

УДК 630*86:582.632.1

РАЗРАБОТКА ПОДХОДОВ К КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕРАБОТКЕ И УТИЛИЗАЦИИ КОРЫ ОЛЬХИ

© *М.А. Кушнер**, *Т.С. Селиверстова*

*Белорусский государственный технологический университет,
ул. Свердлова, 13а, Минск, 220006 (Республика Беларусь),
e-mail: makushner@yandex.ru*

С целью разработки новых подходов к утилизации древесной коры и выделения более широкого спектра полезных веществ предложена и опробована схема последовательной экстракции коры ольхи черной (*Alnus glutinosa*) промышленной окорки. В результате исследования из коры ольхи выделены и охарактеризованы спектральными методами некоторые экстрактивные вещества – тритерпеноиды (бетулин и др.), диарилгептаноиды и пектиновые вещества, антоцианидиновые красители. Показано, что в состав водно-этанольных экстрактов коры ольхи входят фенольные соединения (флавоноиды, танины, диарилгептаноиды, сапонины). Данные вещества имеют широкую и доказанную биологическую активность и фармакологическую ценность. Экспериментальные данные исследования адсорбционной активности свидетельствуют о том, что кора, подвергнутая последовательной экстракционной обработке с целью получения биологически активных веществ, представляет собой эффективный сорбент, не требующий дополнительной активации. Полученные результаты позволяют приступить к разработке, созданию и внедрению мало- и безотходных технологий, позволяющих максимально и наиболее полно извлекать ценные компоненты коры ольхи, превращая их в полезные продукты, также исключать или уменьшать ущерб, наносимый окружающей среде в результате выбросов отходов производства в воздух, воду и почву.

Ключевые слова: кора ольхи, экстракция, антоцианидины, пектиновые вещества, орегонин, бетулин, рододендрин, танины, сорбенты.

Введение

Строение древесины ольхи черной отличается высокой однородностью, малым количеством сучков и прочих внутренних изъянов, что делает ее ценным сырьем для выработки фанеры. Еще до Великой Отечественной войны все фанерные заводы в БССР работали преимущественно на ольхе. В лесном фонде Беларуси черноольховые леса занимают 694.5 тыс. га, что составляет 8.6% от лесопокрытой площади. Древостой этой породы интенсивно вырубается, начиная со второй половины XIX века [1]. В результате на предприятиях деревообрабатывающей промышленности скапливается кора ольхи в виде отходов, количество которых достигает 15% от перерабатываемой древесины. Как известно, основная масса древесной коры сжигается или вывозится в отвалы, используется для получения почвогрунтов [2] и т.д., хотя, как показывают исследования, такая утилизация крайне нерентабельна, поскольку, например, высокая влажность отходов обуславливает низкую теплоту сгорания. Кроме того, образующиеся продукты сгорания и несгоревшие частицы оказывают негативное влияние на окружающую среду [3].

Важно отметить, что кору ольхи издавна применяли в народной медицине для лечения различных заболеваний благодаря наличию в ней биологически активных соединений. По своему химическому составу кора является уникальным возобновляемым сырьем для получения многих востребованных натуральных продуктов. В древесной коре наряду с полисахаридами и лигнином находятся флавоноиды, красящие и пектиновые вещества, большая группа смолистых веществ.

Анализ литературы показывает, что большинство исследований коры ольхи различных видов преимущественно посвящено выделению какого-то одного, реже двух целевых компонентов, либо

Кушнер Марина Александровна – кандидат химических наук, доцент, e-mail: makushner@yandex.ru

Селиверстова Тамара Семеновна – кандидат химических наук, доцент, e-mail: tamara.tsel@yandex.ru

группы веществ одной природы [4–11].

* Автор, с которым следует вести переписку.

Поиск путей комплексного выделения более широкого спектра полезных веществ с перспективой расширения ассортимента выделяемых биологически активных, красящих и прочих ценных продуктов может являться актуальным направлением исследований в создании новых подходов к утилизации древесной коры.

