

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ИЗВЛЕЧЕНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ ИЗ КОРЫ СОСНЫ

К.В. Валеев✉, Р.Г. Сафин

ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет» (КНИТУ), Россия, 420015, Республика Татарстан, г. Казань, ул. К. Маркса, д. 68

kirval116@mail.ru

Представлено описание процесса извлечения биологически активных веществ из коры сосны. Приведена принципиальная схема экспериментальной установки для извлечения биологически активных веществ. Описана методика проведения экспериментальных исследований процесса извлечения биологически активных веществ. Получены зависимости концентрации биологически активных веществ (хвойного воска, антоцианидинового красителя, пектиновых веществ) из коры сосны от вида и концентрации экстрагента, гидромодуля, температуры и времени. Достигнуто выделение максимальных количеств хвойного воска, антоцианидинового красителя и пектина при определенных условиях.

**Ключевые слова:** экстракция, кора, сосна, пектин, антоцианидиновый краситель, хвойный воск

**Ссылка для цитирования:** Валеев К.В., Сафин Р.Г. Исследование процесса извлечения биологически активных веществ из коры сосны // Лесной вестник / Forestry Bulletin, 2026. Т. 30. № 2. С. 102–112. DOI: 10.17816/2542-1468-2026-2-102-112

Сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.) является одной из ключевых лесообразующих пород в Российской Федерации и занимает значительное место в экосистемах и экономике многих регионов, включая Республику Татарстан [1]. Республика Татарстан расположена в зоне смешанных лесов, где хвойные насаждения, представленные в основном сосной обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.), занимают около 22 % общей лесоплощади. Основные массивы сосновых боров сосредоточены в Предкамье (Приволжский, Сабинский, Балтасинский районы) и Западном Предкамье. Они имеют важное почвозащитное и водоохранное значение, особенно вдоль берегов крупных рек, таких как Волга и Кама [2–4]. Сосна в Татарстане произрастает в различных типах леса – от сухих лишайниковых боров до влажных сложных боров, что определяет некоторые вариации в скорости роста и качестве древесины [5].

Лесопромышленный комплекс Татарстана занимает один из значимых секторов экономики. Ключевые предприятия, в частности АО «Татлеспром» и входящие в его структуру лесхозы, осуществляют заготовку и переработку древесины. Традиционная переработка сосны включает в себя следующие производственные процессы [6]:

– выпуск обрезных и необрезных досок, бруса, используемых в строительстве и мебельном производстве;

– производство ДСП, ДВП и OSB-плиты из древесной стружки и опилок.

Кроме того, в производственной цепочке получают низкосортную древесину и отходы, часть которых направляется на целлюлозные заводы, а часть отходов и коры используется как топливо.

Переработка сосны в Татарстане сталкивается с проблемой использования биомассы. Кора, снимаемая при окорке древесины, используется в основном как низкокалорийное топливо, компост или мульча [7]. Ее потенциал в качестве источника химических веществ реализуется крайне слабо [8]. Содержание коры в дереве сосны изменяется в зависимости от возраста дерева, условий произрастания и части ствола, в среднем составляя 12...15 % общей массы стволовой древесины. Образование большого количества коры на лесопромышленных предприятиях создает существенные экологические проблемы, связанные с ее медленным разложением и риском возгорания [9]. При ежегодном объеме заготовок древесины в Татарстане в несколько миллионов кубометров образуются тысячи тонн коры, которые могут стать сырьем для биохимической переработки [10].

Кора сосны представляет собой уникальный комплекс биологически активных веществ (БАВ) и технически ценных веществ, среди

которых особый интерес представляют пектиновые вещества, хвойный воск и антоцианидиновые пигменты. Извлечение данных компонентов из коры позволило бы не только решить проблему утилизации отходов, но и создать новые высокомаржинальные продукты с широкой областью применения в пищевой, фармацевтической, косметической, химической и сельскохозяйственной промышленности [11–17].

Одним из наиболее важных компонентов являются пектины. Это сложные гетерополисахариды, основу которых составляет полигалактуроновая кислота. В коре сосны пектиновые вещества входят в состав клеточных стенок преимущественно в форме нерастворимого протопектина. Содержание пектиновых веществ в коре сосны может достигать 10...20 % массы абсолютно сухой коры. Их особенность заключается в высоком содержании нейтральных сахаров — галактозы и арабинозы, а также во взаимосвязи с фенольными соединениями, что придает пектинам выраженные антиоксидантные свойства. В пищевой промышленности пектины используются как гелеобразователи, загустители и стабилизаторы (для желе, джемов, молочных продуктов), в фармацевтике — для производства энтеросорбентов, способных связывать тяжелые металлы и радионуклиды, а также в системах контролируемой доставки лекарств, в косметологии — для гелей и кремов как увлажняющие и структурообразующие компоненты, в сельском хозяйстве — в качестве стимуляторов роста овощей и при обработке семян перед посевом [12, 18–20].

Хвойный воск представляет собой сложную смесь липофильных соединений, включающую в себя эфиры высших жирных кислот и высших спиртов, свободные жирные кислоты (олеиновую, линолевою, пальмитиновую), спирты и стерины. Это ключевой компонент суберина — биополимера, обеспечивающего барьерные функции коры. Содержание воска в коре составляет 5...10 %. В его составе идентифицируют смоляные кислоты (например, абиетиновую). Хвойный воск нашел широкое применение в лакокрасочной промышленности — при производстве олиф, алкидных смол и защитных покрытий, в химической промышленности — для получения пластификаторов, поверхностно-активных веществ и смазочных материалов, в косметике — для губных помад, кремов и мазей как загуститель и влагосберегающий агент [21, 22].

Важным компонентом сосновой коры является антоцианидиновый краситель, представляющий собой пигмент из класса флавоноидов,

придающий растениям красную, фиолетовую или синюю окраску. В коре сосны они находятся преимущественно в виде бесцветных предшественников — конденсированных танинов, которые при кислотном гидролизе расщепляются с образованием окрашенных антоцианидинов. В сельском хозяйстве хвойный воск добавляют в рационы поросят, телят и цыплят для увеличения привесов, и лучшего использования питательных веществ. Содержание антоцианидинов в коре сосны весьма велико и может достигать 15 % массы коры. Эти соединения являются мощными природными антиоксидантами, превосходящими по активности витамины С и Е. В пищевой промышленности антоцианидины используются как натуральные красители и антиоксиданты для напитков, кондитерских изделий и йогуртов, в косметике — для антивозрастных кремов и лосьонов в целях защиты кожи от окислительного стресса, в текстильной промышленности — для экологичного окрашивания таких натуральных тканей, как шелк, шерсть, в медицине предполагается использование их противовоспалительных, кардиопротекторных и противоопухолевых свойств [23].

