

6. Evdokimova U.V., Panova T.M., Yuriev Yu.L. Features of the structure and properties of activated carbons obtained from aspen wood // Woodworking industry. 2020. №2. S.87-92.
7. Method of activation of carbonized materials: Pat. No. 2051097 RF. application 92008212/02, 11/25/1992; publ. 12/27/1995.
8. Yuryev Yu.L., Drozdova N.A., Panova T.M. Post-treatment of artesian water using modified charcoal // Bulletin of the Kazan Technological University. 2013. V.16. No. 19. S.85-86.
9. Device for water treatment: Pat. No. 96367 RF. application 2010107111/22, 02/26/20 10; publ.27.07.2010.
10. Yuryev Yu.L. Obtaining and using birch active coal for post-treatment of drinking water. Izvestia of higher educational institutions. Forest magazine. 2020. No. 3 (375). pp.169-175.
11. Yuryev Yu.L., Panova T.M., Drozdova N.A. The use of modified charcoal to improve the salt composition of water in brewing. Forest magazine. 2010. №1. pp.134-138.
12. Yuryev Yu.L., Panova T.M., Drozdova N.A., Tropina K.Yu. Investigation of the possibility of using charcoal to stabilize beer. Izvestia of higher educational institutions. Forest magazine. 2010. No. 5. pp.120-124.
13. Evdokimova E.V., Panova T.M., Yuriev Yu.L. Influence of activated carbon on the degree of extraction of polyphenols from beer wort. Vestnik tekhnologicheskogo universiteta. 2017. V.20. No. 6. S. 124-126.

©**Panova T.M.** – PhD in Engineering sciences, Head of the Department of Chemical Technology of Wood, Biotechnology and Nanomaterials, Ural State Forest Engineering University (USFEU), e-mail ptm55@yandex.ru; **Evdokimova E.V.** – PhD in Engineering sciences, Associate Professor of the Department of Chemical Technology of Wood, Biotechnology and Nanomaterials, USFEU, e-mail yevdokimovaekaterina@gmail.com; **Maltsev G.I.** – Grand PhD in Engineering sciences, Professor of the Department of Chemical Technology of Wood, Biotechnology and Nanomaterials, USFEU e-mail mgi@elem.ru

УДК 678.031:54-112

ОБЗОР МЕТОДОВ ИЗВЛЕЧЕНИЯ БЕТУЛИНА ИЗ КОРЫ БЕРЕЗЫ

В.В. Губернаторов, Л.Р. Назипова, Д.А. Ахметова, А.А. Попов

Актуальность данной работы обусловлена активным развитием научных исследований в области изучения полезных свойств и микроэлементного состава биологически активных веществ, содержащихся в растительном сырье. В статье были рассмотрены свойства бетулина, сферы его применения в различных областях промышленности и различные методы извлечения из коры березы. Проведенный обзор показал, что существуют разнообразные подходы к способам извлечения бетулина, такие как экстракция различными растворителями, как полярными, так и не полярными, гидролиз с добавлением щелочи, взрывной автогидролиз с добавлением алифатических спиртов, экстракция в СВЧ-поле и др. Дальнейшие научные исследования должны быть направлены на модернизацию существующих и разработку новых экстракционных методов для снижения энергозатрат, увеличения степени чистоты бетулина и повышения эффективности процесса экстракции.

Ключевые слова: кора березы, бетулин, экстракция, методы, растворители.

Введение

На крупных целлюлозно-бумажных предприятиях и деревообрабатывающих производствах в результате окорки березовой древесины ежегодно скапливается до 300 тыс. м³ коры. Вопрос использования такого значительного количества березовой коры превращается в актуальную и серьезную проблему. Ее сжигают или вывозят в отвалы, в то время как кора - сильнейший природный антисептик и биостимулятор. Кора содержит до 50% экстрактивных веществ, что представляет немалый потенциальный интерес для химической переработки с целью получения новых продуктов и биологически активных веществ. В Республике Татарстан на данный момент не осуществляется переработка коры березы. Однако, такое крупное предприятие как Поволжский фанерно-мебельный комбинат (ПФМК), активно используют древесину березы в производстве фанеры, мебельных деталей и

пр. В процессах лесозаготовки у лесхозов также образуется большое количество березовой коры, которая могла бы быть переработана с целью извлечения ценных компонентов.

