

ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПЕРЕРАБОТКИ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ

УДК 66.061:630*8:658.562

DOI: 10.64430/1993-0135-2026-2-105-110

Хвойные бореальной зоны. 2026. Т. XLIV, № 2. С. 105–110

РАЗРАБОТКА ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДЛЯ АНАЛИТИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ ПРОЦЕССА ЭКСТРАКЦИИ ВТОРИЧНОГО СЫРЬЯ ПЕРЕРАБОТКИ КЕДРОВЫХ ШИШЕК

Ж. А. Кох

Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М. Ф. Решетнева
Российская Федерация, 660037, г. Красноярск, просп. им. газеты «Красноярский рабочий», 31
E-mail: jannetta-83@mail.ru

Аннотация. Существующие подходы к утилизации отходов переработки кедровых шишек не позволяют в полной мере реализовать потенциал ценного вторичного сырья. Для рационального использования биоресурсов и снижения антропогенной нагрузки на окружающую среду необходима разработка и внедрение технологий глубокой переработки вторичного сырья шишек сосны кедровой (*Pinus sibirica*), обеспечивающих получение экстрактов с высокими качественными показателями. Значительного повышения эффективности извлечения целевых компонентов можно достичь путем комбинирования механоактивации и оптимизированных параметров жидкостной экстракции. Данный подход не только интенсифицирует выход целевых компонентов, но и создает основу для формирования производственных нормативов аналитического контроля. Цель настоящего исследования заключалась в научном обосновании системы производственных показателей для процесса экстракции вторичного сырья переработки кедровых шишек с последующим изучением кинетики накопления экстрактивных и дубильных веществ в зависимости от продолжительности настаивания. С применением диаграммы Исикавы систематизированы факторы, влияющие на эффективность извлечения. Экспериментально установлено, что оптимальная продолжительность процесса составляет 24 часа, обеспечивая выход целевых компонентов на уровне 90–95 % от максимального. Предложена система нормируемых показателей, включающая параметры входного контроля сырья, технологического процесса и качества готового продукта.

Ключевые слова: вторичное сырье; остоны шишек сосны кедровой (*Pinus sibirica*); экстракция; производственные показатели; аналитический контроль; экстрактивные вещества; дубильные вещества; время настаивания; кинетика экстракции.

Conifers of the boreal area. 2026, Vol. XLIV, No. 2, P. 105–110

DEVELOPMENT OF PRODUCTION INDICATORS FOR ANALYTICAL QUALITY CONTROL OF THE EXTRACTION PROCESS OF SECONDARY RAW MATERIALS FROM SIBERIAN PINE CONES PROCESSING

Zh. A. Kokh

Reshetnev Siberian State University of Science and Technology
31, Krasnoyarskii rabochii prospekt, Krasnoyarsk, 660037, Russian Federation
E-mail: jannetta-83@mail.ru

Abstract. Existing approaches to the disposal of processing waste from Siberian pine cones do not allow for the full realization of the potential of valuable secondary raw materials. For the rational use of biological resources and the reduction of anthropogenic impact on the environment, it is necessary to develop and implement technologies for the deep processing of secondary raw materials from Siberian pine (*Pinus sibirica*) cones, ensuring the production of extracts with high quality indicators. A significant increase in the efficiency of extracting target components can be achieved by combining mechanical activation and optimized parameters of liquid extraction. This method not only intensifies the yield of target components but also establishes a foundation for the formulation of production standards for analytical control. The aim of this study was to provide scientific substantiation for a system of production indicators for the extraction process of secondary raw materials from pine cone processing, followed by investigation of the accumulation kinetics of extractive substances and tannins depending on maceration duration. Using an Ishikawa diagram, factors influencing extraction efficiency were systematized. It was experimentally established that the optimal

process duration is 24 hours, ensuring a yield of target components at the level of 90–95 % of the maximum. A system of standardized indicators is proposed, including parameters for raw material input control, the technological process, and finished product quality.

