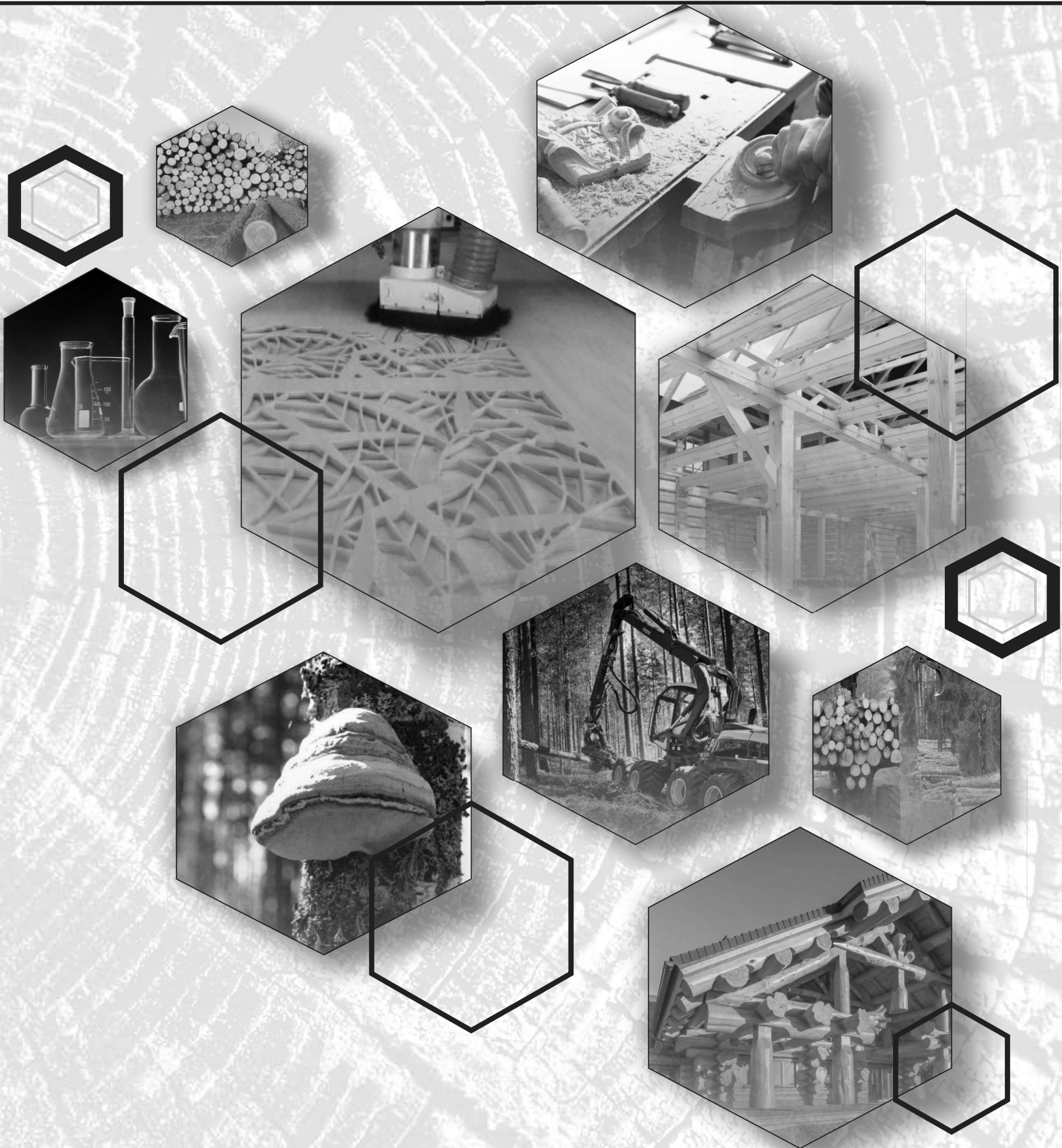


# Дерево

ISSN 0011-9008

1/2022

обрабатывающая  
промышленность



# ДЕРЕВО

ISSN 0011-9008

## обработывающая ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

1/2022

Учредитель: Редакция журнала  
«Деревообрабатывающая промышленность»  
Основан в апреле 1952 г.

Журнал включен в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук по группе научных специальностей 05.21.00 – Технология, машины и оборудование лесозаготовок, лесного хозяйства, деревопереработки и химической переработки биомассы дерева.

### Редакционная коллегия:



Главный редактор  
**Сафин Руслан Рушанович**  
д.т.н., профессор

ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет»

**Торопов Александр Степанович**, д.т.н., профессор  
ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет»

**Царев Евгений Михайлович**, д.т.н., профессор  
ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет»

**Черных Михаил Михайлович**, д.т.н., профессор  
ФГБОУ ВО «Ижевский государственный технический университет им. Калашникова»



Зам. главного редактора  
**Разумов Евгений Юрьевич**  
д.т.н., профессор

Czech University of Life Sciences Prague,  
Faculty of Forestry and Wood Sciences,  
Czech Republik



Зам. главного редактора  
ответственный за  
международную ред. коллегию  
**Štefan Barčík**, Prof. ing., Ph.D.

