые слова: лесная отрасль; сельское хозяйство; устойчивое развитие; хвойно-витаминная мука; компостирование; кластерный анализ

Для цитирования. Медведев С.О., Зырянов М.А. Использование продукции лесной отрасли в сельском хозяйстве как фактор повышения устойчивости развития регионов // *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*. 2024. Т. 16, №4. С. 475-492. DOI: 10.12731/2658-6649-2024-16-4-866

Original article

THE USE OF FOREST PRODUCTS IN AGRICULTURE AS A FACTOR IN INCREASING THE SUSTAINABILITY OF REGIONAL DEVELOPMENT

S.O. Medvedev, M.A. Zyryanov

Background. The focus on sustainable development is one of the main global trends of recent times. The desire for sustainability is often perceived ambiguously in Russia. The need to take into account environmental and social factors in the implementation and development of production is universally recognized. However, the practical implementation of certain principles of sustainable development is formal. At the same time, two important sectors of the economy – forestry and agriculture – can and should be leaders in this direction.

Materials and methods. The study was conducted on the basis of an analysis of domestic and foreign scientific literature. In order to identify regions of the country with a high potential for obtaining agricultural products from raw materials obtained during logging, a cluster analysis using the k-means method was carried out. Data processing was carried out using the Office Excel and Statistica 10.0 application software packages and Compas 3D v21.

Results. As a result of the cluster analysis, there were identified the regions of the country with a high potential for obtaining agricultural products from raw materials obtained in the logging process, also there were proposed two key areas for the interaction of the industries under consideration (the use of products in agriculture). The author's development of a mobile installation for the production

of coniferous vitamin flour from coniferous tree greens is proposed. The obtained results are novel and can be used from both theoretical and applied points of view.

Conclusion. *The study confirmed the hypothesis about the importance and expediency of expanding the interaction between the forestry and agricultural sectors for increasing the sustainability of the development of regions and the country as a whole.*

Keywords: *forestry; agriculture; sustainable development; coniferous vitamin flour; composting; cluster analysis*

For citation. *Medvedev S.O., Zyryanov M.A. The Use of Forest Products in Agriculture as a Factor in Increasing the Sustainability of Regional Development. Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture, 2024, vol. 16, no. 4, pp. 475-492. DOI: 10.12731/2658-6649-2024-16-4-866*

Введение

Сельское хозяйство является отраслью, обеспечивающей продовольственную безопасность страны [26]. Именно поэтому его развитие является одним из государственных приоритетов. Повышение плодородия почв обеспечивается за счет внесения различных удобрений – как минеральных, так и органических. Последние представляют интерес с позиции возможного воспроизводства и восполнения, без существенного нанесения вреда окружающей среде. Очевидно, что при наличии источника сырья для органических удобрений в виде отходов каких-либо производств, данное направление может выступать одним из ключевых приоритетов развития отрасли.

Одним из таких вариантов традиционно является лесная отрасль. В данном сегменте экономики страны образуются многомиллионные тонны отходов растительного происхождения [17]. Они могут успешно использоваться в сельском хозяйстве. Вместе с тем для повсеместного и крупномасштабного внедрения такой практики предстоит решить комплекс вопросов [11; 21; 24].

Также важно отметить, что сельское хозяйство сопряжено с реализацией ряда целей устойчивого развития, которые Россия реализует в рамках множества как внутренних, так и международных проектов. Таким образом, развитие данной сферы может считаться одной из важнейших задач для государства. При этом совместное развитие лесной и сельскохозяйственной отраслей, по авторскому мнению должно способствовать существенному синергетическому эффекту в сфере устойчивого развития.

Регионы России существенно различаются по уровням развития сельского хозяйства и лесной отраслей. Вследствие этого и эффекты от взаи-

модействия данных сфер будут существенно дифференцированы. Вместе с тем, получаемые продукты в лесной отрасли в одних регионах (например, на основе вторичных древесных ресурсов) могут находить применение в сельском хозяйстве других территорий. Это существенно увеличивает потенциал развития исследуемой тематики.

Материалы и методы

Исследование проводилось на основе анализа отечественной и зарубежной научной литературы по тематике работы. Было выделено два ключевых направления – лесная и сельскохозяйственная отрасли, а также смежные области.

В ходе исследования региональных различий площадей сельскохозяйственных угодий и лесов, а также объемов лесозаготовок по регионам были использованы данные официальной отчетности, представленные в единой межведомственной информационно-статистической системе (ЕМИСС). Были использованы данные по всем регионам страны за 2022 год. Также была проанализирована динамика за период с 2010 по 2022 год. Однако существенных отклонений от текущих значений по регионам не было выявлено.