Экспериментальная часть

В качестве объекта исследования использовалась кора ольхи черной (*Alnus glutinosa*) промышленной окорки, отбор которой осуществлялся из отвалов деревообрабатывающего предприятия «Борисовдрев». Возраст ольхи составлял около 67 лет. Кора в воздушно-сухом состоянии измельчалась на фракции размером до 2 мм.

Проведение экстракции: измельченную кору подвергали экстракции малополярным растворителем гексаном в аппарате Соклета в течение 6 ч. При охлаждении экстракта был получен осадок. После вакуумной отгонки растворителя выделена маслообразная фракция экстрактивных веществ.

Антоцианидиновые красители выделены экстракцией обессмоленной коры спиртовым раствором соляной кислоты (отношение этанол : 34%-ный водный раствор HCl 6 : 1, модуль 1 : 10), упариванием и осаждением водой (выход 22.4%).

Для извлечения пектиновых веществ кору после удаления антоцианидиновых красителей подвергали водной экстракции – гидролизу 1.1%-ным раствором HCl (модуль 1 : 7) при температуре 70–80 °С в течение 2 ч. Полученную смесь отфильтровали и из экстракта продукт осаждали 3-кратным по объему количеством этанола, осадок отделяли от раствора центрифугированием.

Остаток коры после гексановой экстракции для выделения фенольных соединений также подвергали экстрагированию 60%-ным этанолом в аппарате Соклета в течение 3 ч. При этом убыль коры по массе составила 27%. Далее полученный твердый остаток дополнительно подвергали экстракции спиртовым раствором соляной кислоты для выделения антоцианидиновых красителей по описанной выше методике.

ВЭЖХ-анализ осуществлялся с применением высокоэффективного хромато-масс-спектрометра Waters с диодно-матричным спектрофотодетектором PDA 996 и масс-детектором «Micromass ZQ 2000 (Waters, США), колонка «HYPERASIL C18» длиной 250 мм и диаметром 4.6 мм, размер частиц 5 мкм. В качестве подвижной фазы использовали раствор ацетонитрила (А) в 0.1% муравьиной кислоте (Б) при скорости элюирования 1 мл/мин. Элюирование осуществляли в градиентном режиме (0–5 мин А/Б = 20/80; 5–20 мин А/Б = 40/60; 20–40 мин А/Б = 60/40). Объем вводимой пробы – 20 мкл. Тип ионизации – электроспрей ионизация (ESI). Запись масс-спектров производили в режиме регистрации положительных и отрицательных ионов.

Порцию водно-этанольного экстракта упаривали. Остаток (100 мг) растворяли в небольшом количестве этанола и разделяли методом препаративной хроматографии на силикагеле 60 F₂₅₄. В качестве элюента использовали четыреххлористый углерод: этанол – 9 : 1. В результате были выделены 3 основные фракции. Полученные образцы были проанализированы спектральными методами (ИК и ЯМР ¹H). ИК-спектры регистрировали на Фурье-спектрометре Bruker Tenzor 27 («Bruker Optik GmbH», Германия) в таблетках KBr, спектры ЯМР ¹H – на спектрометре Bruker AC-500 (500 МГц, «Bruker», Германия), растворитель DMSO-d₆.

Сорбционную способность образцов оценивали по поглощению метиленового голубого – вещества маркера, используемого для большинства сорбентов [12].

Обсуждение результатов

Нами предложена и опробована схема последовательной экстракции коры ольхи (рис. 1), что позволило выделить комплекс природных веществ – антоцианидиновые красители, пектиновые вещества, пентациклические тритерпеноиды ряда лупана и другие вещества.

Осадок, полученный в результате охлаждения гексанового экстракта, в основном представлен тритерпеноидом ряда лупана бетулином, что подтверждают его T_{пл.} (251 °С) и спектральные характеристики (ИК и УФ), аналогичные литературным данным [13, 14]. Основным компонентом маслообразной фракции в соответствии с полученными нами спектральными характеристиками (рис. 2) является диарилгептаноид орегонин (1,7-ди-(3,4-дигидроксифенил)-3-оксогепт-5-ил-β-D-ксилопиранозид) [15].