Technical university in Zvolen,  
Faculty of environmental and  
manufacturing technology,  
Slovakia

**Сафин Рушан Гареевич**, д.т.н., профессор  
ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет»

**Башикиров Владимир Николаевич**, д.т.н., профессор  
ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет»

**Хасанишин Руслан Ромелевич**, д.т.н., доцент  
ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет»

**Гаспарян Гарик Давидович**, д.т.н., профессор  
ФГБОУ ВПО «Братский государственный университет»

**Григорьев Игорь Владиславович**, д.т.н., профессор  
ФГБОУ ВО «Арктический государственный агротехнологический университет»

**Мазуркин Петр Матвеевич**, д.т.н., профессор  
ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет»

**Романов Евгений Михайлович**, д.с.-х.н., профессор  
ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет»

**Рыкунин Станислав Николаевич**, д.т.н., профессор  
ФГБОУ ВПО «Мытищинский филиал МГТУ им. Баумана»

**Семенов Юрий Павлович**, д.т.н., профессор  
ФГБОУ ВПО «Мытищинский филиал МГТУ им. Баумана»

**Dr. prof. Vlado Goglia**  
University of Zagreb, Croatia

**Dr. prof. Ruzica Beljo Lucic**  
University of Zagreb, Croatia

**Dr. prof. Nencho Delijiski**  
University of Forestry, Bulgaria

**Dr. prof. Ladislav Dzurenda**  
Technical University, Slovakia

**Dr. prof. Etele Csanady**  
University of West Hungary

**Dr. prof. Alfred Teischinger**  
BOKU University of Natural Resources and Applied Life Sciences,  
Austria

**Marian Babiak, PhD, Dr.h.c.prof.RNDr.**  
Czech University of Life Sciences Prague,  
Czech Republic

**Dr. PhD Monica Sarvasova Kvietkova**  
Czech University of Life Sciences Prague,  
Czech Republic

Адрес редакции:  
117303, Москва, ул. Малая  
Юшуньская, д. 1, корп. 1,

journal\_woodworking@mail.ru  
www.dop1952.ru

© «Редакция журнала  
«Деревообрабатывающая  
промышленность», 2022

Свидетельство о регистрации  
СМИ в Роскомпечати № 014990  
Формат бумаги 60x88/8  
Тираж 720 экз.

**СОДЕРЖАНИЕ**  
**НАУЧНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ**

*Лесоинженерное дело*

*Ахтямов Э.Р., Кручинин И.Н., Побединский В.В., Кручинина Е.И., Чижов А.А.*

Разработка требований к применению добавок из вспученного вермикулита для строительства лесовозных дорог на территориях северного, приполярного и полярного урала

3

*Жалко М.Е., Бургутдинов А.М., Бурмистрова Д.Д., Ченушкина С.В., Данилов В.В.*

Разработка методов повышения транспортно-эксплуатационных показателей лесовозных автомобильных дорог, работающих в сложных природно-климатических условиях

10

*Жалко М.Е.*

Повышение морозоустойчивости дорожных одежд лесовозных автомобильных дорог

18

*Физико-механические процессы в деревообработке*

*Лукаш А.А., Глотова Т.И., Малышева Н.П., Путрова Н.П., Чернышев О.Н.*

Экспресс-метод определения себестоимости продукции при расчете технико-экономических показателей деревообрабатывающих цехов

24

*Разумов Е.Ю., Байгильдеева Е.И., Сафина А.В., Сафин Р.Г.*

Получение бетулина высокой степени очистки

33

*Скурыдин Ю.Г., Скурыдина Е.М., Хабибуллина А.Р., Байгильдеева Е.И.*

Физико-механические характеристики композиционных материалов из древесины березы, гидролизованной в присутствии перекиси водорода

41

*Лукаш А.А., Глотова Т.И., Романов В.А., Феллук А., Чернышев О.Н.*

Определение прочности склеивания при нормальном отрыве для разработки новых клеевых составов

55

*Сафин Р.Г., Просвирников Д.Б., Арсланова Г.Р., Валеев К.В., Зиатдинова Д.Ф., Гурьянов Д.А.*

Математическое описание процесса экстракции фенольных соединений

62

*Артёмов А.В., Ершова А.С., Бурындин В.Г., Савиновских А.В.*

Изучение изменений прочностных показателей пластиков без связующего по потере массы при биоразложении

71

*Сафина А.В., Абдуллина Д.Р., Зиатдинова Д.Ф., Сафин Р.Г., Тимербаев Н.Ф., Валеев К.В.*

Моделирование процесса извлечения бетулина из бересты березы

80

*Химическая технология древесины*

*Строганова М.С., Жильникова Н.А.*

Методика оценки самоочищающей способности водоема при влиянии стоков сульфат-целлюлозного производства

90

*Чирков Д.Д., Захаров П.С., Шкуро А.Е., Ершова А.С.*

Термомеханическая активация наполнителей для древесно-минеральных полимерных композиционных материалов

103

14. Zambrzhitskaya E. S., Modern cost accounting systems and features of their application in the woodworking industry/ E. S.Zambrzhitskaya, E. Y. Shchepotyeva, V. P.Tochilkina // Young Scientist. – 2015. – № 1 (81). – Pp. 212-217.

15. Horngren Ch.T., Foster J., Sh. Datar. Managerial accounting/ C.T.Horngren, J. Foster, S. Datar. //Translated from English - St. Petersburg: St. Petersburg.2005.-1008 p.

16. Hese H. Manufacturing. Capital Costs, Profits and Dividends. / H.Hese //The Ingeneering Magazine– vol. 26. № 3.

17. Etrill P.E. Financial management and management accounting for managers and businessmen / Peter Etrill, Eddie McInaine; Translated from English - 4th ed. - Moscow : Alpina Publisher, 2016. - 648.

18. Mehrentsev A.V. The state and prospects of woodworking production in the Sverdlovsk region [Electronic resource]. – <http://pandia.ru/text/77/191/18691.php> /.- Date of application 20.07.2020.

19. Lukash A.A. Technical and operational properties of new materials from soft hardwood / A.A. Lukash, N.P. Lukutsova // Woodworking industry. –2018.–№.3 - pp. 17-22.

20. Lukash A.A. Operational properties of new types of soft hardwood products in the assessment of technical and economic indicators / A.A. Lukash, N.P. Lukutsova, N.P. Malysheva, O.N. Chernyshev // Woodworking industry. - 2021.- №.3 - pp. 25-30.