Keywords: *secondary raw materials, Siberian pine (*Pinus sibirica*) cone husks, extraction, production indicators, analytical control, extractive substances, tannins; maceration time, extraction kinetics.*

ВВЕДЕНИЕ

Масштабным источником образования биоотходов в России выступает лесная отрасль, ежегодно генерирующая до 10 млн тонн отходов лесоводства. Значительная доля этого объема приходится на отходы промысла кедрового ореха – осто́вы и чешуйки шишек после обрушения. В глобальном контексте нерациональное обращение с подобными отходами (включая сжигание) вносит вклад в эмиссию парниковых газов, достигающую 3,3 млрд тонн CO₂-эквивалента. Текущая практика утилизации вступает в противоречие с принципами ресурсосбережения и целями устойчивого развития, требуя безотлагательного пересмотра технологических подходов [3; 7]. В ответ на экологические вызовы сформировалась концепция биопереработки, позиционирующая растительные отходы не как балласт, а как возобновляемое сырье для создания продуктов с высокой добавленной стоимостью. В отличие от сжигания (получение энергии низкого потенциала), глубокая переработка позволяет извлекать из биомассы ценные компоненты для косметической, фармацевтической и пищевой отраслей. Ключевые критерии разработки устойчивого процесса включают: экологичность методов (применение «зеленых» растворителей и мягких режимов экстракции); энергоэффективность (минимизация энергозатрат на всех стадиях); полная утилизация всех технологических потоков (например, использование шрота после экстракции для производства сорбентов или удобрений) [7; 9; 10]. В соответствии с концепцией биопереработки, вторичное сырье растительного происхождения рассматривается как ценный источник биологически активных веществ для косметической, фармацевтической и пищевой промышленности [1; 3; 11]. Данная концепция представляет собой интегрированную платформу для глубокой конверсии биомассы в широкий спектр продуктов – от энергоносителей до химических веществ с высокой добавленной стоимостью [1; 3; 7].

На государственном уровне данное направление поддерживается технологической платформой «Био-Тех 2030», что подчеркивает стратегическую важность замещения продуктов нефтехимии возобновляемым растительным сырьем [1]. Расширение использования биоотходов и побочных продуктов является глобальным приоритетом, способствующим снижению антропогенной нагрузки на экосистемы и смягчению последствий изменения климата [3; 6; 11]. Вторичное сырье шишек сосны кедровой (осто́вы, чешуйки) представляют собой сложный природный комплекс, содержащий широкий спектр экстрактивных веществ: фенольные соединения (включая флавоноиды и фенолкарбоновые кислоты), они обладают антиоксидантной активностью; терпеноиды проявляют противовоспалительные и антимикробные свойства;

дубильные вещества (гидролизуемые и конденсированные танины) ценные компоненты для медицинской и кожевенной промышленности; смолистые вещества потенциальная основа для получения клеев, лаков и компонентов фармпрепаратов [2; 4; 13; 14]. Несмотря на доказанный богатый состав, переход от лабораторных исследований к промышленному производству сдерживается отсутствием унифицированной системы оценки качества [8; 12].

Ключевым барьером для коммерциализации технологий переработки вторичного сырья шишек сосны кедровой является отсутствие системы производственных показателей аналитического контроля. Стандартизация необходима для обеспечения воспроизводимости результатов и гарантии качества конечной продукции.

Разработка такой системы должна включать три уровня контроля: входной контроль сырья – оценка подлинности, влажности, содержания экстрактивных веществ и тяжелых металлов; технологический контроль – мониторинг параметров процесса экстракции (температура, гидромодуль, продолжительность, эффективность измельчения); контроль готовой продукции – идентификация и количественное определение маркерных соединений (например, суммы фенольных соединений или конкретных терпеноидов), микробиологическая чистота.

Цель исследования – научное обоснование и разработка производственных показателей для аналитического контроля процесса экстракции вторичного сырья переработки кедровых шишек (осто́вов после обрушения).

