

---

---

# ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 630\*813.9:674.8

## УСТОЙЧИВЫЕ ПОДХОДЫ К УТИЛИЗАЦИИ БИОАКТИВНЫХ ФЕНОЛОВ ИЗ ПОБОЧНЫХ ПРОДУКТОВ ПЕРЕРАБОТКИ *PINUS SIBIRICA*

**Чижова Диана Викторовна**, студент, направление подготовки 18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии, Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М. Ф. Решетнева, Красноярск, Россия  
e-mail: chiznowa\_diana@mail.ru

**Курицина Альбина Алексеевна**, студент, направление подготовки 18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии, Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М. Ф. Решетнева, Красноярск, Россия  
e-mail: kuricinaalbina3@gmail.com

**Савельева Дарья Максимовна**, студент, направление подготовки 18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии, Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М. Ф. Решетнева, Красноярск, Россия  
e-mail: dsaveleva184@gmail.com

**Квашина Диана Александровна**, студент, направление подготовки 18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии, Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М. Ф. Решетнева, Красноярск, Россия  
e-mail: d8969846@gmail.com

**Хабарова Кристина Ивановна**, студент, направление подготовки 18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии, Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М. Ф. Решетнева, Красноярск, Россия  
e-mail: kristinaholi9876@gmail.com

Научный руководитель: **Кох Жанна Александровна**, кандидат технических наук, доцент кафедры промышленной экологии, процессов и аппаратов химических производств, Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М. Ф. Решетнева, Красноярск, Россия  
e-mail: jannetta-83@mail.ru

**Аннотация.** Сокращение доли перерабатываемых производных ископаемого сырья и расширение использования биоотходов и побочных продуктов являются глобальными приоритетами, в том числе и для России. Необходимость устойчивых решений, обусловленная ресурсным и экологическим кризисом, а также растущим энергопотреблением, смещает фокус на возобновляемые источники. Биомасса, в частности лигноцеллюлозные побочные продукты, рассматривается как перспективная сырьевая база. Целью настоящей работы является изучение химического состава экстрактов, полученных из остовов шишек сосны кедровой после их механической активации. Предварительная механоактивация сырья (интенсивное механическое воздействие) приводит к диспергированию и разрушению клеточных стенок, что значительно повышает доступность биоактивных соединений для экстрагента. В результате водно-спиртовые экстракты, полученные по такой методике, характеризуются: повышенным выходом целевых фракций, богатым химическим составом, включающим комплекс полярных и среднеполярных соединений.

**Ключевые слова:** экстракт, сосна кедровая, экстрактивные вещества, дубильные вещества, остовы шишек сосны кедровой.

**Для цитирования:** Устойчивые подходы к утилизации биоактивных фенолов из побочных продуктов переработки *Pinus sibirica* / Д.В. Чижова [и др.] // Шаг в науку. – 2026. – № 2. – С. 5–9.

## SUSTAINABLE APPROACHES TO THE UTILIZATION OF BIOACTIVE PHENOLS FROM BY-PRODUCTS OF PINUS SIBIRICA PROCESSING

**Chizhova Diana Viktorovna**, student, training program 18.03.02 Energy and Resource Saving Processes in Chemical Engineering, Petrochemistry and Biotechnology, Reshetnev Siberian State University of Science and Technology, Krasnoyarsk, Russia  
e-mail: chiznowa\_diana@mail.ru

**Kuritsina Albina Alekseevna**, student, training program 18.03.02 Energy and Resource Saving Processes in Chemical Engineering, Petrochemistry and Biotechnology, Reshetnev Siberian State University of Science and Technology, Krasnoyarsk, Russia  
e-mail: kuricinaalbina3@gmail.com

**Savelyeva Daria Maksimovna**, student, training program 18.03.02 Energy and Resource Saving Processes in Chemical Engineering, Petrochemistry and Biotechnology, Reshetnev Siberian State University of Science and Technology, Krasnoyarsk, Russia  
e-mail: dsaveleva184@gmail.com