В целях выявления регионов страны с высоким потенциалом получения продукции сельскохозяйственного назначения из сырья, получаемого в процессе лесозаготовок, был проведен кластерный анализ методом k-средних. При анализе данных была использована информация по регионам, представленная выше. Для выявленных кластеров (объединенных по признакам регионов) был проведен дисперсионный анализ, подтвердивший значимость используемых переменных на принадлежность региона к кластеру (p -уровень параметров $< 0,05$).

Разработка модели мобильной установки для производства хвойно-витаминной муки из древесной зелени хвойных пород осуществлялась на основе аналитического расчета конструкторских и технологических параметров механизмов, анализа отечественной литературы, а также практического опыта авторского коллектива.

Обработка данных осуществлялась с помощью пакетов прикладных программ Office Excel и Statistica 10.0 и Компас 3D v21.

Результаты

В результате проведенного исследования установлено, что начиная с 2006 года, в России наблюдается планомерное увеличение объемов внесения органических удобрений в почву под посевы (рис. 1). При этом по

вполне объяснимым причинам с 2019 года данный показатель находится практически в неизменном состоянии (около 70,5 млн. т). Вместе с тем, очевидно, что потенциал для расширения применения органических удобрений достаточно велик. Это обусловлено как совокупностью отраслевых факторов, так и общей политикой государства, нацеленной на обеспечение продовольственной безопасности и независимости от внешних источников сырья и продукции (особенно в сельском хозяйстве и животноводстве).

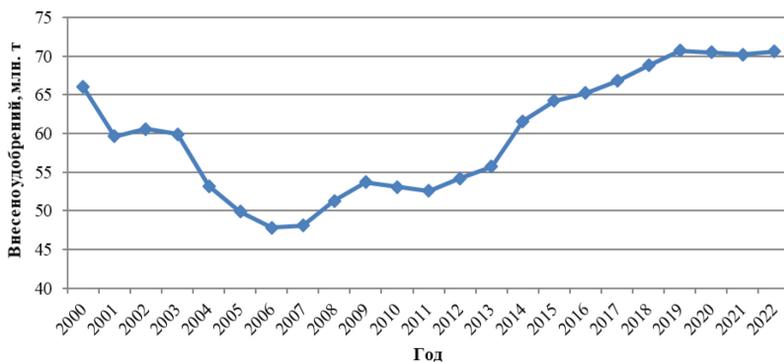


Рис. 1. Внесение органических удобрений под посевы в сельскохозяйственных организациях по Российской Федерации, млн. тонн

Естественным фактором, оказывающим влияние на объем вносимых удобрений и, соответственно, получаемой продукции является неравномерность развития сельского хозяйства по стране. Во многом это обусловлено природно-климатическими факторами и историческими особенностями развития данной сферы в регионах. Оценивая потенциал получения продукции природного характера (в широком смысле), можно выделить два ключевых фактора производства: земля (почва, пашня, сельскохозяйственные угодья и т.д.) и лес (территории лесозаготовок). Действительно территория России по большей части занята либо лесами, либо пашнями, либо территориями, на которых крайне затруднительно получать какую-либо продукцию (территории вечной мерзлоты и др.). Авторами произведена оценка территории страны с позиции соотношения в регионах площадей земель сельскохозяйственного назначения и лесов (рис. 2). Анализ производился на основе данных о площадях сельскохозяйственных угодий и лесов, полученных из ЕМИСС (показатели по регионам находились путем определения процентного соотношения данных величин). В целом, полученная иллюстрация довольно красноречиво по-

казывает зависимость приводимого соотношения от природно-климатических факторов. Если упростить описание рис. 2, то можно сказать, что северные территории характеризуются наличием больших площадей лесов, южные – наоборот – земель сельскохозяйственного назначения. При этом, разумеется, есть определенные региональные отличия, сказывающиеся на отдельных аспектах развития как сельского хозяйства, так и лесной промышленности.

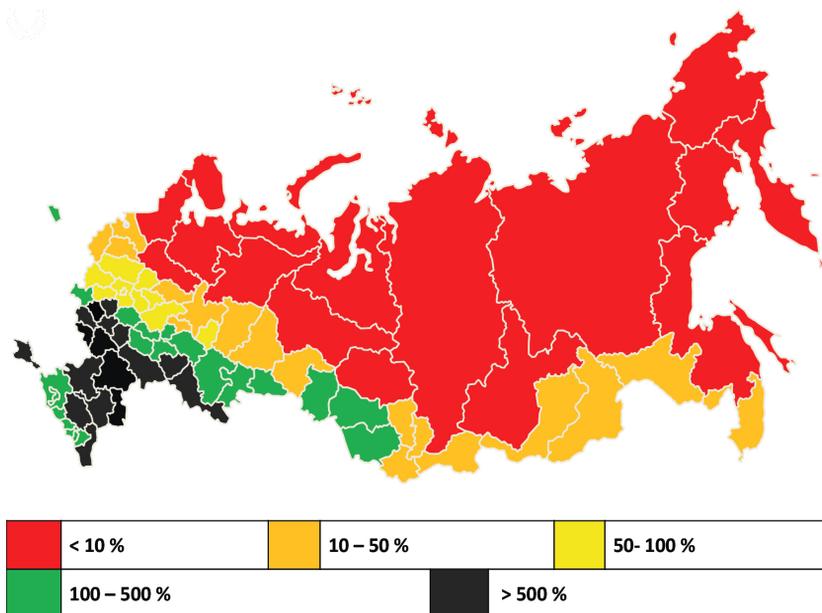


Рис. 2. Соотношение площадей сельскохозяйственных земель и лесов в регионах в России (в 2022 году)