По имеющимся данным, в настоящее время увеличилась потребность в БАВ на пищевом и косметическом рынках. Мировой рынок пектина оценивается в 1,5 млрд дол. США в 2024 г. и продолжает расти со среднегодовым темпом роста около 6–7 %. Мировой объем рынка натуральных восков пользуется повышенным спросом как альтернатива синтетическим и нефтехимическим аналогам и оценивается свыше 2 млрд дол., натуральных красителей — оцениваются примерно в 2,5 млрд дол. со среднегодовым темпом роста около 8 % [24, 25].

Для извлечения целевых компонентов из коры сосны применяются следующие методы экстракции:

- традиционный (кислотная, щелочная, ферментативная);
- ультразвуковой;
- СВЧ-экстракция;
- сверхкритическим диоксидом углерода;
- комбинированный, включающий в себя извлечение липофильных, полярных компонентов и пектиновых веществ [26–28].

Ныне разработаны разнообразные способы процессов экстракции. Выявлены зависимости выхода БАВ от концентрации и вида экстрагента, температуры процесса, продолжительности экстракции, гидромодуля и т. д., поэтому выявление рациональных технологических параметров, влияющих на экстрагирование БАВ из коры сосны приобрело актуальность. Процесс извлечения БАВ из коры сосны,



**Рис. 1.** Исследуемое вторичное сырье — кора сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.)

**Fig. 1.** The bark of the Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) as the studied secondary raw material

произрастающей в Республике Татарстан, исследуется в КНИТУ на кафедре переработки древесных материалов.

## Цель работы

Цель работы — определение рациональных режимных параметров процесса экстракции БАВ из сосны, произрастающих в Республике Татарстан.

## Материалы и методы

Для проведения процесса экстракции БАВ из коры сосны в Республике Татарстан были собраны образцы коры за период июль — август 2025 года (рис. 1). Образцы хранили в герметичной емкости не более 10 сут.

Согласно плану экспериментов, были проведены лабораторные исследования по определению выхода целевых компонентов — пектина, хвойного воска, антоцианидинового красителя — в зависимости от следующих параметров:

- вида и концентрации применяемого растворителя;
- соотношения сырье / экстрагент (гидромодуля);
- степени измельчения сырьевых частиц.

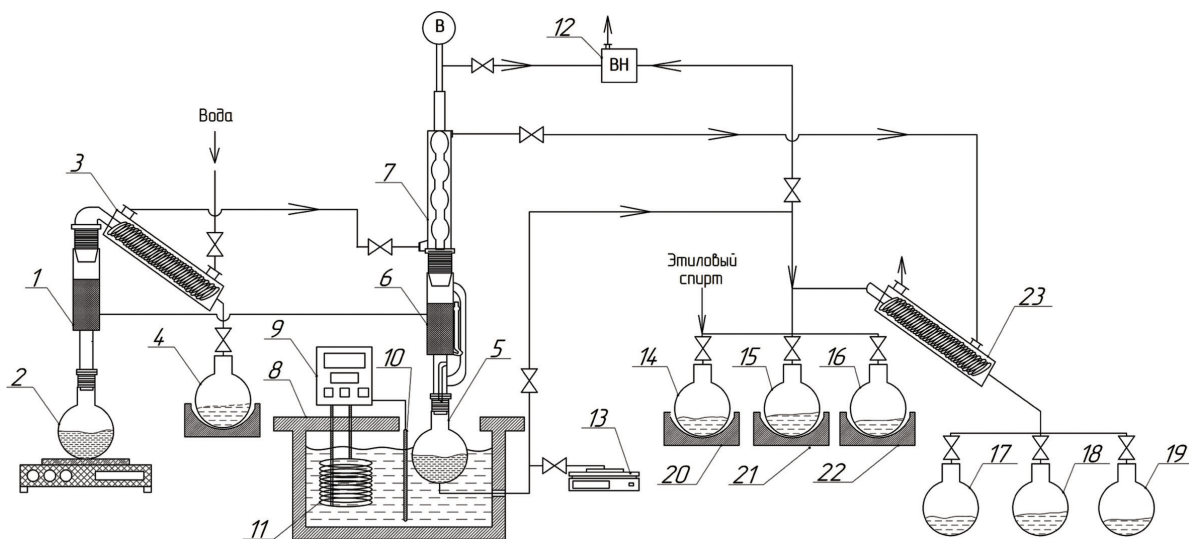
Параметры процесса экстракции имели следующие значения: температура процесса извлечения БАВ — 40...80 °С; время экстракции — 10...100 мин. Были использованы растворители: *n*-гексан; бензин марок «Калоша» и АИ-95; уайт-спирит; сольвент; этиловый спирт с содержанием водного раствора 4%-й соляной кислоты; 0,5%-й, 1%-й, 1,5%-й и 2%-й водный раствор шавелевокислого аммония. При извле-

чении БАВ гидромодуль составлял 1:4, 1:6, 1:8, 1:10, 1:15, 1:20. В качестве осадителя пектина применяли изопропиловый спирт.

Для определения рациональных параметров процесса экстракции из хвои сосны была разработана установка (рис. 2).

Установка состоит из экстрактора 1, круглодонной колбы (500 мл) 2, проточного холодильника 3, приемника флорентийской склянки 4, аппарата Сокслета с круглодонной колбой (500 мл) 5, резервуара 6, обратного холодильника 7, термостата 8. Регулирование температуры в термостате осуществляется с помощью терморпары 10 и терморегулятора (ОВЕН ТРМ 1-Н.У.Р.) 9. Для осуществления нагрева жидкости и ее поддержания в термостате использовали ТЭН 11. Отгонку воздуха из установки проводили вакуумным насосом 12. Взвешивание проб экстракта осуществляли на весах (СВЛ-2200Н) 13. Осаждение БАВ проводили в емкостях 14–16, сбор регенерированных экстрагентов — в емкостях 17–19. Выпаривание растворителей происходило в колбонагревателях 20–22. В противоточном холодильнике 23 осуществлялась конденсация растворителей.

Исследование выполняли следующим образом (методика извлечения эфирных масел и результаты их исследований более подробно представлены в работе [29]). В круглодонную колбу 5 помещали исследуемый неполярный органический растворитель. Колба нагревалась, пары растворителя поднимались по пароотводной трубке в обратный холодильник 7, где конденсировались. Чистый растворитель каплями стекал в экстракционный резервуар 6, в котором находилось сырье, помещенное в бумажный картридж. По мере заполнения резервуара происходил контакт горячего растворителя с сырьем и экстракция компонентов. Когда уровень жидкости достигал верхнего изгиба сифонной трубки, срабатывал сифон, и обогащенный экстрагент самотеком переливался обратно в колбу 5. В колбе растворитель испарялся, а нелетучие экстрагированные вещества оставались в ней. Этот цикл повторялся автоматически несколько раз, обеспечивая полное извлечение целевых соединений при минимальном расходе растворителя. После завершения процесса экстракт из колбы 5 отгонялся в емкость для осаждения 16, нагревался с помощью колбонагревателя 22 и упаривался до сиропообразного состояния. После полного выпаривания исследуемого неполярного органического растворителя в колбе 16 оставался сырой воск, представляющий собой смесь восков, смоляных кислот и пигментов. Дополнительная очистка проводилась методом пере-