Одним из ценных элементов березовой коры является бетулин [1, 2]. Он привлекает внимание медиков, поскольку способствует повышению уровня защиты организма, препятствует развитию вируса иммунодефицита и онкологических заболеваний. В силу своих полезных компонентов он представляет большой интерес для экспериментальной и клинической фармакологии способствует созданию чрезвычайно важных для человечества лекарственных препаратов отечественного производства. Кроме того, бетулин имеет широкий спектр применения в косметологии, пищевой и сельскохозяйственной промышленности [3].

Целью данной работы является изучение свойств бетулина, областей его применения и обзор современных методов его извлечения из коры березы.

Свойства и применение бетулина

Бетулин самый распространенный тритерпеноид содержание, которого в бересте может достигать 35%. Бетулин растворяется в органических растворителях. Научно установлено большое количество полезных свойств бетулина, которые подтверждены лабораторными исследованиями [4, 5]. Бетулин восстанавливает работу ферментов в организме человека, воздействуя на подвижность ферментов, а также контролирует их синтез и распад. Бетулин как природный гепатопротектор способствует лечению поражения печени. Также бетулин восстанавливает мозговое кровообращение, оказывает положительный эффект как противовирусное средство. Он способствует заживлению ран, снижает уровень холестерина и сокращает количество «атеросклеротических бляшек» в сосудах, нормализует желчеотделение, увеличивает уровень устойчивости организма к кислородной недостаточности.

Благодаря ценным свойствам, бетулин используется в качестве добавки в различных областях производства. Схема основных направлений применения бетулина по отраслям промышленности представлена на рисунке 1. В медицине нанодисперсия, полученная из тритерпеноидов коры березы, является многообещающей лекарственной формой для гидрофобных лекарств. Препараты, содержащие бетулин снижают вирулентность возбудителя через прямое взаимодействие с PrP^{Sc} (прионами). Бетулин также обладает эмульгирующими свойствами, образуя маслянистые эмульсии. Неизменяемость вкуса и цвета при термических обработках обуславливает преимущество бетулина перед пробиотиками. Поэтому в сельском хозяйстве бетулин используется для введения прикорма в рацион животных, заменяя антибиотики. В косметологии бетулин применяют как компонент, оказывающий противовоспалительное, увлажняющее и омолаживающее средство. В пищевой промышленности бетулин используется как замена антиоксидантов и консервантов, то есть увеличивает стойкость продуктов к окислению. В фармацевтике распространены биологически активные добавки к пище с содержанием бетулина. Регулярное применение таких добавок способствует защите от внутренних и внешних патогенных воздействий на организм.