Для создания научно обоснованной базы переработки данного вида сырья необходимо решение следующих задач:

1. Провести анализ влияния технологических параметров на выход и состав экстрактивных веществ.
2. Экспериментальным путем определить зависимости концентрации биологически активных веществ в экстракте от времени для выявления точки равновесия в системе «сырье — экстрагент».
3. Установить оптимальное время продолжительности настаивания как нормируемого параметра, обеспечивающего баланс между полнотой извлечения и экономической целесообразностью.
4. Предложить систему производственных показателей для включения в нормативную документацию.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В качестве объекта исследования выступало вторичное сырье шишек сосны кедровой (*Pinus sibirica*) (осто́вы, чешуйки) после обрушения (отходы производства кедрового ореха) [1; 2; 14]. Для изучения

зависимости выхода экстрактивных веществ от времени настаивания навески сырья массой 5,0 г (точность взвешивания $\pm 0,01$ г) помещали в экстрактор и заливали экстрагентом – водно-этанольным раствором с концентрацией 40 % – до полного покрытия материала (образования «зеркала») [12; 14]. Процесс экстракции вели дискретно в течение заданных временных интервалов: 5, 10, 15, 20, 25 и 75 часов. По окончании каждого интервала в полученных извлечениях определяли содержание целевых компонентов: сумму экстрактивных веществ (гравиметрическим методом); содержание дубильных веществ (титриметрическим методом) [2; 5; 13]. Все измерения выполняли в трехкратной повторности.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ

Для систематизации факторов, влияющих на эффективность извлечения биологически активных веществ из вторичного сырья, и обоснования выбора ключевых контролируемых параметров была применена причинно-следственная диаграмма Исикавы (рис. 1). В качестве центральной проблемы определена необходимость разработки повышения эффективности извлечения целевых компонентов из отходов переработки кедровых шишек как системы производственных показателей для аналитического контроля.

Диаграмма, представленная на рис. 1, позволила перейти от неструктурированного перечня факторов к обоснованному планированию эксперимента. Фиксация таких параметров, как тип экстрагента (40 % этанол) и метод анализа, при варьировании времени настаивания, соответствует классическому однофакторному эксперименту и позволяет изолированно изучить влияние именно временного фактора. Выход экстрактивных веществ рассматривается как основной производственный показатель эффективности процесса, интегрирующий результаты как экстракции. Результаты эксперимента представлены в табл. 1.

Таблица 1

Динамика накопления экстрактивных и дубильных веществ в зависимости от продолжительности экстракции вторичного сырья шишек сосны кедровой (водно-этанольный раствор 40 %)