---

©**Lukash A.A.** – Grand PhD of Technical Sciences, Professor of the Department of woodworking technology, Bryansk State University of Engineering and Technology (BSUET), e-mail: [mr.luckasch@yandex.ru](mailto:mr.luckasch@yandex.ru); **Glotova T.I.** – PhD of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of woodworking technology BSUET, e-mail: [glotowa.tatjana2016@yandex.ru](mailto:glotowa.tatjana2016@yandex.ru); **Malysheva N.P.** – PhD of Economic Sciences, associate Professor of the Department of Economics, Business Valuation and Accounting, BSUET, e-mail: [m\\_nadejda32@mail.ru](mailto:m_nadejda32@mail.ru); **Putrova N. S.** – Master's student of the Department of Economics, Business Valuation and Accounting, BSUET e-mail: [nadezhda.putrova@yandex.ru](mailto:nadezhda.putrova@yandex.ru); **Chernyshev O.N.** – PhD of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Mechanical Wood Processing and Industrial Safety, Ural State Forestry University, e-mail: [olegch62@mail.ru](mailto:olegch62@mail.ru).

УДК 57.043

## ПОЛУЧЕНИЕ БЕТУЛИНА ВЫСОКОЙ СТЕПЕНИ ОЧИСТКИ

**Е.Ю. Разумов, Е.И. Байгильдеева, А.В. Сафина, Р.Г. Сафин**

*Рассмотрены свойства бетулина – многокомпонентного соединения, входящего в состав верхнего слоя коры березы. Представлены характеристики бетулина, являющегося биологически активным веществом и обладающего широким спектром лечебных и профилактических свойств, что позволяет применять его в качестве сырья в фармацевтической, парфюмерно-косметической и пищевой промышленности, а также в животноводстве и ветеринарии. Указаны состав и свойства бетулина, а также области его применения в различных отраслях промышленности. Проанализированы способы извлечения бетулина из бересты и проблемы, связанные с их реализацией. Исследована биологическая активность и состав гексанового экстракта коры березы, получаемого при помощи замкнутого экстракционного технологического комплекса. При использовании хрома то-масс-спектрометрии установлено, что основным компонентом экстракта березовой корки является бетулин. Путем лабораторных исследований установлено, что полученный бетулин обладает высокой степенью очистки и может применяться в пищевых и лечебных целях.*

**Ключевые слова:** бетулин, береста, кора березы, биологически активная добавка, экстрагирование бетулина.

### Введение

Береза является источником ценного сырья для различных отраслей промышленности. В частности, значительной ценностью обладает кора березы. Внутренний слой коры, занимающий ее большую часть, называется лубом. В состав луба входят таниды (полифенолы) и другие фенольные компоненты, являющиеся основой дубильных экстрактов. В верхнем слое коры, который называется берестой или коркой, находятся ценные биологически активные вещества, одним из которых является бетулин [1].

По внешнему виду бетулин представляет собой кристаллический порошок белого цвета. Он устойчив к воздействию кислорода и солнечной радиации, не токсичен, не растворим в воде, но хорошо растворим в органических растворителях. Инертные свойства молекулы обеспечивают длительные сроки хранения вещества без изменения его свойств. Вещество заполняет полости клеток бересты и определяет белый цвет березовой коры [2].

Содержание бетулина в бересте составляет от 10 до 44 % в зависимости от вида березы, ее возраста, места и условий произрастания, состояния дерева, сроков сбора и погодных условий. Бетулин является пентациклическим тритерпеновым спиртом ряда лупана с химической формулой  $C_{30}H_{50}O_2$  и химическим названием – бетуленол. Он синтезируется клетками растения и в его внешней оболочке выполняет функции защиты от неблагоприятных факторов внешней среды, в частности, защищает древесину от грибкового и бактериального поражений, от воздействия солнечной радиации. В составе бетулина обнаруживают тритерпеновый спирт, лупеол, лупенол, бетулиновую кислоту, бетулон, бетулоновый альдегид и другие соединения [3].

Российский химик Т.Е. Ловиц в 1788 г. путем сублимации выделил из бересты данное соединение и сделал описание его химических и лечебных свойств, что позволило применять его для лечения ожогов и небольших ран. В 1831 году соединение получило название «бетулин». Так как в настоящее время во всем мире наблюдается интерес к изучению свойств природных соединений, обладающих биологической активностью, а также к усовершенствованию технологий извлечения данных биологически активных веществ, то и в России, и за рубежом проводятся исследования характеристик бетулина и способов его экстрагирования [4].

Бетулин является многокомпонентным веществом, источником натуральных биофлавоноидов. Биологическая активность бетулина обуславливает широкую область его применения. Бетулин регулирует активность ферментов, влияет на синтез и функционирование клеток. В связи с этим он используется в производстве фармацевтических препаратов. Их действие на организм человека обусловлено тем, что бетулин проявляет антиоксидантное, антисептическое, противовоспалительное, противовирусное, гепатопротекторное, гастропротекторное, антигрибковое, онкопротекторное, регенерирующее, иммуномоделирующее и другие свойства [3]. Экстракт бетулина можно эффективно применять при таких состояниях, как острые и хронические поражения печени, гепатит, цирроз, холецистит и желчнокаменная болезнь, при химио- и лучевой терапии онкологических заболеваний, а также их профилактике, при ожогах и травмах, туберкулезе, ишемической болезни сердца и дыхательной недостаточности, при необходимости повышения защитных сил организма из-за снижения иммунитета, при высоких физических и умственных нагрузках, метеозависимости, при необходимости улучшить эластичность сосудов и кровообращение и т.д.

Препараты бетулина, обладающие иммуностимулирующим, бактерицидным и вицидным свойствами, применяются в животноводческих и птицеводческих хозяйствах для лечения и профилактики инфекционных болезней крупного рогатого скота, свиней и птиц [5]. Бетулин применяется в парфюмерно-косметической промышленности для создания противовоспалительных и увлажняющих средств, защитных кремов от солнечной радиации, шампуней и др. Бетулин находит свое применение в пищевой промышленности в качестве сырья для производства биологически активных добавок и для обогащения продуктов питания (в т.ч., молочнокислых продуктов, хлеба и кондитерских изделий). Вводимый в пищевые продукты экстракт бетулина обеспечивает не только функциональные свойства, но и решает технологическую задачу продления срока годности продукции за счет наличия у него антиоксидантного и консервирующего свойств [6].