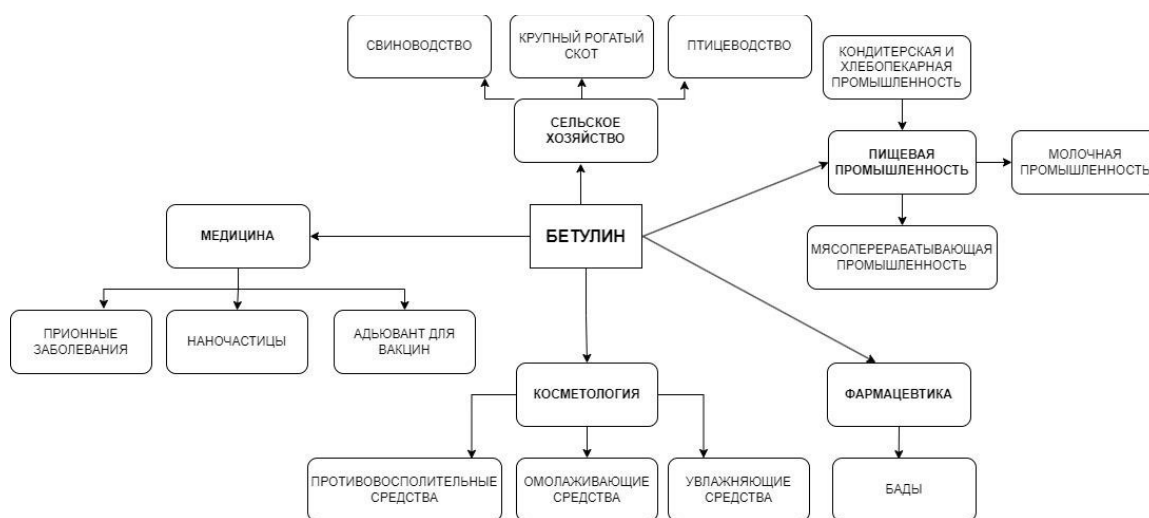


Рис 1. Основные направления применения бетулина по отраслям промышленности

Как видно из рисунка, использование бетулина актуально в общественном производстве для различных видов продукции. При этом важное значение имеют технологические вопросы получения его экстрактов, оптимизация существующих методов извлечения и поиск решений повышения эффективности экстракционных технологий. Ниже представлен обзор существующих исследований в области экстракционных методов получения бетулина.

Обзор исследований в области методов извлечения бетулина из коры березы

В настоящее время запатентовано множество способов выделения бетулина с использованием различных растворителей. Способ извлечения бетулина с помощью гидролиза при перемешивании в 15-25% щелочи с добавлением бутанола, изопропанола или изобутанола при температуре кипения 100 °С предложен в патенте М. С. Борц и др [6]. На первом этапе проводили экстракцию гексаном в течение 3-5 часов и промывали водой. На втором этапе гексан удаляли для дальнейшего использования, а осадок отфильтровывали. Предлагаемый способ позволяет достичь 95-97%-ного выхода бетулина из коры.

Известен способ извлечения бетулина с помощью растворителя-толуола, состоящий из трех этапов. На первом этапе происходило измельчение коры. На втором этапе кору и толуол перемешивали при температуре 90-110 °С в течение 1,5-3 часов. На третьем этапе раствор бетулина с толуолом охлаждали в течение 6-10 часов и выпавшие кристаллы промывали этиловым спиртом, водой и сушили. Выход экстракта бетулина составляет 33% [7].

В патенте А.Н. Кислицына и др. разработан способ получения бетулина в экстракторе с помощью органического растворителя - уайт-спирита. Экстракцию вели в течение 2 часов при температуре 150-155 °С. Далее экстракт обрабатывали щелочью, отфильтровывали, высушивали и дополнительно перекристаллизовывали. Выход бетулина составил 21% [8].

В.И. Роцин и др. [9] предложили способ получения бетулина с использованием смеси толуола и петролейного эфира. В экстрактор загружали сырье, и добавляли растворитель. Экстракцию проводили в течение 5 часов. После извлечения горячий экстракт сливали в кристаллизатор. Экстракт кристаллизовался, высушивался и фильтровался. Выход экстракта составил от 16 % до 25 %.

В патенте [10] описан способ извлечения бетулина с использованием 90-95 % этилового спирта с температурой 90-95 °С и с добавлением активированного угля. Сырьё заливали растворителем - этиловым спиртом и добавляли активированный уголь, данную смесь выдерживали в течение 3 часов при температуре 70-75°С. Затем раствор отделяли фильтрацией, а фильтрат упаривали досуха. Выход составил 26-30 %.