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

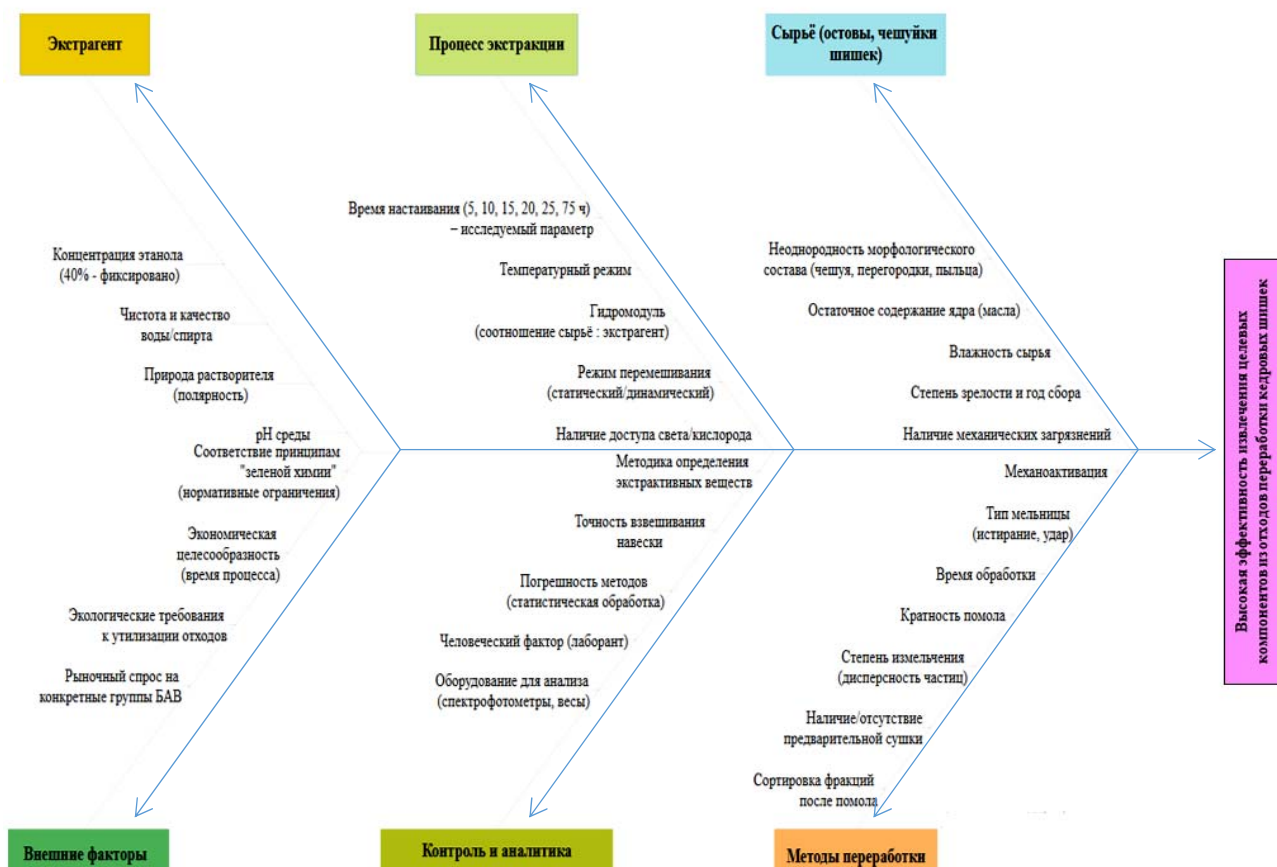


Рис. 1. Причинно-следственная диаграмма факторов, влияющих на разработку производственных показателей контроля экстракции

Экспериментальные данные, представленные в табл. 1, позволяют выделить ключевые закономерности массопереноса: стадия интенсивной экстракции от 0 до 20 часов происходит активное извлечение веществ с поверхности и из легко доступных клеточных структур сырья. Увеличение количества экстрактивных веществ составил 6,2 % абс., дубильных 7,03 % абс. Высокая начальная скорость обусловлена большой разностью концентраций в сырье и экстрагенте. Стадия замедления наступает в период от 20 до 25 часов, скорость процесса резко падает, экстрактивные вещества за период 5 часов увеличились в количественном отношении всего на 0,63 %, дубильные вещества на 1,97 %, это свидетельствует о том, что система приближается к равновесию, и начинается стадия внутридиффузионного извлечения (более медленный процесс). Дальнейшее увеличение времени приводит к незначительному приросту целевых компонентов. Увеличение времени в 3 раза с 25 до 75 часов дает увлечение количества экстрактивных веществ на 15 %, а дубильных — на 30 % относительно значений, достигнутых к 25 часам. Использование точки 75 часов в качестве «максимума» корректно для оценки относительной эффективности, однако с практической точки зрения это чрезмерно длительный цикл. Вывод о достижении 90–95 % от максимума за 24 часа является статистически обоснованным и ключевым для технологического нормирования.

Увеличение времени в 3 раза приведет к пропорциональному росту энергопотребления (поддержание температуры, работы насосов) и снижению оборачиваемости оборудования (производительность цеха упадет в 3 раза). Незначительный прирост выхода биологически активных веществ (экстрактивных веществ –1,44 % и дубильных веществ – 3,6 %) не компенсирует трехкратный рост себестоимости продукта. Выбор 24 часов является компромиссом между полнотой извлечения и экономической эффективностью.

На основании проведенного исследования предлагается следующая система производственных показателей для аналитического контроля процесса экстракции отходов переработки кедровых шишек (табл. 2). Предложенная система является логическим завершением исследования и обладает признаками комплексной системы качества по типу НАССР.

Разработанная система нормативов базируется на принципах комплексного управления качеством и охватывает все стадии жизненного цикла продукта.

На стадии входного контроля критическими точками признаны влажность сырья ($\leq 10,0$ %) и его гранулометрический состав (содержание частиц менее 1 мм – не менее 80 %). Лимитирование влажности продиктовано необходимостью предотвращения агломерации частиц и сохранения эффективной поверхности массообмена. Нормирование степени измельчения напрямую коррелирует с площадью контакта фаз в экстракционной системе.