Основными стадиями производства бетулина являются измельчение коры, отделение мелкой фракции (луба), экстракция бересты, фильтрование и частичное (полное) выпаривание экстракта, разбавление упаренного экстракта водой, отделение твердой фазы (бетулинового концентрата), сушка продукта при температуре 60°C и упаковка [1]. Существующие способы извлечения бетулина из бересты часто характеризуются небольшим выходом целевого продукта и его низким качеством (чистотой), многостадийностью процессов выделения и очистки, их продолжительностью, необходимостью применения легко воспламеняемых и токсичных реагентов [2, 7, 8].

Применяемые способы извлечения бетулина можно объединить в две группы. Первая группа будет включать способы, основанные на обработке бересты растворителями с целью получения из экстрактов бетулина. Вторая группа объединит способы, предполагающие щелочной гидролиз внешнего слоя березовой коры и последующую экстракцию спиртом [9]. Максимальный выход бетулина наблюдается

при этом в условиях щелочного гидролиза частиц бересты с размерами 1 – 3 мм, который осуществляется при концентрации щелочи 20 – 25 % и продолжительности гидролиза до 6 – 8 ч [8, 10].

В литературных источниках представлены описания различных методик получения бетулина. Так Pasich J. [11] изучал выделение экстрактивных веществ бересты в аппарате Сокслета. При этом он пришел к выводу, что наибольший выход возможен за счет применения трихлорэтилена (44 %), если сравнивать данный результат с результатами применения хлороформа, диэтилового эфира и бензола (22, 25, 28 % соответственно).

Jaasketainen P. [12] исследовал глубину извлечения экстрактивных веществ бересты различными растворителями, а также изучал кинетику данного процесса. Он выявил зависимость увеличения глубины и скорости экстракции от повышения «полярности» растворителя. Eckerman Ch. и Ekman R. [13] при исследовании процессов получения бетулина установили, что скорость и полнота экстракции также зависят от величины частиц бересты.

Huneck S. [14] в ходе своих исследований экстрагировал бересту в процессе нагревания бензолом, а выделенный при охлаждении экстракт бетулин отфильтровывался и высушивался. Kapil R.S. [15] предлагал многоступенчатую экстракцию измельченной коры березы сначала петролейным эфиром, затем четыреххлористым углеродом и хлороформом в завершении процесса. Pasich J. [11] исследовал поэтапный процесс получения бетулина из бересты, основанный на экстракции с применением трихлорэтилена, прямом ацелировании экстракта и гидролизе диацетата бетулина. Предложено измельчение березовой коры в присутствии щелочи и изопропилового спирта при температуре до 70 °С [1]. С. А. Кузнецова и др. [16] проводили экстракцию водно-этанольными растворами гидроксида натрия и гидроксида калия с концентрацией щелочи от 10 до 25 %. При этом были выделены продукты, содержащие бетулин, выход которых приближался к 40 %. Содержание бетулина в данных продуктах составляло 74 – 75 % и 85 – 89 % соответственно.

В. В. Жук с соавторами [17] исследовал метод тонкопленочной парофазной экстракции бересты. В результате было установлено влияние природы легкокипящего компонента экстрагента на состав, степень экстракции и форму получаемых экстрактов. Указывалось, что интенсификация процесса экстракции определяется осуществлением процесса в тонком слое при орошении березовой коры конденсатом экстрагента, а также за счет повышенного градиента концентраций экстрактивных веществ в системе экстрагент – береста. А. Раза в соавторстве [18] предлагал способ, обеспеченный аппаратным оформлением, который предусматривал получения экстрактов кристаллического бетулина из гранулированной бересты с размером фракции от 0,4 до 2,0 мм путем экстрагирования петролейным эфиром при температуре кипения. Экстракция осуществлялась в проточном реакторе в режиме интенсивной массопередачи в потоке перегнанного растворителя. Выход в виде очищенных кристаллов бетулина составил 40 – 50 % от общего количества экстрактивных веществ с общей концентрацией бетулина/лупеола 90 – 93 % от общей массы абсолютно сухих кристаллов.

Проводимые исследования призваны обеспечить разработку методов получения бетулина в требуемых количествах, а также простых способов его очистки от сопутствующих примесей. Для выделения бетулина из березовой коры в основном используют экстракционные методы [7]. В качестве экстрагентов применяют различные полярные и неполярные органические растворители. Однако растворимость бетулина в них весьма ограничена (в среднем составляет около 10 г/л). Другим недостатком экстракционных методов является то, что вместе с бетулином из коры извлекаются другие экстрактивные вещества. Поэтому для очистки бетулина требуется многократная перекристаллизация, что снижает его выход. Некоторые используемые растворители токсичны, опасны для окружающей среды, и необходимость их утилизации повышает стоимость получаемого бетулина. Несмотря на постоянное усовершенствование способов извлечения бетулина из бересты, процесс его получения остается технически непростым [19-21].

Анализ различных методов экстрагирования бетулина показывает, что на выход экстракта, содержащего данное биологически активное вещество, оказывает влияние природа растворителя. Так, бетулин легко и почти полностью экстрагируется из бересты такими доступными экстрагентами, как алифатические углеводороды, спирты C<sub>1</sub> – C<sub>4</sub>, ацетон [7].

Проводились исследования по повышению степени экстрагирования бетулина (на 25 – 40 %) за счет проведения предварительной обработки коры водяным паром. Установлен факт значительного (до 1,5 – 2,0 раз) возрастания выхода экстрактивных веществ, извлекаемых гексаном, этилацетатом,

изопропанолом и водой из коры березы, активированной перегретым водяным паром в условиях «взрывного» автогидролиза [2].

Недостатком применения спиртовых и водно-спиртовых растворов является загрязнение бетулина лигнинными веществами, которые экстрагируются совместно с бетулином. Также гидролиз измельченной бересты протекает в достаточно жестких условиях. Полученный с использованием указанных выше растворителей бетулин может применяться в производстве парфюмерно-косметических составов, однако для фармакологических целей необходимо использовать бетулин более высокой степени чистоты – около 99 % [4].