Известен способ получения бетулина с помощью измельченной коры и раствора $C_5H_{12}O$ метил-трет-бутилового эфира, представленный в патенте М. С. Юнусова [11]. Процесс экстракции состоит из трех этапов. На первой стадии смесь кипятили в течение 2 часов. Вторым этапом провели фильтрацию экстракта от остатков исходного сырья, добавили новую порцию раствора $C_5H_{12}O$ и кипятили в течение 40 минут. Этот этап повторили 4 раза. На третьем этапе экстракт промывали раствором гидроксида натрия $NaOH$ с водой и сушили безводным раствором сульфата магния $MgSO_4$. Полученный продукт очищали кипячением с добавлением гексана C_6H_{14} . Не растворимую в гексане часть отфильтровывали, высушивали на воздухе и получали 16% бетулина от сухой массы коры.

В статье С.А. Кузнецовой и др. [12] описан метод извлечения бетулина из коры с помощью раствора гексана C_6H_{14} . Измельченную до размеров бересту подвергали экстракции гексаном C_6H_{14} в аппарате Сокслета в течение 36-40 ч. Далее проводили процесс отделения гексана от экстракта на роторном испарителе. В результате был получен порошок белого цвета с выходом 15-20% от общего веса сухой коры.

В другой своей статье С.А. Кузнецова и др. [13] описали способ получения бетулина с помощью гидролиза коры. Смесь, состоящую из измельченной коры, гидроксида натрия и воды, выдерживали при температуре 95-100 °С. Далее смесь перемешивали в течение 3-6 часов. Затем снизили температуру до 70-75 °С и добавили этиловый спирт. После этого доводили до кипения при перемешивании в течение 30-40 минут. Горячую реакционную массу фильтровали, а фильтрат упаривали. Бетулин промывали на фильтре горячей водой. На последнем этапе экстракт просушивали при комнатной температуре. В результате получили экстракт бетулина, который составил 20-30 % от веса сухой коры.

Т.Б. Хлебникова с др. в статье [14] представили способ получения бетулина с помощью аппарата Сокслета и водного раствора изопропанола C_3H_8O , $CH_3CH(OH)CH_3$ в соотношении изопропанол:вода

(9:1). После проведения 3-х часовой экстракции, экстракт охлаждали. Выпавший осадок отфильтровывали и высушивали на воздухе. В конечном итоге было получено 6 г бетулина, то есть 13% от общей массы сухой коры.

Б. Н. Кузнецов в работе [15] описал способ извлечения бетулина экстракцией с помощью растворителей, таких как: гексан, этилацетат, изопропиловый спирт и вода в аппарате Сокслета. Экстракцию гексаном проводили в течение 30 ч, этилацетатом, изопропиловым спиртом и водой – в течение 10–12 ч. Выход бетулина при экстрагировании различными растворителями составил (экстрагент-выход): этилацетат - 9,3%; гексан - 10,5%; изопропиловый спирт - 20,6%; вода - 9,7% в пересчете на абсолютно сухую кору. При последовательной экстракции указанными растворителями выход бетулина составил 26,9 %.

В патенте [16] изучили способ получения бетулина в экстракторе проточного типа при непрерывном противоточном движении бересты и растворителя, не смешивающегося с водой. Процесс экстракции состоит из нескольких этапов. На первом этапе проводили экстракцию толуолом. При достижении давления в экстракторе 120-130 кПа производили сброс давления до атмосферного и отбор экстракта в выдувной резервуар, в котором осуществлялось испарение растворителя. На втором этапе пар конденсировался во флорентинное устройство, где сепарировался на толуол и воду, которые используются повторно. На третьем этапе экстракт промывали и высушивали. Заявляемый способ позволяет получать бетулин с чистотой до 99% с минимальными энергозатратами.

Исследователями предложен другой способ извлечения бетулина с помощью гидролиза щелочью [17]. Процесс экстракции состоит из трех этапов. На первом этапе происходило измельчение и гидролиз сырья в водном растворе 15-25%-ной щелочи при интенсивном перемешивании. На втором этапе проводили концентрирование бетулина выпариванием при давлении 110-120 кПа. На третьем этапе экстракт отфильтровали, промыли водой и сушили. Выход бетулина составил 35% [18].