Спектральные характеристики и сравнение их с литературными данными [16] позволяют предположить, что в состав антоцианидиновых красителей, выделенных из коры ольхи спиртовым раствором HCl, преимущественно входят дельфинидинхлорид, цианидинхлорид, пеонидинхлорид и пеларгонидинхлорид с максимумами поглощения в видимой области спектра в интервале 465–550 нм.

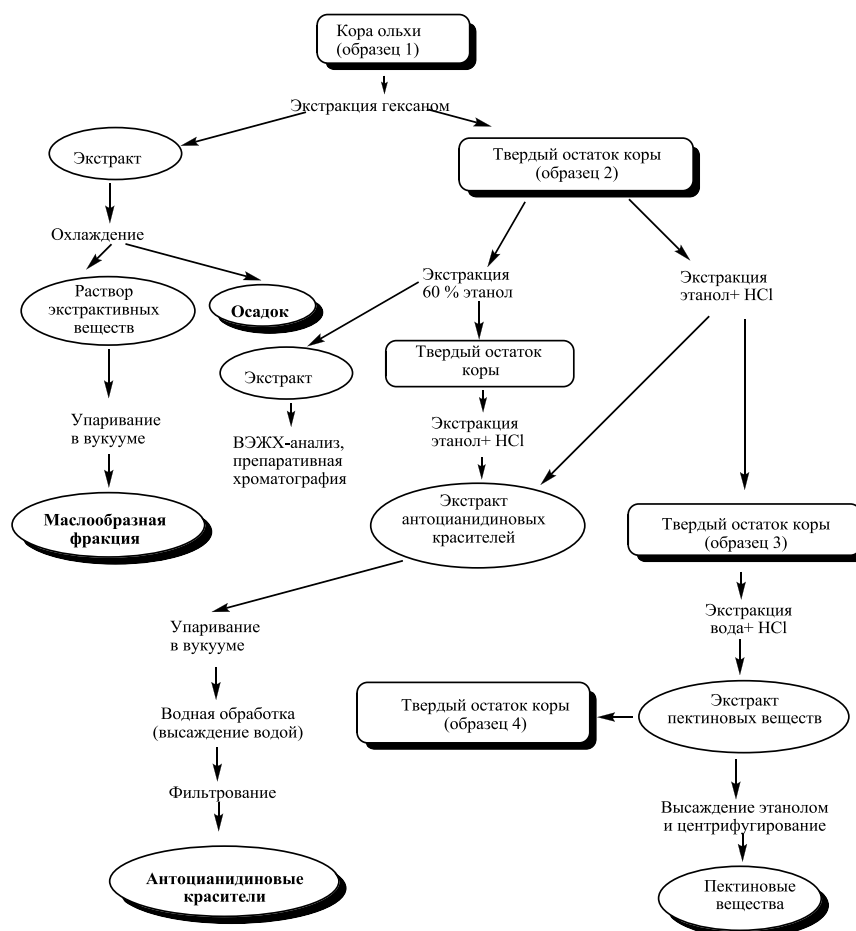


Рис. 1. Схема последовательной экстракции коры ольхи

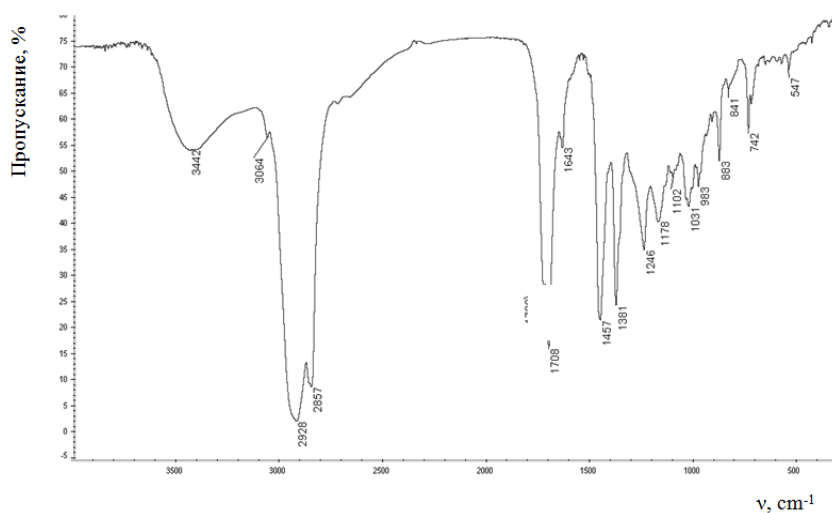
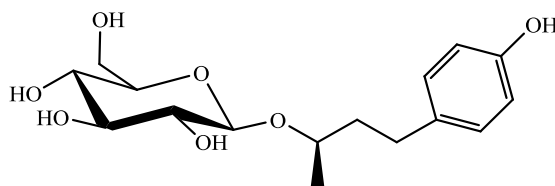