**Kvashina Diana Alexandrovna**, student, training program 18.03.02 Energy and Resource Saving Processes in Chemical Engineering, Petrochemistry and Biotechnology, Reshetnev Siberian State University of Science and Technology, Krasnoyarsk, Russia  
e-mail: d8969846@gmail.com

**Khabarova Kristina Ivanovna**, student, training program 18.03.02 Energy and Resource Saving Processes in Chemical Engineering, Petrochemistry and Biotechnology, Reshetnev Siberian State University of Science and Technology, Krasnoyarsk, Russia  
e-mail: kristinaholi9876@gmail.com

Research advisors: **Kokh Zhanna Alexandrovna**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Industrial Ecology, Processes and Devices of Chemical Production, Reshetnev Siberian State University of Science and Technology, Krasnoyarsk, Russia  
e-mail: jannetta-83@mail.ru

**Abstract.** Reducing the share of non-recyclable derivatives of fossil raw materials and expanding the use of biowaste and by-products is a global priority, including for Russia. The need for sustainable solutions, driven by the resource and environmental crisis as well as growing energy consumption, is shifting the focus to renewable sources. Biomass, specifically lignocellulosic by-products, is considered a promising feedstock. The aim of this work was to study the chemical composition of extracts obtained from *Pinus sibirica* cone cores after their mechanical activation. Preliminary mechanoactivation of the raw material (intensive mechanical treatment) leads to dispersion and destruction of cell walls, which significantly increases the accessibility of bioactive compounds for the extractant. As a result, aqueous-alcoholic extracts obtained using this methodology are characterized by: an increased yield of target fractions, and a rich chemical profile comprising a complex of polar and mid-polar compounds.

**Key words:** extract, *Pinus sibirica*, extractive substances, tannins, pine cone cores.

**Cite as:** Chizhova, D. V., Kuritsina, A. A., Savelyeva, D. M., Kvashina, D. A., Khabarova, K. I. (2026) [Sustainable approaches to the utilization of bioactive phenols from by-products of *Pinus sibirica* processing]. *Shag v nauku* [Step into science]. Vol. 2, pp. 5–9.

## Введение

Агроресоводческий комплекс представляет собой значимый сектор перерабатывающей промышленности. Его прогрессивное развитие способно стать действенным инструментом реализации промышленной политики России, внося вклад в решение ключевых стратегических задач: повышение энергоэффективности, переход на возобновляемые источники энергии, внедрение циркулярной экономики и принципов биоэкономики, а также создание природных поглотителей углерода. Актуальность данного подхода подчеркивает глобальная проблема образования отходов. Ежегодно в мире образуется около 5 миллиардов тонн биоотходов агроресоводства и пищевой промышленности, что сопровождается выбросами приблизительно 3,3 миллиардов тонн  $\text{CO}_2$  [2; 7].

В Российской Федерации ежегодный объем подобных отходов оценивается в 10 миллионов тонн, что создает существенную нагрузку на окружающую среду. В этом контексте стратегическим направлением снижения экологического воздействия становится глубокая переработка промышленных биоотходов с целью получения из них ценных натуральных ингредиентов. Параллельно наблюдается растущий научный и практический интерес к разработке ресурсоэффективных, интенсифицированных процессов и внедрению «зеленых» технологий, обеспечивающих производство безопасных, качественных и экологически устойчивых продуктов. Эта деятельность полностью соответствует принципам «зеленой химии», направленным на минимизацию образования отходов, максимально рациональное использование ресурсов и энергии [2; 6; 8].

Сокращение доли неперерабатываемых производных ископаемого сырья и расширение использования биоотходов и побочных продуктов является глобальным приоритетом, в том числе и для России. Этот переход способствует снижению антропогенной нагрузки на экосистемы и смягчению последствий изменения климата [3; 8].