Учитывая комплекс ценных свойств бетулина, представляется рациональным дальнейшее продолжение исследований в области усовершенствования способов его экстрагирования с обеспечением максимально высокой степени очистки конечного продукта. Применение бетулина в таких областях, как фармацевтика и пищевая промышленность требует соответствия данного продукта высоким требованиям к его качеству.

### Методы и материалы

В качестве исходного сырья использовали бересту березы пушистой, заготовленную в начале сентября в пригороде Екатеринбурга. Получение экстракта бересты осуществлялось в замкнутом экстракционном технологическом комплексе (рис.1), содержащем экстрактор проточного типа 1, выдувной резервуар 2, куб-испаритель 3, первый 18 и второй 4 рекуперативные теплообменники, первый 6 и второй 5 конденсаторы смешения, вакуумную сушилку 7, верхний 8 и нижний 19 шнековые транспортеры, загрузочную воронку 9, датчик давления 10, инжекторный насос 11, вакуумный насос 12, жидкостные насосы 14, 15, компрессорную холодильную установку 13, флорентинное устройство 16, буферную емкость 17, десорбер 20.

В технологическом комплексе применялась верхняя часть березовой коры с характерным белым цветом, измельченная до фракции 1 – 2 мм. Осуществлялось ее экстрагирование гексаном в экстракторе проточного типа 1, что сопровождалось непрерывным противоточным движением растворителя и бересты. При достижении в экстракторе давления заданной величины, осуществлялся его сброс до атмосферного значения и отбор экстракта в выдувной резервуар 2, где производилось испарение растворителя. Из выдувного резервуара экстракт непрерывно направлялся в куб-испаритель 3. Затем пересыщенный экстракт направлялся в вакуумную сушилку 7, из которой отбирался полученный в результате процесса сушки кристаллизованный бетулин.

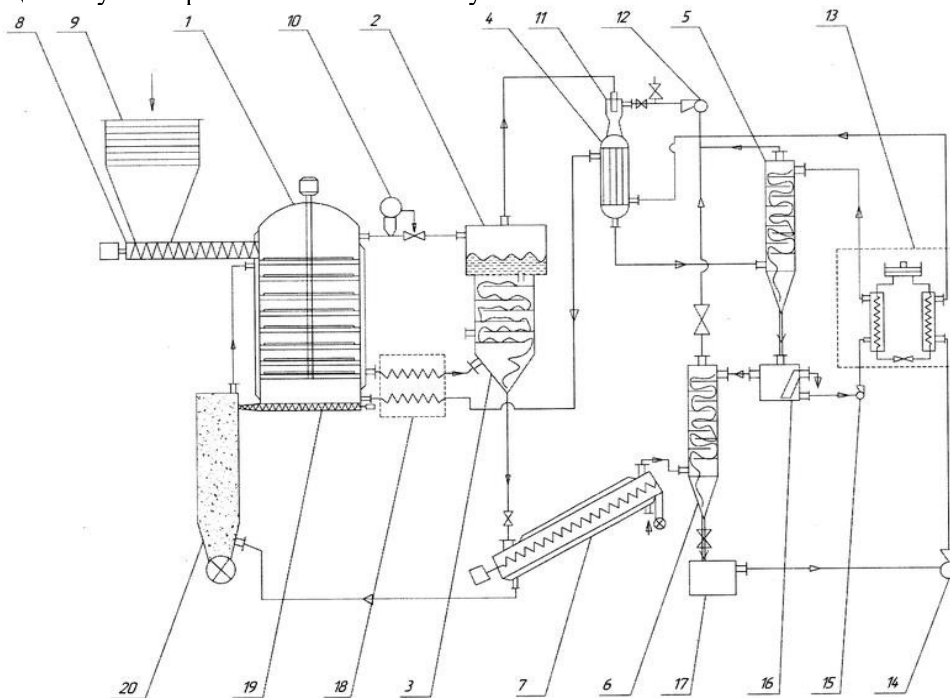


Рис. 1. Замкнутый экстракционный технологический комплекс

Был проведен анализ полученного экстракта методом хромато-масс-спектрометрии (ХМС). Качественный и количественный анализ продуктов исследовался на хромато-масс-спектрометре Agilent Technologies 6890N/5975B. Была использована колонка длиной 30 м, с внутренним диаметром 0,25 мм HP-5ms. Условия хроматографирования: в качестве газа -носителя использовался гелий, скорость потока составила 1 мл/мин, ионизация электронным ударом при 70 эВ. Термостат колонки: начальная температура 150 °С, скорость 50 °С/мин, конечная температура 300 °С. Испаритель: начальная температура 300 °С, деление потока 19:1, объем ввода 0,20  $\mu$ l.

### Результаты

Изучен состав полученного гексанового экстракта бересты. При использовании хромато-масс-спектрометрии определено содержание таких компонентов экстракта, как бетулин и альдегид бетулина (рис.2).