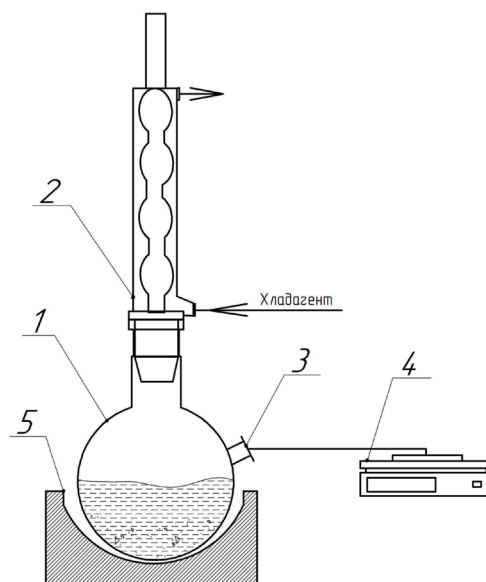
**Рис. 2.** Схема лабораторной установки для комплексного исследования процесса извлечения биологически активных веществ из хвои и коры сосны обыкновенной

**Fig. 2.** Diagram of a laboratory setup for a comprehensive study of the process of extracting biologically active substances from the needles and bark of Scots pine

кристаллизации из горячего этанола, где воск кристаллизовался при охлаждении, а примеси оставались в растворе.

Обезжиренное после экстракции хвойного воска сырье оставляли в экстракционном резервуаре 6 и обрабатывали горячим паром для удаления исследуемого неполярного органического растворителя. Для экстракции антоцианидиновых красителей из очищенного сырья от экстрагента использовали тот же метод, что и для извлечения хвойного воска, только в качестве экстрагента применяли этиловый спирт с содержанием водного раствора 4%-й соляной кислоты. Экстракцию проводили при умеренном нагреве в термостате 8 в течение 1–2 ч. Экстракт из колбы 5 перегоняли в емкость 15 для выпаривания экстрагента. Для осуществления нагрева использовали колбонагреватель 21. Сбор сконденсированного водного раствора 4%-й соляной кислоты осуществляли в емкости 18. После выпаривания растворителя экстракт представлял собой концентрированный водный раствор красителя. Далее сиропобразную массу лиофилизировали с использованием вакуумного насоса 12 для получения порошкообразного продукта.

Пектиновые вещества получали из дважды обессмоленного сырья путем экстракции водным раствором шавелевокислого аммония, используя описанный выше метод. После завершения процесса извлечения экстракт отгоняли в колбу 14, нагревали с помощью колбонагревателя 20 и упаривали до сиропобразного состояния; туда же добавляли изопропиловый



**Рис 3.** Принципиальная схема лабораторной установки для исследования влияния гидромодуля на процесс извлечения биологически активных веществ из коры сосны: 1 — круглодонная колба (1000 мл); 2 — обратный холодильник; 3 — пробоотборник; 4 — весы CBL-2200H; 5 — колбонагреватель

**Fig. 3.** Schematic diagram of a laboratory unit for studying the water duty effect on the extraction of biologically active substances from pine bark and needles: 1 — round-bottomed flask (1000 ml); 2 — backflow condenser; 3 — air sampling tube; 4 — CBL-2200H scale; 5 — heating enclosure

спирт в соотношении 1:5. В течение 2 ч пектиновые вещества выпадали в осадок. После отстаивания проводили отгонку жидкости под

вакуумом, а оставшийся осадок высушивали в колбе 14. После полного удаления растворителя образовывался пектин в виде порошка кремового цвета.

На всех этапах (отбор проб сырья, взвешивание экстрактов, взвешивание сухих остатков) использовали аналитические весы (СВЛ-2200Н) 13 с точностью  $\pm 0,01$  г, что позволяло рассчитать выходы продуктов, построить кинетические кривые экстракции и определить влажность веществ.

Определение влияния гидромодуля на выход биологически активных веществ проводилось на установке (рис. 3).

Для определения эффективного гидромодуля была проведена серия экспериментов при различных значениях соотношения кора / экстрагент. В колбу 1 загружали порцию измельченного сырья массой  $20 \pm 1$  г, туда же заливали экстрагент. Объем экстрагента изменяли в диапазоне 80...400 г, значение гидромодуля —

1:4...1:20. На колбу 1 установили обратный холодильник 2. Собранный конструкцией поместили на колбонагреватель 5 и начали нагрев. Пары экстрагента поступали в обратный холодильник 2 и конденсировались обратно в колбу 1. Каждые 10 мин проводили отбор проб через пробоотборник 3. Пробы высушивали и взвешивали на весах СВЛ-2200Н 4. Пробы отбирали до тех пор, пока разница между результатами двух взвешиваний была не более 0,1 % массы.

Для обеспечения надежности результатов каждого исследования, эксперименты проводились трижды и рассчитывались среднестатистические значения определяемых параметров.

Исследование проведено с использованием оборудования Центра коллективного пользования научным оборудованием по получению и исследованию наночастиц металлов, оксидов металлов и полимеров «Наноматериалы и нанотехнологии» (ЦКП НМиНТ).

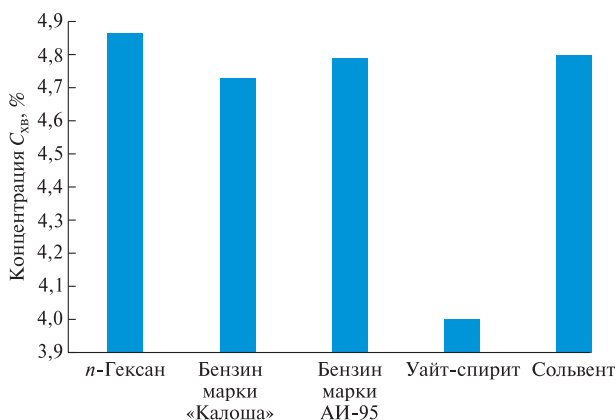


Рис. 4. Зависимость концентрации хвойного воска в экстрактах от вида экстрагента

Fig. 4. Dependence of coniferous wax concentration in extracts on the type of extractant

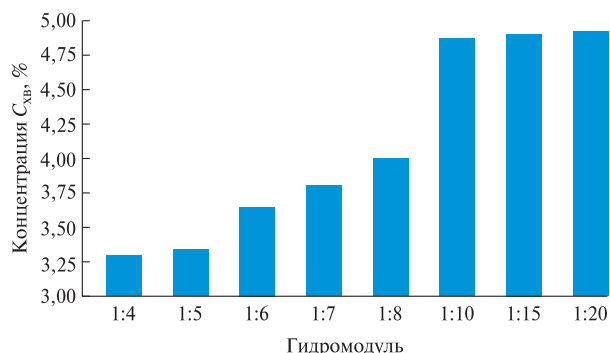


Рис. 5. Зависимость концентрации хвойного воска в экстрактах от гидромодуля

Fig. 5. Dependence of the coniferous wax concentration in extracts on the water duty