Также следует указать, что большая часть регионов страны, обладающих существенными запасами лесных ресурсов (лесопокрытой площади) ведут активную лесозаготовительную деятельность. Также в данных регионах (порой с существенными различиями и разрывами в уровнях) происходит развитие лесной промышленности. Различия обусловлены значительным числом факторов, что достаточно неплохо представлено в научной литературе [3; 6; 12; 30].

Учитывая, что регионы страны имеют довольно выраженную ориентацию при «использовании» территорий либо в сельскохозяйственном, либо

в лесозаготовительном направлении, то логичным и объективным направлением в их развитии должен стать поиск способов взаимодействия данных отраслей. Проведенный анализ литературы [5; 7; 8; 13] показал, что ключевым в данном направлении может и должно выступать использование продукции лесной отрасли в сельском хозяйстве. Прежде всего, это различные удобрения и корма, получаемые из вторичных древесных ресурсов. При этом исходным сырьем могут выступать как древесные отходы различного вида (горбыль, щепка, ветки, сучья и т.д.), так и древесная зелень.

В исследовании был проведен кластерный анализ методом k -средних. По его итогам были выделены регионы страны, выделяющиеся объемами своих лесозаготовок (в натуральном выражении) и обладающих существенным потенциалом к получению продукции, способной быть использованной в сельском хозяйстве (рис. 3). Следует отметить, что возможная к получению продукция может быть использована не только в регионах получения (осуществления лесозаготовок), но и в других субъектах страны, обладающих более высоким уровнем развития сельского хозяйства.



Рис. 3. Регионы России с высоким потенциалом получения продукции сельскохозяйственного назначения из сырья, получаемого в процессе лесозаготовок

Можно отметить, что в настоящее время вторичные древесные ресурсы, образующиеся на крупных промышленных площадках (в городах), в значительной степени находят применение в направлениях отличных от

сельского хозяйства: получение древесной продукции (пеллеты, брикеты, плиты и т.д.), энергетическое использование (получение тепла и энергии), реализация населению и т.д. Лишь незначительная часть из них направляется в сельскохозяйственное направление. При этом существует огромный потенциал использования ценных древесных ресурсов, остающихся на лесосеке в процессе лесозаготовок. По различным оценкам [5; 22] использование именно отходов лесозаготовок – наиболее перспективное направление в создании дополнительной продукции из древесного сырья.

При этом не следует забывать, что огромная часть вторичных древесных ресурсов также остается без должного эффективного применения. Учитывая потребности сельского хозяйства в органических удобрениях [1; 11; 16], всем заинтересованным сторонам следует обратить большее внимание на весь объем возможных к использованию древесных ресурсов. При этом помимо традиционного сырья (щепы, опилки, горбыль и т.д.) в качестве исходного материала для получения удобрений могут быть использованы и иные ресурсы древесного происхождения. Одним из таких вариантов является лигнин, практически не находящий применения в других направлениях и остающийся после гидролизного производства [4; 14; 18]. При этом его использование ведет к существенному повышению устойчивости развития регионов: отвалы с данным видом отходов долгие годы представляют серьезную экологическую опасность.

Одним из наиболее распространенных способов получения органических удобрений из древесного сырья выступает компостирование [2; 7; 27; 28; 31]. Этот классическое направление утилизации древесных отходов позволяет получать огромные объемы органического удобрения без существенных материальных затрат. При этом существуют различные модификации традиционных подходов к компостированию, а отдельные научные группы постоянно работают над повышением его эффективности и расширением возможностей по использованию исходного сырья. Наиболее в общем виде схема компостирования представлена на рис. 4. Следует отметить, что важнейшим элементом для получения качественного удобрения (помимо соблюдения технологии) является постоянное отслеживание параметров получаемого продукта. Это позволяет снизить риски в получении некачественного продукта для сельского хозяйства.

В связи с большими объемами древесного сырья, которые могут и должны быть использованы для получения удобрений, данная схема в наибольшей степени подходит для использования вблизи с крупными производственными площадками (возле деревоперерабатывающих пред-

приятий). Однако как уже отмечалось, значительная часть лесосечных отходов также может быть использована для получения продукции, применимой в сельском хозяйстве. В данном направлении с экономической и технологической сторон, по авторскому мнению, наиболее перспективной является переработка древесной зелени.