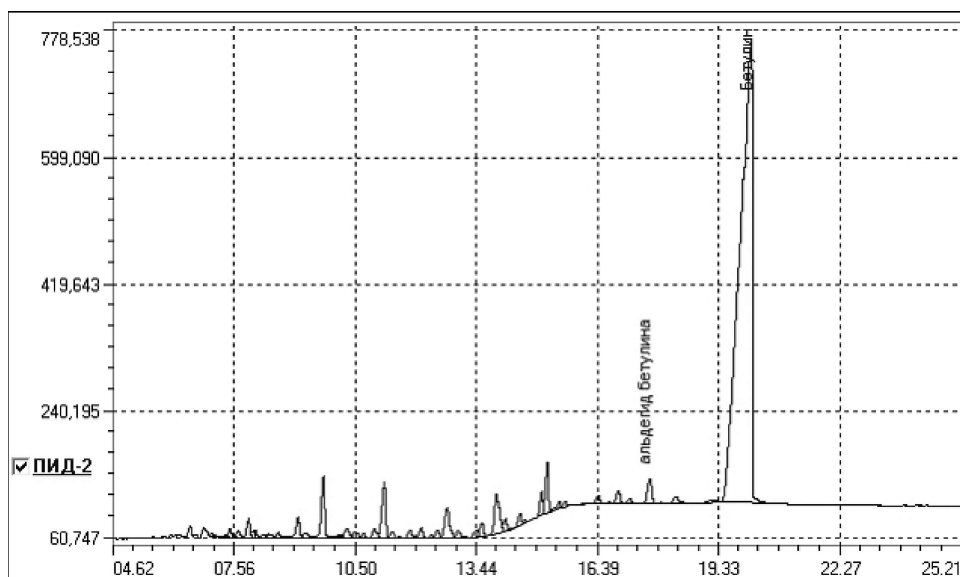


Рис. 2. Хроматограмма гексанового экстракта бересты

Идентификация компонентов осуществлена сопоставлением времен удерживания пиков на хроматограмме и полных масс-спектров отдельных компонентов с соответствующими данными соединений библиотеки масс-спектров. Произведен расчет концентрации идентифицированных компонентов экстракта (табл.1).

Таблица 1 – Концентрация компонентов экстракта бересты

№ n/n	Компонент	Концентрация, % об.
1	Альдегид бетулина	0,12961
2	Бетулин	97,53809

В процессе экстракции березовой коры совместно с бетулином был выделен в качестве его окисленной производной бетулиновый альдегид. Установлено, что производные бетулина, в частности альдегид, так же характеризуются противовирусной активностью. В результате проведенных исследований установлено, что применение предложенного замкнутого экстракционного технологического комплекса позволяет получать бетулин с высокой степенью концентрации, которая обеспечивает возможность его использования в производстве пищевой и фармацевтической продукции.

### Заключение

Березовая кора является источником для получения комплекса уникальных соединений, одним из которых является бетулин. Экстракт бетулина обладает спектром свойств, позволяющих применять его в медицине, производстве продуктов питания и химических товаров, при лечении домашних животных и птицы. Наиболее широко свойства данного биологически активного вещества используются при производстве фармацевтических препаратов, которые применяются как для профилактики, так и лечения самых тяжелых заболеваний, включая онкологию, синдром иммунодефицита, болезнях сердца и легких,



при поражении различных органов и систем человеческого организма, для поддержания иммунитета человека в целом. Важнейшей характеристикой бетулина, как компонента фармпрепаратов, является отсутствие токсичности и побочных эффектов при применении.

Важнейшей задачей при извлечении бетулина из березовой коры является применение таких методик, которые позволяют получить его максимальный выход из экстракта и максимальную степень очистки от сопутствующих примесей. Результаты проведенных экспериментальных исследований показали, что бетулин, получаемый с применением замкнутого экстракционного технологического комплекса, имеет высокую степень чистоты, составляющую порядка 97,5 %. Результаты исследования позволяют говорить о том, что предложенный технологический комплекс обеспечивает выход бетулина такого качества, которое предполагает возможность его применения в производстве биологически активных добавок и лекарственных препаратов.

### Литература

1. Бадюгина А.И. Переработка луба березовой коры с получением биологически активных продуктов: дисс. ... канд. техн. наук. – Архангельск, 2018. – 125 с.
2. Кузнецов Б.Н., Левданский В.А., Еськин А.П., Полежаева Н.И. Выделение бетулина и суберина из коры березы, активированной в условиях взрывного автогидролиза // Химия растительного сырья. – 1998. – №1. – С.5-9.
3. Белякова А.Ю., Погребняк А.В., Погребняк Л.В. Физико-химические и биологические свойства компонентов внешней коры березы // Современные проблемы науки и образования: электрон. научн. журн. – 2015. – № 2.; URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=22657> (дата обращения: 10.02.2022).
4. Якубовский С.Ф., Линник В.Н. Влияние природы растворителя на выход экстрактов, содержащих бетулин // Вестник полоцкого государственного университета. Серия В. – 2016. – №11. – С. 108-114.
5. Красиков А.П., Плешакова В.И., Новицкий А.А., Трофимов И.Г., Алексеева И.Г., Лещёва Н.А. Применение растительного препарата бетулин в животноводстве // Общая биология. Серия: Естественные и технические науки: электрон. научн. журн. – 2017. – №12/2.; URL: <http://www.nauteh-journal.ru/files/a067dfcc-6a54-4f23-8295-1e4aa34f5a84> (дата обращения: 10.02.2022).
6. Исаева А.Ю., Гребенщиков А.В. Использование бетулина в технологии пищевых продуктов // Успехи современного естествознания: электрон. научн. журн. – 2012. – № 6.; URL: <https://natural-sciences.ru/ru/article/view?id=30477> (дата обращения: 10.02.2022).
7. Кислицын А. Н. Экстрактивные вещества бересты: выделение, состав, свойства, применение: обзор // Химия древесины. – 1994. – №3. – С. 3-28.
8. Кузнецов Б.Н., Левданский В.А., Полежаева Н.И. Экстракция бетулина низшими алифатическими спиртами из внешней коры березы *Betula pendula* Roth., активированной перегретым паром в присутствии щелочи // Химия растительного сырья. – 2004. – №2. – С. 21- 24.
9. Винокурова Р. И., Трошкова И. Ю. Изменчивость накопления бетулина и суберина в бересте *Betula pendula* Roth. в зависимости от географической зональности // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. – 2008. – №3. – С. 126-130.
10. Кузнецов Б.Н., Кузнецова С.А., Левданский В.А., Судакова И.Г., Веселова О.Ф. Совершенствование методов выделения, изучения состава и свойств экстрактов березовой коры // Химия в интересах устойчивого развития. – 2005. – №3. – С. 391-400.
11. Pasich J., Pojda M. Naturaline i polysyntetyczne tenzydy. Cz. VII. Prosty sposob otrzymywania betuliny // Farmac pol. – 1974. – Vol. 30. – №8. – P. 771-772.
12. Jaasketainen P. Betulinol and its utilization // Paperi ja Puu – Pap. och Tra. – 1981. – № 10. – P. 599-603.
13. Eckerman Ch., Ekman R. Comparison of solvents for extraction and crystallisation of betulinol from birch bark waste // Paperi ja Puu – Pap. och Tra. – 1985. – № 3. – P. 100-106.
14. Huneck, S. Die Darstellung von 19 $\beta$ ,28-Epoxy-3-oxo-2-diazo-18 $\alpha$ H-oleanan und dessen photochemische Umwandlung in A-Nor-Verbindungen // Chem. Ber. – 1965. – Vol. 98. – №6. – P.1837-1857.
15. Kapil R.S., Dhaz M. M. Chemical constituents of *Diospyros montana* Roxb. Part I. Isolation of diospyrin, a new binaphthyl derivative // J. Scient. and Industr. Res. – 1961. – Vol. 20. – №10. – P. 498-500.
16. Кузнецова С. А., Скворцова Г. П., Маляр Ю. Н., Скурыдина Е. С., Веселова О. Ф. Выделение бетулина из бересты березы и изучение его физико-химических и фармакологических свойств // Химия растительного сырья. – 2013. – №2. – С. 93-100.