Регламентация технологического процесса включает фиксацию трех параметров, доказавших свою значимость на этапе планирования эксперимента: состав экстрагента (этанол 40 %), соотношение фаз (1:10) и продолжительность контакта (24 ч). Именно временной фактор, согласно кинетическим исследованиям, обеспечивает приближение системы к равновесному состоянию при сохранении экономической эффективности цикла.

Нормирование качества готового продукта осуществляется по двум маркерным показателям: содержание экстрактивных веществ и содержание дубильных соединений имеет высокую фармакологическую значимость данных групп вторичных метаболитов и их превалирования в целевом экстракте.

Периодичность контроля показателей готового продукта установлена «каждая партия», что позволяет обеспечить стабильность качества выпускаемой продукции и своевременно выявлять возможные отклонения в технологическом процессе.

Таблица 2
Нормируемые производственные показатели

Показатель	Нормируемое значение	Метод контроля	Периодичность контроля
Входной контроль сырья			
Влажность сырья, %	Не более 10,0	Гравиметрический (сушка до постоянной массы)	Каждая партия
Степень измельчения (фракция < 1 мм), %	Не менее 80	Ситовой анализ	Каждая партия
Параметры процесса			
Концентрация этанола, %	40,0±0,5	Ареометрия / рефрактометрия	Каждый цикл
Гидромодуль (сырье: экстрагент)	1:10	Объемный / весовой	Каждый цикл
Время настаивания, ч	24,0±0,5	Хронометраж	Каждый цикл
Показатели готового продукта			
Содержание экстрактивных веществ, %	Не менее 9,0	Гравиметрический	Каждая партия
Содержание дубильных веществ, %	Не менее 10,0	Титриметрический	Каждая партия

ВЫВОДЫ

В результате проведенного исследования экспериментально обоснована целесообразность использования вторичного сырья переработки кедровых шишек *Pinus sibirica* (остовы и чешуйки) в качестве источника биологически активных веществ.

Установлены кинетические закономерности процесса экстракции: интенсивная фаза извлечения приходится на первые 20 часов контакта фаз; увеличение продолжительности процесса с 25 до 75 часов признано экономически нецелесообразным вследствие незначительного прироста целевых компонентов (1,44 % для экстрактивных веществ и 3,6 % для дубильных веществ) при трехкратном росте энергозатрат.

Научно обоснован и рекомендован в качестве нормируемого технологического параметра временной интервал 24 часа, обеспечивающий достижение 90–95 % выхода экстрактивных веществ от максимально достижимого при сохранении экономической эффективности процесса.

Разработана система производственных показателей аналитического контроля, включающая три уровня: входной контроль, контроль параметров процесса и контроль готового продукта. Предложенные показатели могут быть использованы при разработке нормативной документации (технических условий, технологического регламента) на производство экстрактов из вторичного сырья шишек сосны кедровой.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЕ ССЫЛКИ

1. Бычков А. Л., Ломовский О. И. Современные достижения в механоферментативной переработке растительного сырья // *Химия растительного сырья*. 2017. № 2. С. 35–47. DOI 10.14258/jcprm.2017021546
2. Исследование химического состава шишек и семян хвойных пород Сибири / В. А. Иванов, Е. В. Лис, Е. В. Фибих, Ю. С. Шимова // *Хвойные бореальной зоны*. 2023. Т. 41, № 1. С. 95–100. DOI 10.53374/1993-0135-2023-1-95-100
3. Ушанова В. М., Баранова Н. В. Использование отходов шишек хвойных после извлечения семян // *Решетневские чтения : материалы XXIV Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. памяти генерального конструктора ракетно-космических систем академика М. Ф. Решетнева* : в 2 ч. Красноярск, 10–13 ноября 2020 года. Ч. 2 / СибГУ им. М. Ф. Решетнева. Красноярск, 2020. С. 127–128.
4. Чупров М. Д., Чупрова Н. А. Исследование химического состава шишек и семян хвойных пород города Архангельска // *Ломоносовские научные чтения студентов, аспирантов и молодых ученых – 2025*, Архангельск, 01–30 апреля 2025 года. Архангельск, 2025. С. 649–650.
5. Элементный состав экстрактов ели обыкновенной шишек / Д. О. Семакин, Д. К. Гуляев, В. Д. Белогонова [и др.] // *Фармацевтическое дело и технология лекарств*. 2023. № 2. С. 16–20. DOI 10.33920/med-13-2302-02
6. Изучение элементного состава водных экстрактов хвойных растений Сибири / О. В. Иванова, Ю. Г. Любимова, В. А. Терещенко, Е. А. Иванов // *Химия растительного сырья*. 2021. № 3. С. 181–190. DOI 10.14258/JCPRM.2021038714