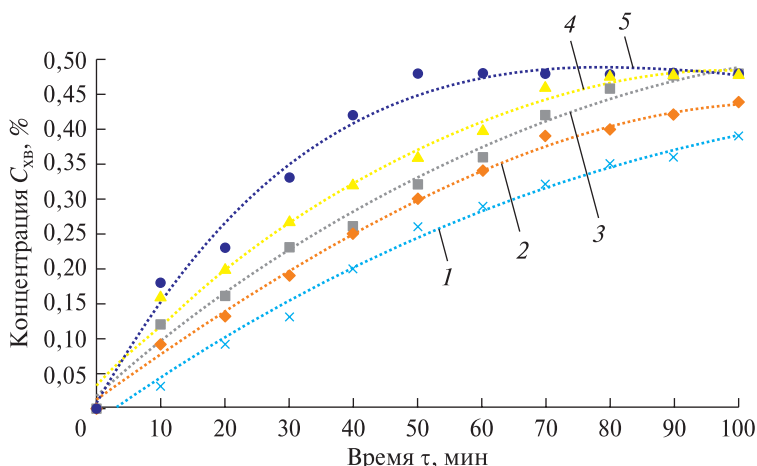
## Результаты и обсуждение

Как следует из полученных данных (рис. 4) наибольший выход хвойного воска наблюдается при использовании растворителя *n*-гексан — 4,87 % общей массы коры, что объясняется высокой растворяющей способностью экстрагента по отношению к неполярным соединениям, которые составляют основную часть хвойного воска. Сравнительно близкие результаты продемонстрировали бензин марок АИ-95, «Калоша» и сольвент, что подтверждает аналогичные физико-химические свойства данных растворителей.

Использование уайт-спирита дало низкий выход — концентрация воска не превысила 4 %, что можно связать с различиями в составе экстрагента — наличие содержания ароматических углеводородов, снижающих селективность растворения восковых веществ.

Таким образом, оптимальным экстрагентом для извлечения хвойного воска является *n*-гексан, обеспечивающий максимальный выход целевого продукта при минимальных потерях и без необходимости в дополнительных этапах очистки.

Анализ полученных результатов показывает (рис. 5), что увеличение объема экстрагента относительно массы коры способствует росту выхода хвойного воска. При повышении гидромодуля от 1:4 до 1:10 наблюдается значительный рост выхода хвойного воска — с 3,3 до 4,87 % общей массы коры. При дальнейшем увеличении гидромодуля до 1:20 прирост становится минимальным — до 4,92 % общей массы коры.



**Рис. 6.** Кинетическая зависимость концентрации хвойного воска от продолжительности и температуры процесса, °С: 1 — 30; 2 — 40; 3 — 50; 4 — 60; 5 — 70

**Fig. 6.** Kinetic dependence of the coniferous wax concentration on the duration and temperature of the process °С: 1 — 30; 2 — 40; 3 — 50; 4 — 60; 5 — 70

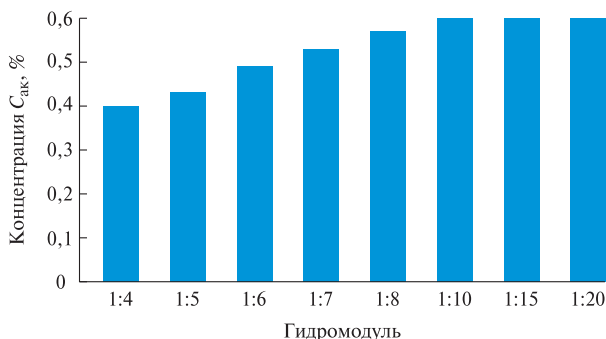
Из рис. 6 видно, что с ростом температуры скорость извлечение хвойного воска существенно увеличивается, что обусловлено возрастанием коэффициентов диффузии и растворимости целевых веществ. При температуре 30 °С выход хвойного воска минимален и увеличивается крайне медленно, что указывает на низкую эффективность процесса при комнатных условиях. Наоборот, при температуре 60...70 °С экстракция протекает значительно быстрее: в первые 40...60 мин достигается максимальная концентрация воска.

На начальной стадии процесса наблюдается быстрый рост выхода хвойного воска, что связано с извлечением легкодоступных соединений из поверхностных слоев коры. Затем процесс замедляется по мере исчерпания доступных резервов и необходимости диффузии из более глубоких тканей.

Повышение температуры свыше 70 °С может привести к разрушению отдельных термолabileльных компонентов, поэтому оптимальный температурный диапазон экстракции ограничивается диапазоном 60...70 °С.

После извлечения хвойного воска из коры сосны из обессмоленной коры был извлечен антоцианидиновый краситель (рис. 7).

Характер зависимости, представленной на рис. 7 аналогичен процессу выделения хвойного воска (см. рис. 4). Максимальный выход красителя из сосновой коры составил не более 0,6 %, что объясняется небольшим содержанием антоцианидинов и более плотной структурой клеточных стенок, препятствующей

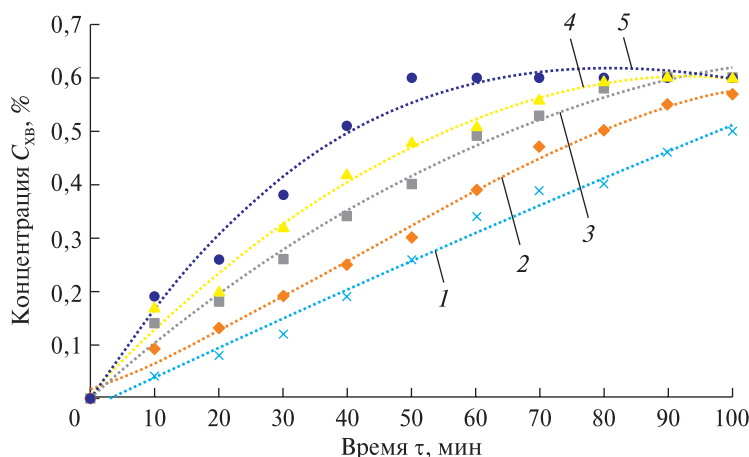


**Рис. 7.** Зависимость концентрации антоцианидинового красителя в экстрактах от гидромодуля

**Fig. 7.** Dependence of the concentration of anthocyanidin dye in extracts on the water duty

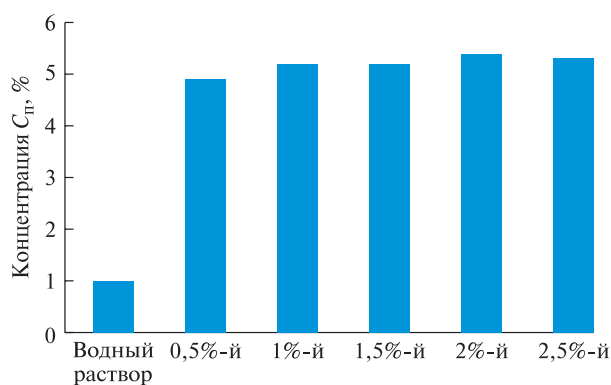
их высвобождению. Оптимальный гидромодуль — 1:10, обеспечивает высокий выход при рациональном расходовании экстрагента.