Кузнецов Б.Н. в своей статье [19] предложил способ извлечения бетулина с помощью взрывного автогидролиза с последующей экстракцией алифатическими спиртами. Предварительная активация бересты березы в условиях процесса “взрывного” автогидролиза осуществлялась при следующих параметрах процесса: температура 180-240 °С, давление пара 1.0-3.4 МПа, продолжительность обработки 30-360 сек. Далее проводился щелочной гидролиз активированной коры и последующая экстракция бетулина низшими алифатическими спиртами, например, этанолом C_2H_6O , C_2H_5OH , изопропанолом C_3H_8O , $CH_3CH(OH)CH_3$, 2-пропанолом C_3H_8O , $CH_3CH(OH)CH_3$, N-пропанолом C_3H_7OH . Такой метод получения бетулина ускоряет процесс и увеличивает его выход на 25 - 40% по сравнению с неактивированной берестой.

В работе [20] исследован способ СВЧ-экстракции коры на базе бытовой микроволновой печи. Преимуществом СВЧ-экстракции является высокая скорость внутреннего прогрева коры в полярном растворителе, его вскипание в клетках коры и интенсивный выброс образовавшегося экстракта в окружающий растворитель (эффект бародиффузии). Согласно этому способу, 90 %-ная степень извлечения экстрактивных веществ наблюдается через 90 мин без СВЧ-обработки и через 10 мин в СВЧ-камере. Достижение степени извлечения, равной 50 %, при обычной экстракции составляет 16-20 мин, а в поле СВЧ – менее одной минуты.

Заключение

В связи с большим количеством отходов на предприятиях существует необходимость переработки коры березы. В коре березы содержится ценный компонент – бетулин, который имеет большое количество полезных свойств, обладает высокой терапевтической ценностью и именно поэтому нашел применение в различных сферах промышленности. В частности, в пищевой промышленности бетулин используется как добавка в качестве замены антиоксидантов и консервантов, в сельском хозяйстве – это кормовые добавки для животных, в фармацевтике – биологически активные добавки к продуктам питания, в косметологии – компонент для увлажняющих и омолаживающих средств.

Анализ существующих методов извлечения бетулина показал, что разработано множество способов, отличающихся видами растворителей, аппаратным оформлением, режимными параметрами процессов извлечения. Наиболее необходимым на сегодняшний день является разработка новых и улучшенных способов получения бетулина для его успешного внедрения в производственные сферы. Необходимо устранить недостатки существующих технологий и повышение степени чистоты бетулина при снижении энергозатрат на извлечение.