Рис. 4. Схема процесса компостирования древесных отходов

Авторским коллективом разработан ряд технологических решений, позволяющих получать ценную продукцию в условиях лесозаготовок, отличную от традиционных технологий [19]. С точки зрения сельского хозяйства наиболее интересным представляется предложенная конструкция мобильной установки для производства хвойно-витаминной муки из древесной зелени хвойных пород, 3D модель которой представлена на рис. 5 [9].

Привод установки реализован по средствам передачи крутящего момента через вал отбора мощности от двигателя внутреннего сгорания самоходной машины участвующей в лесозаготовительных работах. Как видно на рис. 5, установка состоит из трех модулей. Подача веток с хво-

ей осуществляется вручную в загрузочную горловину модуля отделения хвои. Хвоя поступает в модуль измельчения, а ветки без хвои выводятся из установки через разгрузочный патрубок. Важнейшая особенность конструкции установки заключается в наличии модуля вакуумного упаковывания получаемой продукции. Известно, что вакуум позволяет сохранить полезные свойства хвойно-витаминной муки намного дольше, чем простая упаковка в воздушной среде. Потеря полезных свойств в зимний период протекает медленнее, а с наступлением положительных среднесуточных температур ускоряется [15; 23].

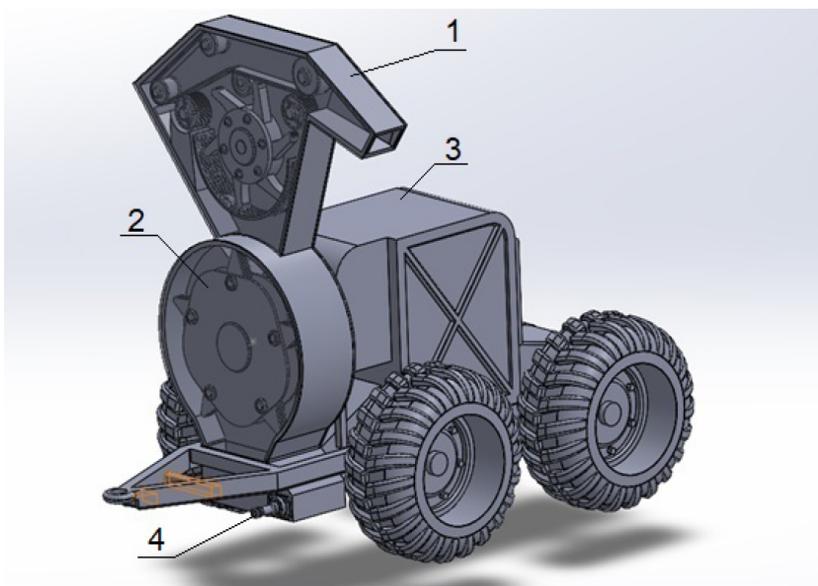


Рис. 5. Модель мобильной установки для производства хвойно-витаминной муки из древесной зелени хвойных пород:

1 - модуль отделения хвои; 2 - модуль измельчения хвои; 3 - модуль вакуумного упаковывания; 4 - приводной вал

Важной задачей при использовании продукции, получаемой на лесной территории, в сельскохозяйственном направлении является снижение расходов на доставку к местам внесения в почву или к животноводческим хозяйствам. В данном контексте предложенная мобильная установка позволяет существенно сократить объемы перевозимой продукции, а значит и повысить экономическую эффективность данного решения.

Учитывая, что значительная часть лесозаготовок осуществляется на существенном отдалении от промышленных центров, то использование предлагаемой установки является дополнительным производством для лесозаготовительных предприятий. Именно комплексное использование всего объема доступных древесных ресурсов позволяет следовать по пути устойчивого развития. При такой практике достигается комплекс взаимосвязанных целей:

- экономические – получение максимальной экономической выгоды для предприятий;
- экологические – снижение экологической нагрузки на окружающую среду и рисков развития неблагоприятных ситуаций за счет оставления в лесу огромных объемов древесины в виде отходов лесозаготовок;
- социальные – создание дополнительных рабочих мест;
- специфические – повышение эффективности сельского хозяйства, внедрение инноваций, рациональное производство и т.д.

Таким образом, использование лесной продукции в сельском хозяйстве позволяет достигать до семи целей в области устойчивого развития, разработанных в 2015 году Генеральной ассамблеей ООН [20; 25; 29].