Как видно из рис. 8, нагревание оказывает ключевое влияние на скорость выхода и полноту извлечения веществ. При температуре 40 °С (минимальной) процесс протекает медленно, и даже спустя 100 мин. достигаются сравнительно низкие значения выхода — около 0,5 %. При повышении температуры до 60...80 °С наблюдается резкое ускорение экстракции, максимальная концентрация красителя достигается на интервале 40...50 мин. Однако антоцианидины нестабильны и подвержены быстрому разрушению при нагревании более чем до 65...70 °С [30]. Оптимальной температурой экстракции является 60 °С при продолжительности 70 мин.



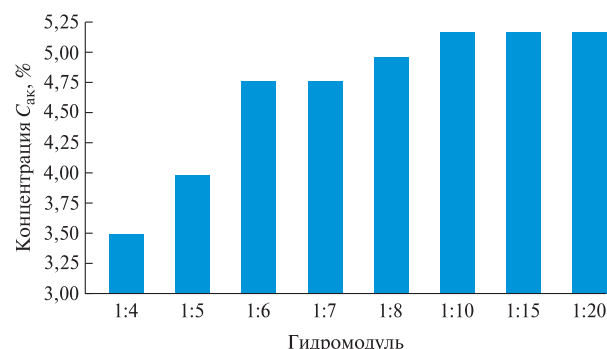
**Рис. 8.** Зависимость концентрации антоцианидинового красителя из коры сосны от температуры и продолжительности нагревания, °С: 1 — 40; 2 — 50; 3 — 60; 4 — 70; 5 — 80

**Fig. 8.** Dependence of the anthocyanidin dye concentration from pine bark on temperature and heating duration, °С: 1 — 40; 2 — 50; 3 — 60; 4 — 70; 5 — 80



**Рис. 9.** Зависимость выхода пектиновых веществ в экстрактах от концентрации (0,5...2,5 %) экстрагента щавелевокислого аммония

**Fig. 9.** Dependence of the pectin substances yield in extracts on the concentration (0.5...2.5%) of the ammonium oxalate extractant



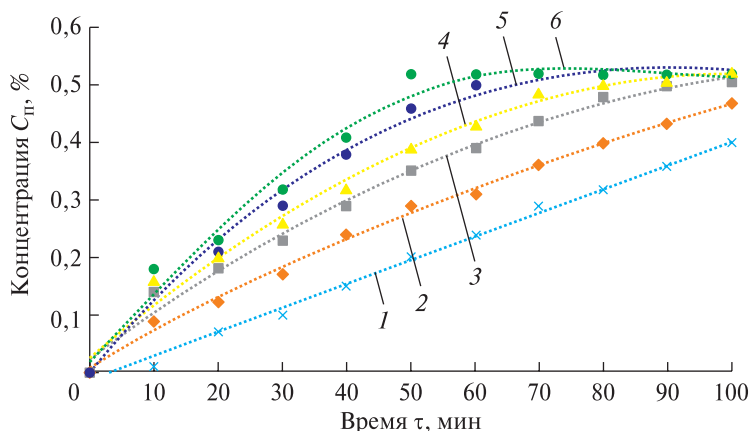
**Рис. 10.** Зависимость выхода пектиновых веществ в экстрактах от гидромодуля

**Fig. 10.** Dependence of the pectin substances yield in extracts on the water duty

Дальнейшее повышение температуры активизирует окислительные ферменты, вызывающие разрушение антоцианов.

Как следует из рис. 9, наиболее низкий выход наблюдается при использовании чистой воды, при этом концентрация пектина в экстрагенте составляет лишь 1 %. Существенное увеличение выхода достигается при применении водных растворов щавелевокислого аммония, причем повышение его концентрации от 0,5 до 2 % приводит к росту выхода пектина в несколько раз — до 5,4 %. Данная закономерность объясняется способностью ионов аммония и щавелевой кислоты разрушать межмолекулярные связи и облегчать высвобождение пектиновых соединений из клеточных структур. В то же время чрезмерное увеличение концентрации экстрагента, более 1,5 %, не приводит к значительному повышению выхода пектиновых веществ, что свидетельствует о достижении предельной эффективности метода. К тому же с увеличением концентрации среда становится агрессивной, что приводит к деградации пектиновых веществ.

Из рис. 10 видно, что при увеличении гидромодуля от 1:4 до 1:10 наблюдается устойчивый рост выхода пектиновых веществ с 3,5 до 5,2 % общей массы коры. При дальнейшем увеличении гидромодуля до 1:20 процесс выходит на стадию насыщения и значения выхода практически не изменяются. При недостаточном объеме растворителя часть пектиновых соединений остается в структуре коры и не переходит в раствор. Оптимальное значение гидромодуля 1:10 позволяет обеспечить высокий выход пектина при рациональном расходе экстрагента.



**Рис. 11.** Кинетическая зависимость выхода пектиновых веществ из коры сосны от температуры и продолжительности нагревания, °C: 1 — 50; 2 — 60; 3 — 70; 4 — 80; 5 — 90; 6 — 100

**Fig. 11.** Kinetic dependence of the pectin substance yield in pine bark extracts at temperatures, °C: 1 — 50; 2 — 60; 3 — 70; 4 — 80; 5 — 90; 6 — 100

При температурах от 50 до 60 °C выход пектиновых веществ увеличивается медленно и не достигает больших значений через 100 мин. (рис. 11). Однако при температурах 80...90 °C наблюдается резкое ускорение кинетики, и уже к 50-й минуте выход пектина максимальный. При температуре 100 °C достигается наибольшая концентрация пектиновых веществ, однако это ведет к частичной деградации термочувствительных соединений.

Полученные результаты подтверждают целесообразность проведения экстракции пектиновых веществ при температуре 90 °C в течение 60 мин. как оптимальной для достижения их максимального выхода при минимальном разрушении молекулярной структуры.

## Выводы

Извлечение биологически активных веществ из коры сосны возможно при следующих рациональных параметрах процесса:

– для хвойного воска: оптимальный температурный диапазон 60...70 °C., продолжительность экстрагирования 45...55 мин., экстрагент — *n*-гексан, гидромодуль процесса 1:10;

– для антоцианидинового красителя: температура экстракции 80 °C; продолжительность экстрагирования 50 мин, экстрагент — этиловый спирт с водным раствором 4%-й соляной кислоты, гидромодуль 1:10;

– для пектиновых веществ: температура экстракции 90 °C, продолжительность экстрагирования 60 мин, экстрагент — 1%-й водный раствор щавелевокислого аммония, гидромодуль 1:10.