Необходимость устойчивых решений, обусловленная ресурсным и экологическим кризисом, а также растущим энергопотреблением, смещает фокус на возобновляемые источники. Биомасса, в частности лигноцеллюлозные побочные продукты, рассматривается как перспективная сырьевая база. Концепция биопереработки представляет собой интегрированную платформу для глубокой конверсии биомассы в широкий спектр продуктов – от энергоносителей до химических веществ с высокой добавленной стоимостью. Разработка устойчивого процесса подразумевает оптимизацию по нескольким критериям: экологичность методов, энергоэффективность и полная утилизация всех потоков [4; 5].

В текущей практике отходы и побочные продукты агропромышленного и лесного комплексов преимущественно утилизируются путем прямого сжигания для получения энергии. К наиболее значимым источникам такой биомассы относятся: отходы лесопиления и деревообработки (кора, щепа, шишки после извлечения орехов), сельскохозяйственные остатки, органическая фракция твердых коммунальных отходов, а также специальные энергетические культуры. В этой связи ключевой задачей становится сокращение объемов таких отходов и поиск способов их вторичного использования в рамках перехода к модели экономики с нулевыми отходами [3; 8].

Отходы лесопереработки хвойных деревьев, такие как шелуха и остовы шишек сосны кедровой, находят применение в производстве композитного материала «Кедропласт». Плитки, изготовленные методом горячего прессования с использованием кедровой живицы в качестве связующего, обладают высокой прочностью, водостойкостью, долговечностью и, согласно литературным данным, оздоровительным эффектом, что позволяет использовать их для создания специальных кабин [7; 4].

Хвоя является сырьем для получения эфирных масел, востребованных в косметической промышленности, причем пихтовое масло имеет особое значение в медицине. Дополнительным продуктом переработки хвои является хвойно-витаминная мука. Кора, как важный компонент древесного сырья, представляет ценность для комплексной утилизации. Она может использоваться в фармацевтике, химической промышленности, сельском хозяйстве, а также при производстве строительных и отделочных материалов [2; 7].

Целью настоящей работы является изучение химического состава экстрактов, полученных из остовов шишек сосны кедровой после их механической активации. Механоактивация рассматривается как перспективный метод глубокой переработки древесных отходов для создания композиционных материалов, сопутствующим продуктом которого являются водные и водно-этанольные экстракты. Анализ состава экстрактов проводился стандартными методами, принятыми в химии древесины.

## Материалы и методы исследования

Проводилось определение времени наступления равновесной концентрации в системе экстрагент – сырье и определение оптимального времени настаивания. Для определения зависимости выхода экстрактивных веществ от времени настаивания навески измельченных шишек сосны кедровой после механоактивирования (5,0 г) заливали в экстрактор с экс-

трагентом (водно-этанольный раствор концентрацией 40%) до образования «зеркала». Настаивание вели в течение 5, 10, 15, 20, 25 и 75 часов. Полученные результаты по окончании каждого интервала извлечения анализировали на содержание целевых веществ (экстрактивных и дубильных) [2; 1; 5].

### Результаты для обсуждения

Выход экстрактивных веществ (% на а.с.с.) – это ключевой показатель эффективности экстракции и механоактивации. Он отражает общую массу всех

веществ (фенолы, терпеноиды, дубильные вещества, смолы и др.), перешедших из сырья в раствор. Более высокое значение указывает на более полное извлечение биологически активных веществ, что является прямым следствием разрушения клеточных структур в процессе механоактивации.

Определение оптимального времени настаивания проводилось в трех повторностях. Статистически обработанные данные по динамике накопления экстрактивных веществ приведены в таблице 1.

Таблица 1. Содержание экстрактивных веществ в водно-спиртовом экстракте концентрацией 40% из остовов шишек сосны кедровой после их механической активации

Время настаивания, час	5	10	15	20	25	75
Содержание экстрактивных веществ, %	2,68 ± 0,83	4,25 ± 0,81	6,38 ± 0,79	8,88 ± 0,82	9,51 ± 0,86	10,95 ± 0,88
Содержание дубильных веществ, %	3,15 ± 0,91	4,79 ± 0,82	8,25 ± 0,88	10,18 ± 0,91	12,15 ± 0,94	15,75 ± 0,95

Источник: разработано авторами

На основании результатов таблицы 1 установлено, что для достижения равновесия в системе «сырье–экстрагент» требуется 24 часа. Водно-спиртовые экстракты, полученные из механоактивированного сырья хвойных пород, представляют собой концентрированные растворы биологически активных веществ, извлеченных с помощью гидрофильно-спиртовой смеси.