Заключение

Важной задачей на пути устойчивого развития является расширение взаимодействия различных отраслей с одновременным вниманием к вопросам экологии и общества. При этом достижение экономической эффективности также остается ключевым элементом как для государства, так и бизнеса. Проведенное исследование с применением кластерного анализа позволило выявить регионы страны с высоким потенциалом получения продукции сельскохозяйственного назначения из сырья, получаемого в процессе лесозаготовок. В ходе исследования были предложены и обоснованы два ключевых направления в расширении взаимодействия лесной и сельскохозяйственной отраслей – компостирование древесного сырья и получение хвойно-витаминной муки. Первое из них уже давно применяется и характеризуется постоянными модификациями в целях получения более качественной продукции. Для второго предложена авторская разработка мобильной установки, позволяющая сделать использование данного продукта экономически целесообразным. По итогам проведенного исследования следует указать на высокий потенциал от совместного развития двух рассматриваемых отраслей. При этом стимулы для такого взаимодействия обоюдны.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование. Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-78-10002, <https://rscf.ru/project/22-78-10002/>.

Список литературы

1. Аварский Н.Д., Таран В.В., Гасанова Х.Н. Основные направления реализации потенциала рынка удобрений в России // Экономика, труд, управление в сельском хозяйстве. 2021. № 4 (73). С. 61-74.
2. Беловежец Л.А., Третьяков А.В. Агрехимические показатели компоста на основе древесных опилок // Химия в интересах устойчивого развития. 2020. Т. 28. № 2. С. 124-130.
3. Блам Ю.Ш., Машкина Л.В., Бабенко Т.И., Ермолаев О.В. Лесопромышленный комплекс России в контексте мирового сектора // ЭКО. 2013. № 11 (473). С. 26-44.
4. Волчатова И.В., Медведева С.А. Удобрение, полученное при компостировании гидролизного лигнина // Экология и промышленность России. 2010. № 4. С. 55-57.
5. Воробьев А.Л., Калачев А.А., Залесов С.В. Использование отходов лесозаготовок в качестве сырья для получения кормовых добавок // Леса России и хозяйство в них. 2018. № 3 (66). С. 65-72.
6. Гордеев Р.В. Конкурентоспособность продукции лесного сектора: новые уроки из анализа внешней торговли // ЭКО. 2018. № 9 (531). С. 63-84.
7. Графова Е.О., Гаврилова О.И., Горбач В.В. Исследование почвенных субстратов на основе отходов деревообработки для выращивания лесных сеянцев // Resources and Technology. 2023. Т. 20. № 2. С. 82-98.
8. Джамалова С.А., Золин М.В. Роль органических веществ в почве // Международный студенческий научный вестник. 2022. № 1. С. 128.
9. Зырянов М.А., Борин К.В., Морозов В.И., Петрушева Н.А. Мобильное устройство для измельчения древесной зелени хвойных пород. Патент на изобретение RU 2 698 059 C1, 01.06.2018. Заявка № 2018120398 от 01.06.2018.
10. Кармадонов А.Н., Егоренко Ю.А. Возможности использования древесных отходов в промышленности и сельском хозяйстве // Ползуновский вестник. 2004. № 2. С. 230-233.
11. Ковалева О.В., Бочарова А.А., Санникова Н.В. Рынок органоминеральных удобрений: состояние и перспективы // АПК: инновационные технологии. 2021. № 3. С. 14-18.
12. Кожухов Н.И. Сбалансированное развитие отраслей лесного сектора в системе регионального экономического пространства // Вестник Московского государственного университета леса - Лесной вестник. 2014. Т. 18. № 3. С. 18-23.

13. Кузнецова Н.А. Концептуальные положения развития циркулярной экономики в сельском хозяйстве // Продовольственная политика и безопасность. 2023. Т. 10. № 1. С. 109-120.
14. Лагутина Т.Б., Попова Л.А., Шалагинова Л.Н. Влияние нетрадиционных органических удобрений на плодородие и агроресурсный потенциал аллювиальных дерновых почв Архангельской области // Агрехимический вестник. 2016. № 4. С. 19-22.
15. Лобанов В. В., Лобанова Е.Э., Степень Р.А. Комплексная переработка древесной зелени в условиях малого пихтоваренного производства. Красноярск: СибГТУ, 2007. 144 с.
16. Манжина С.А. Анализ обеспечения АПК России удобрениями // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2017. № 3 (27). С. 199-221.
17. Медведев С.О., Зырянов М.А., Мохирев А.П. Эффективность лесной отрасли России по федеральным округам: портфельный анализ // Креативная экономика. 2023. Т. 17. № 2. С. 713-730.
18. Мокрушина Н.С., Тарасова Т.С., Дармов И.В. Биоконверсия древесных отходов методом компостирования с получением органического удобрения // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2009. Т. 11. № 1. С. 228-231.
19. Мохирев А.П., Рукомойников К.П., Герасимова М.М., Медведев С.О., Зырянов М.А. Технологический алгоритм производства продукции из порубочных остатков // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. 2023. № 1 (391). С. 153-171.
20. Орёл А.А. Анализ зарубежного опыта в области достижения целей устойчивого развития территорий // Журнал правовых и экономических исследований. 2023. № 2. С. 227-232.
21. Панькив О.Г., Полянская В.В., Паршикова В.Н., Степень Р.А. Использование продуктов переработки древесной зелени пихты в сельском хозяйстве // Вестник КрасГАУ. 2009. № 3 (30). С. 209-212.
22. Разумов Е.Ю., Воронин А.Е., Назипова Ф.В., Кайнов П.А. Древесная зелень: рациональное использование // Деревообрабатывающая промышленность. 2015. № 2. С. 8-12.
23. Ушанова В.М., Ушанов С.В. Математическая модель изменения содержания каротина в древесной зелени пихты сибирской при хранении // Вестник КрасГАУ. 2007. № 5. С. 28-32.
24. Хуршкайнен Т., Скрипова Н.Н., Кучин А. Высокоэффективная технология комплексной переработки растительного сырья и получение препаратов