Литература

1. Ведерников Д.Н. // Изменение химического состава корки и луба березы повислой по высоте дерева / Ведерников Д.Н., Шабанова Н.Ю., Рошин В.И. // Химия растительного сырья. – 2010. – № 2. – С. 43-48.
2. Гизатуллина, Л.И // Экстракция внешнего слоя коры березы с получением бетулина / Гизатуллина, Л.И. И. Р. Каримов, Р. Р. Фа хрутдинов // Проблемы и тенденции научных исследований в системе образования: сборник статей Международной научно-практической конференции, Тюмень, 09 декабря 2019 года. Том Часть 3. – Тюмень, 2019. – С. 104-106.
3. Сафина А. В. // Энерго- и ресурсосберегающая технология экстрагирования бетулина из отходов коры березы / А. В. Сафина, Д. Р. Абдуллина, Р. Г. Сафин [и др.] // Лесной вестник. – 2021. – Т. 25. – № 4. – С. 99-106. –
4. Абышев, А. З. // Исследование химического состава экстракта коры березы *Cortex betula* сем. *Betulaceae* / А. З. Абышев, Э. М. Агаев, А. Б. Гусейнов // Химико-фармацевтический журнал. – 2007. – Т. 41. – № 8. – С. 22-26.
5. Baker, R. G. // NF-κB, inflammation, and metabolic disease / R. G. Baker, M. S. Hayden, S. Ghosh // *Cell Metabolism*. – 2011. – Vol. 13. – No 1. – P. 11-22.
6. Патент 2206572 РФ. Способ выделения бетулинола / М.С. Борц, Е.Г. Николаева, И.С. Лаевский // Оpubл. 20.06.2003.
7. Патент 2192879 РФ. Способ получения бетулина / Ю.И. Стернин // Оpubл. 20.11.2002
8. Патент 2138508 РФ. Способ выделения бетулинола / А.Н. Кислицын, И.И. Слестников, А.Н. Трофимов // Оpubл. 27.09.1999.
9. Патент 2184120 РФ. Способ получения бетулина / В.И. Рошин, Н. Ю. Шабанова, Д.Н. Ведерников // Оpubл. 27.06.2002.
10. Патент 2172178 РФ. Способ получения бетулина / Г.В. Сироткин, Ю.И. Стернин // Оpubл. 20.08.2001.
11. Патент 2270202 РФ /Способ получения бетулина и лупеола / М. С. Юнусов, Н. Г. Комиссарова, Н. Г. Беленкова опубл. // Оpubл. 20.02.2006
12. Кузнецова С.А. // Кузнецов Б.Н., Веселова О.Ф. Изучение состава гексанового экстракта коры и его токсико-фармакологических свойств // Химия растительного сырья. – 2008. – № 1.- С. 45–49.
13. Кузнецова С.А. // Получение диацетата бетулина из коры березы и изучение его антиоксидантной активности / Кузнецова С.А. [и др.] // Журнал Сибирского федерального университета. – 2008. – №2. – С. 151-165.
14. Хлебникова Т. Б. // Каталитическое окисление бетулина и диацетата бетулина с использованием экологически благоприятного окислителя / Т. Б. Хлебникова, Зинаида П. П. [и др.]. -М. : // Изд-во Сибирский федеральный университет, – 2008. – С. 277-285.
15. Кузнецов. Б.Н. // Изучение экстракции коры березы гексаном, этиацетатом, изопропиловым спиртом и водой/ В.А. Левданский, Н.И. Полежаева, 91 Б.Н. Кузнецов // Химия растительного сырья. – 2004. – № 2. – С. 17–20.
16. Патент 2683634 РФ/ Способ получения бетулина/ А. В. Сафина, Д. Ф. Зиятдинова, Н. Ф. Тимербаев [и др.] // Оpubл. 29.03.2019.
17. Патент 2767041 РФ /Способ получения бетулина / Д.Р. Абдуллина, Д. Ф. Зиятдинова, А. В. Сафина, Р.Г. Сафин // Оpubл. 16.03.2022.
18. Разумов Е.Ю. // Извлечение бетулина высокой степени очистки/ Разумов Е.Ю., Байгильдеева Е.И., Сафина А.В., Сафин Р.Г. // *Деревообрабатывающая промышленность* – 2022. – № 1. – С. 33-40.
19. Кузнецов Б.Н. // Выделение бетулина и суберина из коры березы, активированной в условиях «взрывного автогидролиза»/ Б.Н. Кузнецов, В.А. Левданский, А.П. Еськин, Н.И. Полежаева// Химия растительного сырья. – 1998. – № 1. – С. 5-9.
20. Коптелова, Е.Н. // Интенсификация процесса выделения бетулина из коры с использованием СВЧ-поля [Текст] / Е.Н. Коптелова, Л.Н. Кузнецова, Н.А. Кутакова, С.И. Третьяков // *Лесной журнал*. – 2013. – № 5. – С. 193–201.

«КНИТУ», e-mail: lnazipova@internet.ru; **Ахметова Д.А.** – канд. техн. наук, доцент кафедры переработки древесных материалов, ФГБОУ ВО «КНИТУ», e-mail: pdm_li@mail.ru; **Попов А.А.** – аспирант кафедры переработки древесных материалов, ФГБОУ ВО «КНИТУ», e-mail: lnazipova@internet.ru.