17. Жук В. В., Яговкие А.Ю., Бакибаев А.А., Яновский В.А., Медведев Д.М. Исследование влияния природы экстрагентов в процессе тонкопленочной парофазной экстракции на состав, степень извлечения и форму получаемых продуктов // Известия Томского политехнического университета. – 2007. – Т. 311. – №3. – С. 99-101.

18. Paze A. [et al.] Apparatus and Selective Solvents for Extraction of Triterpenes from Silver Birch (*Betula pendula* Roth.) Outer Barc // *Baltic Forestry* – 2014. – Vol. 20. – №1 (38). – P. 88-97.

19. Кузнецов Б.Н., Левданский В.А., Кузнецова С.А., Когай Т.И. Синтез биологически активных тритерпеновых соединений на основе бетулина // Журнал Сибирского федерального университета. Химия. – 2011. – №4. – С. 408-423.

20. Толстиков Г.А., Флехтер О.Б., Шульц Э.Э., Балтина Л.А., Толстиков А.Г. Бетулин и его производные. Химия и биологическая активность// Химия в интересах устойчивого развития. – 2005. – №13. – С. 1-30.

21. Когай Т.И. Улучшенный двухстадийный метод получения бетулиновой кислоты из бетулина // Журнал Сибирского федерального университета. Химия. – 2008. – №1. – С. 95-98.

©Разумов Е.Ю. – д-р техн. наук, профессор Чешского государственного университета естественных наук в Праге, e-mail: evgeny.razumov2011@yandex.ru; Байгильдеева Е.И. – канд. техн. наук, доцент кафедры переработки древесных материалов ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет» (ФГБОУ ВО «КНИТУ»), e-mail: bai48@rambler.ru; Сафина А. В. – канд. техн. наук, доцент кафедры архитектуры и дизайна изделий из древесины, ФГБОУ ВО «КНИТУ», e-mail: alb\_saf@mail.ru; Сафин Р.Г. – д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой «Переработка древесных материалов», ФГБОУ ВО «КНИТУ», e-mail: safin@kstu.ru.

UDC 57.043

## OBTAINING HIGH-PURITY BETULIN

E.Y. Razumov, E.I. Baigildeeva, A.V. Safina, R.G. Safin

*The properties of betulin, a multicomponent compound that is part of the upper layer of birch bark, are considered. The characteristics of betulin, which is a biologically active substance and has a wide range of therapeutic and preventive properties, which makes it possible to use it as a raw material in the pharmaceutical, perfumery, cosmetics and food industries, as well as in animal husbandry and veterinary medicine, are presented. The composition and properties of betulin, as well as the areas of its application in various industries are indicated. The methods of extraction of betulin from birch bark and the problems associated with their implementation are analyzed. The biological activity and composition of hexane extract of birch bark obtained by means of a closed extraction technological complex have been investigated. When using chromatography-mass spectrometry, it was found that the main component of birch bark extract is betulin. Laboratory studies have established that the resulting betulin has a high degree of purification and can be used for food and medicinal purposes.*

**Key words:** betulin, birch bark, birch bark, biologically active additive, betulin extraction.

### References

1. Badogina A.I. Processing of birch bark bast to obtain biologically active products: diss. ... candidate of Technical Sciences. - Arkhangelsk, 2018. - 125 p. (In Russ.).

2. Kuznetsov B.N., Levdansky V.A., Eskin A.P., Polezhaeva N.I. [Isolation of betulin and suberin from birch bark activated under conditions of explosive autohydrolysis] *Khimiya rastitel'nogo syrya* [Chemistry of plant raw materials] - 1998. - No. 1. - P. 5-9. (In Russ.).

3. Belyakova A.Yu., Pogrebnyak A.V., Pogrebnyak L.V. [Physico-chemical and biological properties of components of the outer bark of birch] *Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya* [Modern problems of science and education: electron. scientific. journal] - 2015. - No. 2.; URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=22657>. (In Russ.).

4. Yakubovsky S.F., Linnik V.N. [Influence of solvent nature on the yield of extracts containing betulin] *Vestnik polotskogo gosudarstvennogo universiteta. Seria V* [Bulletin of the Polotsk State University. Series B] - 2016. - No. 11. - P. 108-114. (In Russ.).