- для сельского хозяйства // Теоретическая и прикладная экология. 2007. № 1. С. 46-49.
25. Arora-Jonsson S. The sustainable development goals: A universalist promise for the future // *Futures*. 2023. Vol. 146. <https://doi.org/10.1016/j.futures.2022.103087>
 26. Charykova O.G., Napolina Ju.V., Salnikova E.V., Otinova M.E. Modern agricultural aspects of the country's food security // *Modern Economics: Problems and Solutions*. 2020. № 10 (130). С. 127-137.
 27. Fukushima M., Yamamoto K., Ootsuka K., Komai T., Aramaki T., Ueda S., Horiya S. Effects of the maturity of wood waste compost on the structural features of humic acids // *Bioresource Technology*, 2009, Vol. 100 (2), pp. 791-797.
 28. Juárez M., Gómez-Brandón M., Insam H. Merging two waste streams, wood ash and biowaste, results in improved composting process and end products // *Science of The Total Environment*, 2015, vol. 511, pp. 91-100.
 29. Liszbinski B., Brizolla M., Zardin P. Driving factors for the involvement of agroindustries in the sustainable development goals // *Journal of Cleaner Production*, 2023, vol. 410. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.137279>
 30. Medvedev S.O., Zyryanov M.A., Mokhirev A.P., Kunitskaya O.A., Voronov R.V., Storodubtseva T.N., Grigorieva O.I., Grigorev I.V. Russian timber industry: current situation and modelling of prospects for wood biomass use // *International Journal of Design and Nature and Ecodynamics*, 2022, vol. 17, no. 5, pp. 745-752.
 31. Parab C., Yadav K., Prajapati V. Genomics and microbial dynamics in green waste composting: A mini review // *Ecological Genetics and Genomics*, 2023, vol. 29. <https://doi.org/10.1016/j.egg.2023.100206>

References

1. Avarskiy N.D., Taran V.V., Gasanova Kh.N. Osnovnye napravleniya realizatsii potentsiala rynka udobreniy v Rossii [The main directions of realizing the potential of the fertilizer market in Russia]. *Ekonomika, trud, upravlenie v sel'skom khozyaystve*, 2021, no. 4 (73), pp. 61-74.
2. Belovezhets L.A., Tret'yakov A.V. Agrokhimicheskie pokazateli komposta na osnove drevesnykh opilok [Agrochemical indicators of compost based on sawdust]. *Khimiya v interesakh ustoychivogo razvitiya*, 2020, vol. 28, no. 2, pp. 124-130.
3. Blam Yu.Sh., Mashkina L.V., Babenko T.I., Ermolaev O.V. Lesopromyshlennyy kompleks Rossii v kontekste mirovogo sektora [The timber industry complex of Russia in the context of the global sector]. *EKO*, 2013, no. 11 (473), pp. 26-44.
4. Volchatova I.V., Medvedeva S.A. Udobrenie, poluchennoe pri kompostirovani gidroliznogo lignina [Fertilizer obtained by composting hydrolyzed lignin]. *Ekologiya i promyshlennost' Rossii*, 2010, no. 4, pp. 55-57.