7. Бекузарова С. А., Мерзлая Г. Е. Рециклинг шишек хвойных пород // *Экологические проблемы развития агроландшафтов и способы повышения их продуктивности : сб. статей по материалам Междунар. науч. экологич. конф., Краснодар, 27–29 марта 2018 года*. Краснодар : Кубан. гос. аграр. ун-т им. И. Т. Трубилина, 2018. С. 142–144.

8. Губенко А. П., Стариков А. В. Анализ методики и средств учёта сырья и готовой продукции на маслоэкстракционном заводе // *Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика*. 2015. Т. 3, № 5-4(16-4). С. 62–68. DOI 10.12737/16207
9. Кинетическая модель извлечения экстрактивных веществ из растительного сырья / Н. А. Макаревич, Н. И. Богданович, С. И. Третьяков [и др.] // *Известия Национальной академии наук Беларуси. Серия химических наук*. 2014. № 2. С. 98–107.
10. Мясников В. Ю., Иванов Е. В., Саканян Е. И. Определение кинетических характеристик процесса экстрагирования растительного сырья при реперколяции // *Химико-фармацевтический журнал*. 2010. Т. 44, № 4. С. 38–41.
11. Балакина М. В. Побочные продукты производства: возобновляемые ингредиенты для косметики и бытовой химии // *Сырье и упаковка: Для парфюмерии, косметики и бытовой химии*. 2022. № 6(252). С. 7–11.
12. Кузьменко Д. Е. Влияние условий экстракции на эффективность извлечения сухих веществ и полифенолов из продуктов переработки кедровой шишки // *Современные проблемы техники и технологии пищевых производств : материалы XXII Междунар. науч.-практ. конф., Барнаул, 26–27 октября 2022 года / под ред. Е. П. Каменской, В. П. Вистовской, Е. С. Дикаловой*. Барнаул : Алтайск. гос. техн. ун-т им. И. И. Ползунова, 2022. С. 118–122.

13. Шеффер Э. П. Современные подходы к изучению химического состава семян сосны кедровой сибирской и разработка методов стандартизации лекарственных препаратов на их основе : автореф. дис. ... канд. фармацевт. наук. М., 2000. 25 с.

14. Об экстракции липидных компонентов из семян сосны сибирской / О. И. Лебедева, Л. П. Рубчевская, В. М. Ушанова, С. М. Репях // *Химия растительного сырья*. 1998. № 2. С. 25–29.

REFERENCES

1. Bychkov A. L., Lomovskij O. I. Sovremennyye dostizheniya v mekhanofermentativnoj pererabotke rastitel'nogo syr'ya // *Himiya rastitel'nogo syr'ya*. 2017. № 2. S. 35–47. DOI 10.14258/jcprm.2017021546
2. Issledovanie himicheskogo sostava shishek i semyan hvoynyh porod Sibiri / V. A. Ivanov, E. V. Lis, E. V. Fibih, Yu. S. Shimova // *Hvojnye boreal'noj zony*. 2023. T. 41, № 1. S. 95–100. DOI 10.53374/1993-0135-2023-1-95-100
3. Ushanova V. M., Baranova N. V. Ispol'zovanie othodov shishek hvoynyh posle izvlecheniya semyan // *Reshetnevskie chteniya : materialy XXIV Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, posvyashchen-*

noj pamyati general'nogo konstruktora raketno-kosmicheskikh sistem akademika M. F. Reshetneva : v 2 chastyah, Krasnoyarsk, 10–13 noyabrya 2020 goda. Chast' 2 / Federal'noe gosudarstvennoe byudzhethoe obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego obrazovaniya «Sibirskij gosudarstvennyj universitet nauki i tekhnologii imeni akademika M. F. Reshetneva». Krasnoyarsk, 2020. S. 127–128.