UDC 678.031:54-112

OVERVIEW OF BETULIN EXTRACTION METHODS FROM BIRCH BARK

V.V. Gubernatorov, L.R. Nazipova, D.A. Akhmetova, A.A. Popov

The relevance of this work is due to the active development of scientific research in the field of studying the beneficial properties and trace element composition of biologically active substances contained in plant raw materials. The article considered the properties of betulin, the scope of its application in various fields of industry and various methods of extraction from birch bark. The review showed that there are various approaches to betulin extraction methods, such as extraction with various solvents, both polar and non-polar, hydrolysis with the addition of alkali, explosive autohydrolysis with the addition of aliphatic alcohols, extraction in a microwave field, etc. Further scientific research should be aimed at modernizing existing and developing new extraction methods to reduce energy consumption, increase the degree of purity of betulin and increase the efficiency of the extraction process.

Keywords: birch bark, betulin, extraction, methods, solvents.

Refereces

1. Vedernikov D.N., Shabanova N.Yu., Roshchin V.I. [Change in the chemical composition of the bark and bast of the hanging birch (Betulaceae) by the height of the tree] *Himiya rastitel'nogo syr'ya* [Chemistry of plant raw materials] - 2010. - No. 2. - pp. 43-48. (In Russ.).
2. Gizatullina, L. I., I. R. Karimov, R. R. Fakhрутdinov [Extraction of the outer layer of birch bark with the production of betulin] *Problemy i tendencii nauchnyh issledovaniy v sisteme obrazovaniya: sbornik statej Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii* [Problems and trends of scientific research in the education system: collection of articles of the International Scientific and Practical Conference], Tyumen, December 09, 2019. Volume Part 3. 2019. – pp. 104-106 (In Russ.).
3. A.V. Safina, D. R. Abdullina, R. G. [Safin Energy- and resource-saving technology of betulin extraction from birch bark waste] *Lesnoy vestnik* [Forestry Bulletin] – 2021. – Vol. 25. – No. 4. – pp. 99-106. – DOI 10.18698/2542-1468-2021-4-99-106 (In Russ.).
4. Aбышев, А. З. [Investigation of the chemical composition of birch bark extract *Cortex betula sem. Betulaceae*] *Himiko-farmaceuticheskij zhurnal* [Chemico-pharmaceutical journal]. – 2007. – Vol. 41. – No. 8. – pp. 22-26. (In Russ.).
5. Baker, R. G., [inflammation, and metabolic disease *Cell Metabolism*] – 2011. – Vol. 13. – No 1. – P. 11 - 22. – DOI 10.1016/j.cmet.2010.12.008.
6. Method for obtaining betulin: Patent No 2206572 Russian Federation. publ. 20.06.2003. (In Russ.).
7. Method for obtaining betulin: Patent No 2192879 Russian Federation. publ. 20.11.2002. (In Russ.).
8. Method for obtaining betulin: Patent No 2138508 Russian Federation. publ. 27.09.1999. (In Russ.).
9. Method for obtaining betulin: Patent No 2184120 Russian Federation. publ. 27.06.2002. (In Russ.).
10. Method for obtaining betulin: Patent No 2172178 Russian Federation. publ. 20.08.2001. (In Russ.).
11. Method for obtaining betulin: Patent No 2270202 Russian Federation - publ. 20.02.2006 *Byul. No. 5.* - 6 p. (In Russ.).
12. Kuznetsova S.A., Kuznetsov B.N., Veselova O.F. [The study of the composition of hexane extract of birch bark and its toxico-pharmacological properties] *Himiya rastitel'nogo syr'ya* [Chemistry of plant raw materials]. 2008. No. 1. pp. 45-49. (In Russ.).
13. Kuznetsova S.A. [Obtaining betulin diacetate from birch bark and studying its antioxidant activity] *Zhurnal Sibirskogo federal'nogo universiteta* [Journal of the Siberian Federal University] - 2008. - No.2. - pp. 151-165. (In Russ.).
14. Т. В. Хлебникова [Catalytic oxidation of betulin and betulin diacetate using an environmentally friendly oxidizer] *Zhurnal Sibirskogo federal'nogo universiteta* [Journal of the Siberian Federal University], 2008. -277-285 s(In Russ.).