### Заключение

Предварительная механоактивация сырья (интенсивное механическое воздействие) приводит к диспергированию и разрушению клеточных стенок, что значительно повышает доступность биоактивных соединений для экстрагента. В результате водно-спиртовые экстракты, полученные по такой

методике, характеризуются: повышенным выходом целевых фракций, богатым химическим составом, включающим комплекс полярных и среднеполярных соединений. Такие экстракты являются перспективным полупродуктом для фармацевтики, косметологии, производства биологически активных добавок и функциональных продуктов, где ценен синергетический эффект природного комплекса веществ. Механообработка биомассы хвойных пород, являющейся отходом основных производств, позволяет получать водные экстракты с высоким выходом целевых компонентов. Полученные данные свидетельствуют о потенциальной ценности этих экстрактов в качестве сырья для создания косметических и лечебно-профилактических средств.

### Литература

1. ГОСТ 28508-90. Экстракты дубильные растительные. Методы определения. – М., 2006. – 15 с.
2. Изучение технологических свойств сосновых экстрактов, полученных альтернативными растворителями / Н. В. Гончарова [и др.] // Инновационные технологии: кожа, мех, химические материалы, производство: Сборник научных трудов I Международной научно-практической конференции, посвященной памяти выдающегося советского ученого Н.В. Чернова, Москва, 25–27 ноября 2023 года. – М.: Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство). – 2023. – С. 110–113. – EDN: FAELRY.
3. Исследование экстрактов биомассы хвойных пород древесины после механообработки / В. Д. Эскин [и др.] // Молодые ученые в решении актуальных проблем науки: сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Красноярск, 22–23 апреля 2021 года. – Красноярск: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева». – 2021. – С. 350–352. – EDN: QQRJVG.

4. Лис Е. В. Химический состав шишек *Pinus Sibirica* R. Мауг: дис. ... канд. хим. наук. – Красноярск: СибГТУ, 2006. – 151 с. – EDN: NNYRGB.

5. Обзор исследований в области извлечения биологически активных и дубильных веществ из древесины лиственницы / Р. Г. Сафин [и др.] // Деревообрабатывающая промышленность. – 2020. – № 1. – С. 15–25. – EDN: XZMHTT.

6. Пат. 2350477 Российская Федерация, МПК7 В44 С1/24, В44 С5/04. Способ получения изделий из отходов шишек хвойных деревьев и композиция из этих отходов для получения изделий / Р. М. Богатищев, В. В. Ганжа, М. Н. Никитченко № 2006118144/12; заявл. 26.05.2006; опубл. 27.03.2009, Бюл. № 9. – 6 с.

7. Петрова Е. А., Демьянцева Е. Ю. Извлечение водорастворимых веществ древесной зелени хвойных пород в присутствии неионогенных ПАВ // Современная целлюлозно-бумажная промышленность. Актуальные задачи и перспективные решения: Материалы III Международной научно-технической конференции молодых учёных и специалистов ЦБП, Санкт-Петербург, 08 ноября 2021 года / Ред. О.В. Фёдорова, А.Г. Кузнецов. Том I. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна. – 2022. – С. 9–13. – EDN: CXLVIC.

8. Эскин В. Д., Курбонов М. М., Криворотова А. И. Использование биомассы хвойных в процессе глубокой переработки древесины // Лесозаготовка и комплексное использование древесины: Сборник статей Всероссийской научно-практической конференции, Красноярск, 10 марта 2021 года. – Красноярск: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева». – 2021. – С. 294–298. – EDN: FRWKFQ.

Статья поступила в редакцию: 25.01.2026; принята в печать: 22.04.2026.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.