4. Chuprov M. D., Chuprova N. A. Issledovanie himicheskogo sostava shishek i semyan hvojnyh porod goroda Arhangel'ska // Lomonosovskie nauchnye chteniya studentov, aspirantov i molodyh uchenyh – 2025, Arhangel'sk, 01–30 aprelya 2025 goda. Arhangel'sk, 2025. S. 649–650.

5. Elementnyj sostav ekstraktov eli obyknovennoj shishek / D. O. Semakin, D. K. Gulyaev, V. D. Belonogova [i dr.] // Farmaceuticheskoe delo i tekhnologiya lekarstv. 2023. № 2. S. 16–20. DOI 10.33920/med-13-2302-02

6. Izuchenie elementnogo sostava vodnyh ekstraktov hvojnyh rastenij Sibiri / O. V. Ivanova, Yu. G. Lyubimova, V. A. Tereshchenko, E. A. Ivanov // Himiya rastitel'nogo syr'ya. 2021. № 3. S. 181–190. DOI 10.14258/JCPRM.2021038714

7. Bekuzarova S. A., Merzlaya G. E. Recikling shishek hvojnyh porod // Ekologicheskije problemy razvitiya agrolandshaftov i sposoby povysheniya ih produktivnosti : sbornik statej po materialam Mezhdunarodnoj nauchnoj ekologicheskoy konferencii, Krasnodar, 27–29 marta 2018 goda. Krasnodar : Kubanskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet imeni I. T. Trubilina, 2018. S. 142–144.

8. Gubenko A. P., Starikov A. V. Analiz metodiki i sredstv uchyota syr'ya i gotovoj produkcii na masloekstrakcionnom zavode // Aktual'nye napravleniya

nauchnyh issledovanij XXI veka: teoriya i praktika. 2015. T. 3, № 5-4(16-4). S. 62–68. DOI 10.12737/16207

9. Kineticheskaya model' izvlecheniya ekstraktivnyh veshchestv iz rastitel'nogo syr'ya / N. A. Makarevich, N. I. Bogdanovich, S. I. Tret'yakov [i dr.] // Izvestiya Nacional'noj akademii nauk Belarusi. Seriya himicheskikh nauk. 2014. № 2. S. 98–107.

10. Myasnikov V. Yu., Ivanov E. V., Sakanyan E. I. Opredelenie kineticheskikh harakteristik processa ekstrahiraniya rastitel'nogo syr'ya pri reperkolyacii // Himikofarmaceuticheskij zhurnal. 2010. T. 44, № 4. S. 38–41.

11. Balakina M. V. Pobochnye produkty proizvodstva: vozobnovlyаемые ингредиенты для косметики и бытовой химии // Syr'e i upakovka: Dlya parfumerii, kosmetiki i bytovoj himii. 2022. № 6(252). S. 7–11.

12. Kuz'menko D. E. Vliyanie uslovij ekstrakcii na effektivnost' izvlecheniya suhih veshchestv i polifenolov iz produktov pererabotki kedrovoj shishki // Sovremennye problemy tekhniki i tekhnologii pishchevyh proizvodstv: Materialy XVIII mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, Barnaul, 26–27 oktyabrya 2022 goda / pod redakciej E. P. Kamenskoj, V. P. Vistovskoj, E. S. Dikalovoj. Barnaul : Altajskij gosudarstvennyj tekhnicheskij universitet im. I. I. Polzunova, 2022. S. 118–122.

13. Sheffer E. P. Sovremennye podhody k izucheniyu himicheskogo sostava semyan sosny kedrovoj sibirskoj i razrabotka metodov standartizacii lekarstvennyh preparatov na ih osnove : avtoref. dis. ... kand. farmac. nauk. M., 2000. 25 s.

14. Ob ekstrakcii lipidnyh komponentov iz semyan sosny sibirskoj / O. I. Lebedeva, L. P. Rubchevskaya, V. M. Ushanova, S. M. Repyah // Himiya rastitel'nogo syr'ya. 1998. № 2. S. 25–29.

© Кох Ж. А., 2026

Поступила в редакцию 10.12.2025
Принята к печати 27.04.2026