15. V.A. Levdansky, N.I. Polezhaeva, 91 B.N. Kuznetsov [The study of birch bark extraction with hexane, ethiacetate, isopropyl alcohol and water] Himiya rastitel'nogo syr'ya [Chemistry of plant raw materials]. - 2004. – No. 2. – pp. 17-20. (In Russ.).
16. Method for obtaining betulin: Patent No 2683634 Russian Federation, publ. 29.03.2019 (In Russ.).
17. Method for obtaining betulin: Patent No 2767041 Russian Federation. publ. 16.03.2022. (In Russ.).
18. Razumov E.Yu., Baigildeeva E.I., Safina A.V., Safin R.G. Derevoobrabatyvayushchaya promyshlennost' [Woodworking industry] 2022. No. 1. pp. 33-40. (In Russ.).
19. B.N. Kuznetsov, V.A. Levdansky, A.P. Eskin, N.I. Polezhaeva [Isolation of betulin and suberin from birch bark activated under conditions of "explosive autohydrolysis]Himiya rastitel'nogo syr'ya [Chemistry of plant raw materials]. - 1998. – No. 1. – pp. 5-9. (In Russ.).
20. Koptelova, E.N. 18. Koptelova, E.N. Intensification of the betulin extraction process from birch bark using a microwave field Lesnoy zhurnal [Forestry Bulletin] 2013. – No. 5. – pp. 193-201. (In Russ.).

©Gubernatorov V.V. – PhD in Engineering sciences, Senior lecturer of the Department of Architecture and Design of Wood Products, Kazan National Research Technological University (KNRTU), e-mail: valera_gub@mail.ru; Nazipova L.R. – Master's student of the Department of Wood Materials Processing, KNRTU, e-mail:lnazipova@internet.ru; Akhmetova D.A. – PhD in Engineering sciences, Associate Professor of the Department of Wood Materials Processing, KNRTU, e-mail: pdm_li@mail.ru; Popov A.A. – post-graduate student of the Department of Wood Materials Processing, KNRTU, e-mail:lnazipova@internet.ru.

УДК 504.064

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ РИСКОВ ПРОИЗВОДСТВА СПИРТОВОГО ЭКСТРАКТА ИЗ ПОЧЕК БЕРЁЗЫ

А.В. Бахтиярова, С.Р. Мамбетова, А.Е. Михайлова

Экологические аспекты деятельности предприятия требуют принятия экологически ориентированных управленческих решений посредством определения возможных экологических рисков и их оценки. Управление рисками должно носить системный характер на предприятии. В статье рассмотрены экологические риски при производстве спиртового экстракта из почек березы. Идентификация и анализ рисков выполнен с помощью метода HAZID, диаграммы Исикавы и построении дерева отказов.

Ключевые слова: экстракция, риски, метод HAZID, диаграмма Исикавы, дерево отказов.

Введение

Экологический риск – вероятность возникновения отрицательных изменений в окружающей природной среде, или отдалённых неблагоприятных последствий этих изменений, возникающих вследствие отрицательного воздействия на окружающую среду [9].

Экологический риск может быть вызван как чрезвычайными ситуациями природного и антропогенного, техногенного характера, так и повседневными экологическими аспектами деятельности организации. Оценка экологических рисков - выявление и оценка вероятности наступления событий, имеющих неблагоприятные последствия для состояния окружающей среды, здоровья населения, деятельности предприятия и вызванного загрязнением окружающей среды, не выполнением экологических требований, чрезвычайными ситуациями природного и техногенного характера [7].

Оценка экологического риска является интегрированной частью корректирующих исследований и изучения мер, предназначенных для охраны окружающей среды.

Актуальность изучения оценки экологических рисков обусловлена тем, что в настоящее время наибольшее внимание уделяется финансовым рискам. Отсутствие оценок экологических рисков на предприятии в будущем оборачивается значительными убытками при возникновении социальных конфликтов и ликвидационных ситуациях, приводящих к катастрофическим последствиям.