При указанных параметрах максимальное извлечение хвойного воска составило 0,9 %, антоцианидинового красителя — 0,6 %, пектиновых веществ — 0,52 % общей массы сырья.


*Работа выполнена за счет гранта, предоставленного Академией наук Республики Татарстан образовательным организациям высшего образования, научным и иным организациям на поддержку планов развития кадрового потенциала в части стимулирования их научных и научно-педагогических работников к защите докторских диссертаций и выполнению научно-исследовательских работ. (Соглашение №10/2025-ПД-КНИТУ от 22.12.2025).*

## Список литературы

- [1] Ученые КФУ выяснили, что сосновый лес в Татарстане погибает из-за серых цапель. URL: <https://media.kpfu.ru/news/uchenye-kfu-vuyasnili-chto-sosnovyy-les-v-tatarstane-pogibaet-iz-za-serykh-capel> (дата обращения 19.06.2023).
- [2] Газизуллин А.Х., Мубаракзянова Г.А., Бурганов Ф.Г. Осинники Республики Татарстан, их хозяйственное значение, современное состояние и проблемы повышения их экономического и экологического потенциала // Леса, лесной сектор и экология Республики Татарстан: сб. науч. статей КГСХА. Казань: Школа, 2005. Вып. 1. С. 169–177.
- [3] Салахов Н.В., Архипова Н.С. Растительный мир республики Татарстан. Казань: К(П)ФУ, 2013. 74 с.
- [4] Газизуллин А.Х., Мубаракзянова Г.А., Пуряев А.С. Проблема оздоровления осинников Республики Татарстан и пути ее решения // Леса, лесной сектор и экология Республики Татарстан: сб. науч. статей КГСХА. Казань: Школа, 2006. Вып. 2. С. 71–73.

- [5] Царев А.П., Погиба С.П., Тренин В.В. Селекция и репродукция лесных древесных пород. М.: Логос, 2003. 520 с.
- [6] Сафин Р.Р., Сафин Р.Г. Анализ современного состояния лесопромышленного комплекса и перспективы его развития на базе кафедр лесотехнического профиля КГТУ // Вестник Казанского технологического университета, 2010. № 4. С. 120–130.
- [7] Стратегия развития лесного хозяйства Республики Татарстан до 2030 года. URL: [https://minleshoz.tatarstan.ru/rus/file/pub/pub\\_3047130.pdf](https://minleshoz.tatarstan.ru/rus/file/pub/pub_3047130.pdf) (дата обращения 14.12.2021).
- [8] Кислицына С.Н., Шитова И.Ю. Способы переработки отходов деревообрабатывающей промышленности. Пенза: ПГУАС, 2016. 140 с.
- [9] Тюлькова Ю.А. Переработка коры сосны с получением дубильных экстрактов: дис. ... канд. техн. наук. Красноярск, 2013. 132 с.
- [10] Лесная промышленность: виды отрасли и крупные производства. URL: <https://forestcomplex.ru/forestry/lyesnaya-promishlyennost-veedi-otraslee/> (дата обращения 20.06.2025).
- [11] Ковбаса Н.П. Подсочка леса. Минск: БГТУ, 2011. 104 с.
- [12] Гитун Т.В. Лечение бронхиальной астмы. Новейшие медицинские методики. М.: Рипол-классик, 2008. 64 с.
- [13] Тутьгин Г.С., Гаевский Н.П., Петрик В.В. Технология производства недревесной продукции леса. Архангельск: Изд-во Архангел. гос. техн.ун-та, 2000. 267 с.
- [14] Солдатов С.Ю., Дубровин Г.А., Смирнов Д.А. Сравнительный Анализ физико-химических показателей эфирного масла сосны обыкновенной, полученного разными методами // Бюллетень науки и практики – Bulletin of science and practice, 2016. № 8. С. 49–57.
- [15] Тагильцев Ю. Г., Колесникова Р.Д., Орлов А.М. Способ получения эфирного масла из коры хвойных растений. Патент № 2223776 Российская Федерация, МПК SU 457719 A1, RU 2065487 C1, RU 2067977 C1, CN 596121.. № 2001127991/15, Заяв. 15.10.2001; Оpubл. 20.02.2004. Бюл. № 5. 5 с.
- [16] Пашетцкий В.С., Тамашева Л. А., Пехова О.А., Данилова И.Л., Серебрякова О.А. Эфирные масла и их качество. Симферополь: ИТ «АРИАЛ», 2021. 212 с.
- [17] Тенденции рынка эфирных масел: глубокий анализ 2025 года. URL: <https://reads.alibaba.com/ru/exploring-the-versatile-world-of-essential-oil-in-beauty-and-personal-care/> (дата обращения 26.12.2024).
- [18] Никитин А.М. Художественные краски и материалы. Справочник. М.: Инфра-Инженерия, 2016. 412 с.
- [19] Кундик Т.М., Зайцева О.А. Лекарственные растения флоры Брянской области. Брянск: Изд-во БГАУ, 2014. 103 с.
- [20] Терехин А.А., Вандышев В.В. Технология возделывания лекарственных растений. М.: Изд-во РУДН, 2008. 201 с.
- [21] Левданский В.А., Королькова И.В., Левданский А.В., Кузнецов Б.Н. Выделение и изучение проантоцианидинов коры сосны *Pinus sylvestris* L. // Химия растительного сырья, 2020. № 4. С. 227–233.
- [22] Дейнеко И.П., Пранович А.В., Рубанова В.Ф., Белов Л.П. Изучение химического состава хвойного воска // Химия растительного сырья, 2005. № 1. С. 13–18.
- [23] Чеснокова Н.Ю., Приходько Ю.В., Каленик Т.К. Антоцианы в пищевых технологиях и биотехнологиях. Владивосток: Изд-во ДВФУ, 2021. 146 с.
- [24] Порошковый рынок пектина. URL: <https://www.marketresearchintellect.com/ru/product/global-powdered-pectin-market/> (дата обращения 14.10.2025).
- [25] Обзор рынка. URL: <https://www.futuremarketreport.com/ru/industry-report/pectin-market> (дата обращения 14.10.2025).
- [26] Патент № 563154 Российская Федерация, МПК А 23 L 1/04. Способ получения пектина из растительного сырья: № 1385548: заявл. 08.01.1974.: опубл. 30.06.1977 / Н.А. Ярцева, Г.В. Пермьяков; заявитель Институт леса и древесины им. В.М. Сукачева. 2 с.
- [27] Экстрактивная переработка хвои ели сибирской в ценные химические продукты. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ekstraktivnaya-pererabotka-kory-eli-sibirskoy-v-tsennye-himicheskie-produkty> (дата обращения 28.04.2025).
- [28] Патент № 2008116537 Российская Федерация, МПК В 27 К 9/00 (2006.01). Способ переработки хвои деревьев хвойных пород: № 2008116537/04; заявл. 29.04.2009; опубл. 27.09.2010 / Г.П. Григорюк, И.И. Сладников, Е.Б. Старостина, В.Г. Продаевич, Д.В. Левин; заявитель и патентообладатель: Григорюк Г.П. 2 с.
- [29] Сафин Р.Г., Валеев К.В., Тимербаев Н.Ф., Петров В.И., Гильфанов К.Х. Исследование процесса экстракции эфирных масел из хвои и коры сосны // Лесной вестник. Forestry Bulletin, 2025. Т. 29. № 4. С. 126–138. DOI 10.18698/2542-1468-2025-4-126-138.
- [30] Пектин. Технология производства. URL: [http://bfctech.ru/static/doc/0000/0000/0221/221064\\_ebni7u83sg.pdf](http://bfctech.ru/static/doc/0000/0000/0221/221064_ebni7u83sg.pdf) (дата обращения 02.02.2024).