5. Krasikov A.P., Pleshakova V.I., Novitsky A.A., Trofimov I.G., Alekseeva I.G., Leshcheva N.A. [Application of the herbal preparation betulin in animal husbandry] *Obshchaia biologiya. Seria: estestvennye i tekhnicheskie nauki* [General Biology. Series: Natural and Technical Sciences: electron. scientific. journal] - 2017. - No.12/2.; URL: <http://www.nauteh-journal.ru/files/a067dfcc-6a54-4f23-8295-1e4aa34f5a84>. (In Russ.).
6. Isaeva A.Yu., Grebenshchikov A.V. [The use of betulin in food technology] *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya* [Successes of modern natural science: electron. scientific. journal] - 2012. - No. 6.; URL: <https://natural-sciences.ru/ru/article/view?id=30477>. (In Russ.).
7. Kislitsyn A. N. [Extractive substances of birch bark: isolation, composition, properties, application: review] *Khimiya drevesiny* [Chemistry of wood] - 1994. - No. 3. - P. 3-28. (In Russ.).
8. Kuznetsov B.N., Levdansky V.A., Polezhaeva N.I. [Betulin extraction by lower aliphatic alcohols from the outer bark of birch *Betula pendula* Roth. activated by superheated steam in the presence of alkali] *Khimiya rastitelnogo syrya* [Chemistry of vegetable raw materials] - 2004. - No. 2. - P. 21-24. (In Russ.).
9. Vinokurova R. I., Troshkova I. Y. [Variability of betulin and suberin accumulation in birch bark *Betula pendula* Roth. depending on the geographical zoning] *Izvestia vysshikh uchebnykh zavedenii. Lesnoi zhurnal* [News of higher educational institutions. Forest Journal] - 2008. - No. 3. - P. 126-130. (In Russ.).
10. Kuznetsov B.N., Kuznetsova S.A., Levdansky V.A., Sudakova I.G., Veselova O.F. [Improving methods of isolation, studying the composition and properties of birch bark extracts] *Khimiya v interesakh ustoichivogo razvitiya* [Chemistry in the interests of sustainable development] - 2005. - No. 3. - P. 391-400. (In Russ.).
11. Pasich J., Pojda M. Naturaline i polysintetyczne tenzydy. Cz. VII. Prosty sposob otrzymywania betuliny // *Farmac pol.* – 1974. – Vol. 30. – №8. – P. 771-772.
12. Jaasketainen P. Betulinol and its utilization // *Paperi ja Puu – Pap. och Tra.* – 1981. – № 10. – P. 599-603.
13. Eckerman Ch., Ekman R. Comparison of solvents for extraction and crystallisation of betulinol from birch bark waste // *Paperi ja Puu – Pap. och Tra.* – 1985. – № 3. – P. 100-106.
14. Huneck, S. Die Darstellung von 19 $\beta$ ,28-Epoxy-3-oxo-2-diazo-18 $\alpha$ H-oleanan und dessen photochemische Umwandlung in A-Nor-Verbindungen // *Chem. Ber.* – 1965. – Vol. 98. – №6. – P.1837-1857.
15. Kapil R.S., Dhaz M. M. Chemical constituents of *Diospyros montana* Roxb. Part I. Isolation of diospyrin, a new binaphthyl derivative // *J. Scient. and Industr. Res.* – 1961. – Vol. 20. – №10. – P. 498-500.
16. Kuznetsova S. A., Skvortsova G. P., Malyar Yu. N., Skurydina E. S., Veselova O. F. [Isolation of betulin from birch bark and study of its physico-chemical and pharmacological properties] *Khimiya rastitelnogo syrya* [Chemistry of plant raw materials] - 2013. - No. 2. - P. 93-100. (In Russ.).
17. Zhuk V. V., Yagovkiye A.Yu., Bakibaev A.A., Yanovskiy V.A., Medvedev D.M. [Investigation of the influence of the nature of extractants in the process of thin-film vapor-phase extraction on the composition, degree of extraction and shape of the products obtained] *Izvestia Tomskogo politekhnicheskogo universiteta* [Izvestiya Tomsk Polytechnic University] - 2007. - Vol. 311. - No. 3. - P. 99-101. (In Russ.).
18. Paze A. [et al.] Apparatus and Selective Solvents for Extraction of Triterpenes from Silver Birch (*Betula pendula* Roth.) *Outer Barc* // *Baltic Forestry* – 2014. – Vol. 20. – №1 (38). – P. 88-97.
19. Kuznetsov B.N., Levdansky V.A., Kuznetsova S.A., Kogai T.I. [Synthesis of biologically active triterpene compounds based on betulin] *Zhurnal Sibirskogo phederalnogo universiteta. Khimiya* [Journal of the Siberian Federal University. Chemistry] - 2011. - No. 4. - P. 408-423. (In Russ.).
20. Tolstikov G.A., Flechter O.B., Schultz E.E., Baltina L.A., Tolstikov A.G. [Betulin and its derivatives. Chemistry and biological activity] *Khimiya v interesakh ustoichivogo razvitiya* [Chemistry in the interests of sustainable development] - 2005. - No. 13. - P. 1-30. (In Russ.).
21. Kogai T.I. [Improved two-stage method for obtaining betulinic acid from betulin] *Zhurnal Sibirskogo phederalnogo universiteta. Khimiya* [Journal of the Siberian Federal University. Chemistry] - 2008. - No. 1. - pp. 95-98. (In Russ.).

---

© **Razumov E.Yu.** – Grand PhD in Engineering sciences, Professor of Czech University of Life Sciences Prague, e-mail: [evgeny.razumov2011@yandex.ru](mailto:evgeny.razumov2011@yandex.ru); **Baigildeeva E.I.** – Ph.D in Engineering sciences, Associate Professor of the Department Processing of wood materials, Kazan National Research Technological University (KNRTU), e-mail: [bai48@rambler.ru](mailto:bai48@rambler.ru); **Safina A. V.** – PhD in Engineering sciences, Associate Professor of the Department of Architecture and Design of Wood Products, KNRTU, e-mail: [alb\\_saf@mail.ru](mailto:alb_saf@mail.ru); **Safin R.G.** – Grand PhD in Engineering sciences, Professor, Head of the Department of Processing of wood materials, KNRTU, e-mail: [safin@kstu.ru](mailto:safin@kstu.ru).