5. Vorob'ev A.L., Kalachev A.A., Zalesov S.V. Ispol'zovanie otkhodov lesozagotovok v kachestve syr'ya dlya polucheniya kormovykh dobavok [The use of logging waste as raw materials for obtaining feed additives]. *Lesnaya Rossiya i khozyaystvo v nikh*, 2018, no. 3 (66), pp. 65-72.
6. Gordeev R.V. Konkurentosposobnost' produktsii lesnogo sektora: novye uroki iz analiza vneshney torgovli [Competitiveness of forest sector products: new lessons from the analysis of foreign trade]. *EKO*, 2018, no. 9 (531), pp. 63-84.
7. Grafova E.O., Gavrilova O.I., Gorbach V.V. Issledovanie pochvennykh substratov na osnove otkhodov derevoobrabotki dlya vyrashchivaniya lesnykh seyantsev [Investigation of soil substrates based on woodworking waste for growing forest seedlings]. *Resources and Technology*, 2023, vol. 20, no. 2, pp. 82-98.
8. Dzhamalova S.A., Zolin M.V. Rol' organicheskikh veshchestv v pochve [The role of organic substances in soil]. *Mezhdunarodnyy studencheskiy nauchnyy vestnik*, 2022, no. 1, pp. 128.
9. Zyryanov M.A., Borin K.V., Morozov V.I., Petrusheva N.A. Mobil'noe ustroystvo dlya izmel'cheniya drevesnoy zeleni khvoynykh porod [Mobile device for crushing coniferous tree greens]. Patent na izobretenie RU 2 698 059 C1, 01.06.2018. Zayavka no. 2018120398 ot 01.06.2018.
10. Karmadonov A.N., Egorenko Yu.A. Vozmozhnosti ispol'zovaniya drevesnykh otkhodov v promyshlennosti i sel'skom khozyaystve [Possibilities of using wood waste in industry and agriculture]. *Polzunovskiy vestnik*, 2004, no. 2, pp. 230-233.
11. Kovaleva O.V., Bocharova A.A., Sannikova N.V. Rynok organomineral'nykh udobreniy: sostoyaniye i perspektivy [Organomineral fertilizers market: state and prospects]. *APK: innovatsionnye tekhnologii*, 2021, no. 3, pp. 14-18.
12. Kozhukhov N.I. Sbalansirovannoe razvitiye otrasley lesnogo sektora v sisteme regional'nogo ekonomicheskogo prostranstva [Balanced development of forest sector branches in the system of regional economic space]. *Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo universiteta lesa - Lesnoy vestnik*, 2014, vol. 18, no. 3, pp. 18-23.
13. Kuznetsova N.A. Kontseptual'nye polozheniya razvitiya tsirkulyarnoy ekonomiki v sel'skom khozyaystve [Conceptual provisions of the development of the circular economy in agriculture]. *Prodoval'stvennaya politika i bezopasnost'*, 2023, vol. 10, no. 1, pp. 109-120.
14. Lagutina T.B., Popova L.A., Shalaginova L.N. Vliyanie netraditsionnykh organicheskikh udobreniy na plodorodie i agrolesursnyy potentsial allyuvial'nykh dernovykh pochv Arkhangel'skoy oblasti [Influence of unconventional organic fertilizers on fertility and agresource potential of alluvial turf soils of the Arkhangelsk region]. *Agrokhimicheskiy vestnik*, 2016, no. 4, pp. 19-22.

15. Lobanov V. V., Lobanova E.E., Stepen' R.A. Kompleksnaya pererabotka drevesnoy zeleni v usloviyakh malogo pikhtovarennogo proizvodstva [Complex processing of woody greens in conditions of small fir production]. Krasnoyarsk: SibGTU Publ., 2007, 144 p.
16. Manzhina S.A. Analiz obespecheniya APK Rossii udobreniyami [Analysis of the provision of agro-industrial complex of Russia with fertilizers]. *Nauchnyy zhurnal Rossiyskogo NII problem melioratsii*, 2017, no. 3 (27), pp. 199-221.
17. Medvedev S.O., Zyryanov M.A., Mokhirev A.P. Effektivnost' lesnoy otrasli Rossii po federal'nym okrugam: portfel'nyy analiz [Efficiency of the Russian forest industry by federal districts: portfolio analysis]. *Kreativnaya ekonomika*, 2023, vol. 17, no. 2, pp. 713-730.
18. Mokrushina N.S., Tarasova T.S., Darmov I.V. Biokonversiya drevesnykh otkhodov metodom kompostirovaniya s polucheniem organicheskogo udobreniya [Bioconversion of wood waste by composting to obtain organic fertilizer]. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiyskoy akademii nauk*, 2009, vol. 11, no. 1, pp. 228-231.
19. Mokhirev A.P., Rukomoynikov K.P., Gerasimova M.M., Medvedev S.O., Zyryanov M.A. Tekhnologicheskyy algoritm proizvodstva produktsii iz porubochnykh ostatkov [Technological algorithm for production of products from felling residues]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Lesnoy zhurnal*, 2023, no. 1 (391), pp. 153-171.
20. Orel A.A. Analiz zarubezhnogo opyta v oblasti dostizheniya tseley ustoychivogo razvitiya territoriy [Analysis of foreign experience in achieving the goals of sustainable development of territories]. *Zhurnal pravovykh i ekonomicheskikh issledovaniy*, 2023, no. 2, pp. 227-232.
21. Pan'kiv O.G., Polyanskaya V.V., Parshikova V.N., Stepen' R.A. Ispol'zovanie produktov pererabotki drevesnoy zeleni pikhty v sel'skom khozyaystve [The use of products of processing of fir tree greens in agriculture]. *Vestnik KrasGAU*, 2009, no. 3 (30), pp. 209-212.
22. Razumov E.Yu., Voronin A.E., Nazipova F.V., Kaynov P.A. Drevesnaya zelen': ratsional'noe ispol'zovanie [Tree greens: rational use]. *Derevoobrabatvayushchaya promyshlennost'*, 2015, no. 2, pp. 8-12.
23. Ushanova V.M., Ushanov S.V. Matematicheskaya model' izmeneniya soderzhaniya karotina v drevesnoy zeleni pikhty sibirskoy pri khranении [Mathematical model of changes in the content of carotene in the woody greens of Siberian fir during storage]. *Vestnik KrasGAU*, 2007, no. 5, pp. 28-32.
24. Khurshkaynen T., Skripova N.N., Kuchin A. Vysokoeffektivnaya tekhnologiya kompleksnoy pererabotki rastitel'nogo syr'ya i poluchenie preparatov dlya sel'skogo khozyaystva [Highly efficient technology of complex processing of