## Сведения об авторах

**Валеев Кирилл Валерьевич**  — канд. техн. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет» (КНИТУ), [kirval116@mail.ru](mailto:kirval116@mail.ru)

**Сафин Рушан Гареевич** — д-р техн. наук, профессор, ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет» (КНИТУ), [safin@kstu.ru](mailto:safin@kstu.ru)

Поступила в редакцию 27.01.2026.

Одобрено после рецензирования 02.03.2026.

Принята к публикации 11.03.2026.

## STUDY OF EXTRACTING PROCESS OF BIOLOGICALLY ACTIVE SUBSTANCES FROM PINE BARK

K.V. Valeev✉, R.G. Safin

Kazan National Research Technological University (KNRTU), 68, K. Marksa st., 420015, Kazan, Republic of Tatarstan, Russia

kirval116@mail.ru

The article presents a description of the extracting process of biologically active substances from pine bark. It also provides a schematic diagram of an experimental setup for extracting biologically active substances. It describes the methodology for conducting experimental studies on the extraction of biologically active substances. The authors present the dependence of the concentration of biologically active substances (coniferous wax, anthocyanidin dye, and pectin substances) from the type and concentration of the extractant, water duty, temperature, and time. The article also demonstrates the extraction of maximum amounts of coniferous wax, anthocyanidin dye and pectin under specific conditions.

**Keywords:** extraction, bark, pine, pectin, anthocyanidin dye, coniferous wax

**Suggested citation:** Valeev K.V., Safin R.G. *Issledovaniye protsessa izvlecheniya biologicheskii aktivnykh veshchestv iz kory sosny* [Study of extracting process of biologically active substances from pine bark]. *Lesnoy vestnik / Forestry Bulletin*, 2026, vol. 30, no. 2, pp. 102–112. DOI: 10.17816/2542-1468-2026-2-102-112

### References

- [1] *Uchenyye KFU vyyasnili, chto sosnovyy les v Tatarstane pogibayet iz-za serykh tsapel'* [Scientists of the CFU found out that the pine forest in Tatarstan is dying because of gray herons]. Available at: <https://media.kpfu.ru/news/uchenye-kfu-vyasnili-cto-sosnovyy-les-v-tatarstane-pogibaet-iz-za-serykh-tsapel> (accessed 19.06.2023).
- [2] Gazizullin A.K.H., Mubarakzyanova G.A., Burganov F.G. *Osinniki Respubliki Tatarstan, ikh khozyaystvennoye znachenie, sovremennoye sostoyaniye i problemy povysheniya ikh ekonomicheskogo i ekologicheskogo potentsiala* [Aspen trees of the Republic of Tatarstan, their economic value, current state and problems of increasing their economic and ecological potential]. *Lesa, lesnoy sektor i ekologiya Respubliki Tatarstan: sb. nauch. statey KGSKHA* [Forests, forest sector and ecology of the Republic of Tatarstan: coll. scientific. articles of the KGSKHA]. Kazan: School, 2005, iss. 1, pp. 169–177.
- [3] Salakhov N.V., Arkhipova N.S. *Rastitel'nyy mir respubliki Tatarstan* [Plant world of the Republic of Tatarstan]. Kazan: K(P)FU, 2013, 74 p.
- [4] Gazizullin A.K.H., Mubarakzyanova G.A., Puryayev A.S. *Problema ozdorovleniya osinnikov Respubliki Tatarstan i puti yeye resheniya* [The problem of improvement of aspen trees of the Republic of Tatarstan and ways of its solution]. *Lesa, lesnoy sektor i ekologiya Respubliki Tatarstan: sb. nauch. statey KGSKHA* [Forests, forest sector and ecology of the Republic of Tatarstan: coll. scientific. articles of the KGSKHA]. Kazan: School, 2006, iss. 2, pp. 71–73.
- [5] Tsarev A.P., Pogiba S.P., Trenin V.V. *Seleksiya i reproduksiya lesnykh drevesnykh porod* [Selection and reproduction of forest tree breeds]. Moscow: Logos, 2003, 520 p.
- [6] Safin R.R., Safin R.G. *Analiz sovremennogo sostoyaniya lesopromyshlennogo kompleksa i perspektivy yego razvitiya na baze kafedr lesotekhnicheskogo profilya KGTU* [Analysis of the current state of the forest-industrial complex and prospects of its development on the basis of the Department of Forestry of the KSTU]. *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta* [Bulletin of the Kazan Technological University], 2010, no. 4, pp. 120–130.
- [7] *Strategiya razvitiya lesnogo khozyaystva Respubliki Tatarstan do 2030 goda* [Strategy of development of forestry of the Republic of Tatarstan until 2030]. Available at: [https://minleshoz.tatarstan.ru/rus/file/pub/pub\\_3047130.pdf](https://minleshoz.tatarstan.ru/rus/file/pub/pub_3047130.pdf) (accessed 14.12.2021).
- [8] Kislitsyna S.N., Shitova I.YU. *Sposoby pererabotki otkhodov derevoobratyvyayushchey promyshlennosti* [Methods of recycling woodworking waste]. Penza: PGUAS, 2016, 140 p.
- [9] Tyul'kova YU.A. *Pererabotka kory sosny s polucheniym dubil'nykh ekstraktov* [Processing of pine bark with the production of tannin extracts]. Dis. Cand. Sci. (Tech.). Krasnoyarsk, 2013, 132 p.
- [10] *Lesnaya promyshlennost': vidy otrasli i krupnyye proizvodstva* [Forest industry: types of industries and major productions]. Available at: <https://forestcomplex.ru/forestry/lyesnaya-promishlyennost-veedi-otraslee/> (accessed 20.06.2025).
- [11] Kovbasa N.P. *Podsochka lesa* [Undercut of the forest]. Minsk: BSTU, 2011, 104 p.
- [12] Gitun T.V. *Lecheniye bronkhial'noy astmy. Noveyshiye meditsinskiye metodiki* [Treatment of bronchial asthma. Latest medical techniques]. Moscow: RIPOL classics, 2008, 64 p.
- [13] Tutygina G.S., Gaevskiy N.P., Petrik V.V. *Tekhnologiya proizvodstva nedrevesnoy produktsii lesa* [Technology of Production of Non-Timber Forest Products]. Arkhangel'sk: Izd-vo Arkhangel. gos. tekhn.un-ta [Arkhangel'sk State Technological University], 2000, 267 p.

- [14] Soldatov S.Yu., Dubrovin G.A., Smirnov D.A. *Sravnitel'nyy Analiz fiziko-khimicheskikh pokazateley efirnogo masla sosny obyknovennoy, poluchennogo raznymi metodami* [Comparative Analysis of Physicochemical Properties of Scots Pine Essential Oil Obtained by Different Methods]. [Bulletin of Science and Practice], 2016, no. 8, pp. 49–57.
- [15] Tagil'tsev Yu. G., Kolesnikova R.D., Orlov A.M. *Sposob polucheniya efirnogo masla iz kory khvoynykh rasteniy* [Method for obtaining essential oil from the bark of coniferous plants]. Patent no. 2223776 Russian Federation, IPC SU 457719 A1, RU 2065487 C1, RU 2067977 C1, CH 596121, no. 2001127991/15, Appl. 15.10.2001; Publ. 20.02.2004 Bulletin No. 5. 5 p.
- [16] Pashetetskiy V.S., Tamasheva L. A., Pekhova O.A., Danilova I.L., Serebryakova O.A. *Efirnye masla i ikh kachestvo* [Essential oils and their quality]. Simferopol: IT «ARIAL», 2021, 212 p.
- [17] *Tendentsii rynka efirnykh masel: glubokiy analiz 2025 goda* [Essential Oil Market Trends: An In-Depth Analysis to 2025]. Available at: <https://reads.alibaba.com/ru/exploring-the-versatile-world-of-essential-oil-in-beauty-and-personal-care/> (accessed 26.12.2024).
- [18] Nikitin A.M. *Khudozhestvennyye kraski i materialy* [Artistic paints and materials. Reference]. Moscow: Infra-Engineering, 2016, 412 p.
- [19] Kundik T.M., Zaytseva O.A. *Lekarstvennyye rasteniya flory Bryanskoy oblasti* [Medicinal plants of the flora of the Bryansk region]. Bryansk: Bryansk State Agrarian University, 2014, 103 p.
- [20] Terekhin A.A., Vandyshv V.V. *Tekhnologiya vozdeleyvaniya lekarstvennykh rasteniy* [Technology of cultivation of medicinal plants]. Moscow: RUDN, 2008, 201 p.
- [21] Levdanskiy V.A., Korol'kova I.V., Levdanskiy A.V., Kuznetsov B.N. *Vydeleniye i izucheniye proantotsianidinov kory sosny Pinus sylvestris L.* [Isolation and study of proanthocyanidins of pine bark Pinus sylvestris L.]. Khimiya rastitel'nogo syr'ya [Chemistry of plant raw materials], 2020, no. 4, pp. 227–233.
- [22] Deyneko I.P., Pranovich A.V., Rubanova V.F., Belov L.P. *Izucheniye khimicheskogo sostava khvoynogo voska* [Study of the chemical composition of pine wax]. Khimiya rastitel'nogo syr'ya [Chemistry of plant raw materials], 2005, no. 1, pp. 13–18.
- [23] Chesnokova N.YU., Prikhod'ko YU.V., Kalenik T.K. *Antotsiany v pishchevykh tekhnologiyakh i biotekhnologiyakh* [Anthocyanins in food technology and biotechnology]. Vladivostok: Publishing house of the Far Eastern Federal University, 2021, 146 p.
- [24] *Poroshkovyy rynek pektina* [Powder Pectin Market]. Available at: <https://www.marketresearchintellect.com/en/product/global-powdered-pectin-market/> (accessed 14.10.2025).
- [25] *Obzor rynka* [Market Overview]. Available at: <https://www.futuremarketreport.com/en/industry-report/pectin-market> (accessed 14.10.2025).
- [26] *Pat. 1985548 Rossiyskaya Federatsiya MPK A 23 L 1/04. Sposob polucheniya pektina iz rastitel'nogo syr'ya* [Pat. 1985548 Russian Federation MPC A 23 L 1/04. Method of obtaining pectin from plant raw materials]. Applicant and patent holder: Yartseva N.A. no. 1985548/13; application. 08.01.1974; publ. 30.06.1977.
- [27] *Ekstraktivnaya pererabotka khvoi yeli sibirskoy v tsennyye khimicheskkiye produkty* [Extractive processing of Siberian spruce conifers into valuable chemical products]. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/extractive-processing-kory-eli-sibirskoy-v-tsennyye-himicheskkiye-produkty> (accessed 28.04.2025).
- [28] *Pat. 2008116537 Rossiyskaya Federatsiya MPK B 27 K 9/00. Sposob pererabotki khvoi derev'yev khvoynykh porod* [Pat. 2008116537 Russian Federation MPC B 27 K 9/00. Method of processing of coniferous trees]. Applicant and patent holder: Grigoryuk G.P. No 2008116537/04; application. 04/29/2009; publ. 27.09.2010.
- [29] Safin R.G., Valeev K.V., Timerbaev N.F., Petrov V.I., Gil'fanov K.Kh. *Issledovanie protsesssa ekstrakttsii efirnykh masel iz khvoi i kory sosny* [Study of essential oils extraction from pine needles and bark]. Lesnoy vestnik / Forestry Bulletin, 2025, vol. 29, no. 4, pp. 126–138. DOI: 10.18698/2542-1468-2025-4-126-138
- [30] *Pektin. Tekhnologiya proizvodstva* [Pectin. Production technology]. Available at: <http://bfctech.ru/static/doc/0000/0000/0221/221064.e6ni7u83sg.pdf> (accessed 02.02.2024).

*This work was supported by a grant from the Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan to higher education institutions, research organizations, and other organizations to support human resource development plans, including encouraging their research and teaching staff to earn Ph.D. and conduct scientific research. (Agreement No. 10/2025-PD-KNITU dated December 22, 2025).*

## Authors' information

**Valeev Kirill Valer'yevich** ✉ — Cand. Sci. (Tech.), Associate Professor of the Kazan National Research Technological University, kirval116@mail.ru

**Safin Rushan Gareyevich** — Dr. Sci. (Tech.), Professor of the Kazan National Research Technological University, safin@kstu.ru

Received 27.01.2026.

Approved after review 02.03.2026.

Accepted for publication 11.03.2026.

Вклад авторов: все авторы в равной доле участвовали в написании статьи  
 Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов  
 Authors' Contribution: All authors contributed equally to the writing of the article  
 The authors declare that there is no conflict of interest