- vegetable oil raw materials and preparations for agriculture]. *Teoreticheskaya i prikladnaya ekologiya*, 2007, no. 1, pp. 46-49.
25. Arora-Jonsson S. The sustainable development goals: A universalist promise for the future. *Futures*, 2023. vol. 146. <https://doi.org/10.1016/j.futures.2022.103087>
 26. Charykova O.G., Narolina Ju.V., Salsnikova E.V., Otinova M.E. Modern agricultural aspects of the country's food security. *Modern Economics: Problems and Solutions*, 2020, no. 10 (130), pp. 127-137.
 27. Fukushima M., Yamamoto K., Ootsuka K., Komai T., Aramaki T., Ueda S., Horiya S. Effects of the maturity of wood waste compost on the structural features of humic acids. *Bioresource Technology*, 2009, vol. 100 (2), pp. 791-797.
 28. Juárez M., Gómez-Brandón M., Insam H. Merging two waste streams, wood ash and biowaste, results in improved composting process and end products. *Science of The Total Environment*, 2015, vol. 511, pp. 91-100.
 29. Liszbinski B., Brizolla M., Zardin P. Driving factors for the involvement of agroindustries in the sustainable development goals. *Journal of Cleaner Production*, 2023, vol. 410. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.137279>
 30. Medvedev S.O., Zyryanov M.A., Mokhired A.P., Kunitskaya O.A., Voronov R.V., Storodubtseva T.N., Grigorieva O.I., Grigorev I.V. Russian timber industry: current situation and modelling of prospects for wood biomass use. *International Journal of Design and Nature and Ecodynamics*, 2022, vol. 17, no. 5, pp. 745-752.
 31. Parab C., Yadav K., Prajapati V. Genomics and microbial dynamics in green waste composting: A mini review. *Ecological Genetics and Genomics*, 2023, vol. 29. <https://doi.org/10.1016/j.egg.2023.100206>

ВКЛАД АВТОРОВ

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку статьи для публикации.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

The authors contributed equally to this article.

ДАнные ОБ АВТОРЕ

Медведев Сергей Олегович, кандидат экономических наук, старший научный сотрудник
Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения «Сибирский государственный университет науки и технологий академика М.Ф. Решетнева»

*проспект им. газеты Красноярский рабочий, 31, г. Красноярск,
660037, Российская Федерация
medvedev_serega@mail.ru*

Зырянов Михаил Алексеевич, кандидат технических наук, доцент, научный сотрудник

Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения «Сибирский государственный университет науки и технологий академика М.Ф. Решетнева»

*проспект им. газеты Красноярский рабочий, 31, г. Красноярск,
660037, Российская Федерация
zuryanov13@mail.ru*

DATA ABOUT THE AUTHORS

Sergey O. Medvedev, Candidate of Economic Sciences, Senior Researcher

Reshetnev Siberian State University of Science and Technology

31, Krasnoyarsky Rabochny Ave., Krasnoyarsk, 660037, Russian Federation

medvedev_serega@mail.ru

SPIN-code: 1652-1042

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7459-3150>

ResearcherID: N-8240-2016

Scopus Author ID: 57194876019

Mikhail A. Zyryanov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Researcher

Reshetnev Siberian State University of Science and Technology

31, Krasnoyarsky Rabochny Av., Krasnoyarsk, 660037, Russian Federation

zuryanov13@mail.ru

SPIN-code: 6516-9680

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4525-2124>

ResearcherID: N-6950-2016

Scopus Author ID: 57210187878

Поступила 08.12.2023

После рецензирования 05.01.2024

Принята 12.01.2024

Received 08.12.2023

Revised 05.01.2024

Accepted 12.01.2024