Рис. 2. ИК-спектр орегонина из коры ольхи

Полученные водно-этанольные экстракты принципиально отличаются от экстракта спиртовым раствором соляной кислоты. Так, последний представлял собой преимущественно смесь антоцианидиновых красителей, которые очевидно и представляют собой основной класс флаваноидов коры ольхи. Электронные спектры большинства фракций нейтрального экстракта не имеют полос поглощения в длинноволновой области спектра (>300 нм), характерной для большинства основных групп флавоноидов, вследствие наличия в их молекулах хромофорных групп. Исключение составляют две фракции с временами удержания 4.03 (I) и 21.65 (II) мин, УФ-спектры которых имеют полосы поглощения 310.81 нм (рис. 3) и 324.81 нм (рис. 4) соответственно.

Анализ масс-спектров показал, что основным веществом фракции **I** может являться эпикатехин-3-галлат (m/z 442), а фракции **II** – 3,5-диглюкозид мальвидина (m/z 655). Большинство фракций экстракта в качестве основных компонентов включают полностью или частично этерифицированные галловой кислотой моносахариды – типичные представители гидролизуемых танинов, что согласуется с соответствующими электронными и масс-спектрами (например, галлотанин (m/z 635)). Среди других основных компонентов следует выделить арилгептаноиды орегонин (m/z 478) и гирсутанолол (m/z 480), которые также были выделены препаративной хроматографией. Другая фракция, полученная в результате препаративной хроматографии, вероятно, представляет собой флавоноид катехиновой группы 5,7-диметоксиглабрэн, также не имеющий полос поглощения в длинноволновой области электронного спектра. Содержание данного флавоноида подтверждается данными спектра ЯМР ^1H . Третья фракция содержит в качестве основного компонента соединение ряда сапонинов – сапониндиглюкозид (m/z 738, ИК, см^{-1} : 3433, 2924, 1621). Среди соединений минорного содержания, на наш взгляд, заслуживает внимания (1R)-3-(4-гидроксифенил)-1-метилпропил- β -D-глюкопиранозид – рододендрин (m/z 328):



ИК представлен на рисунке 5.

В спектре ^1H ЯМР присутствуют сигналы протонов углеводной компоненты (δ от 3.3 м.д. до 3.8 м.д., 5.1 м.д. – C_1H), ароматических протонов *n*-замещенного бензольного цикла (*o*-CH – δ 7.12 м.д., *m*-CH – δ 7.12 м.д.), δ 5.51 м.д. – фенольный H, алифатические протоны: δ 1.21 м.д. – протоны метильной группы, протоны метиленовых групп – δ 1.8 м.д., 2.5 м.д., метиновый протон – δ 3.01 м.д.

Водные растворы выделенных пектиновых веществ имеют кислую среду по лакмусу (pH 4–6), на вкус кисло-сладкие. ИК-спектр пектиновых веществ коры ольхи (рис. 6) аналогичен ИК-спектрам пектинов, выделенных из различных видов растительного сырья [17–22].

Благодаря наличию пор у коры высокая удельную поверхность, на которой имеются различные полярные кислородсодержащие функциональные группы – гидроксильные (фенольные и спиртовые), карбонильные, карбоксильные, эфирные и др. Благодаря такому строению кора способна адсорбировать как вещества неполярные, так и полярные, ионные соединения. Очевидно, что в результате извлечения экстрактивных веществ из древесной коры происходит раскрытие ее пористой структуры. Поэтому после проведения последовательной экстракции коры ольхи различными растворителями, позволившей выделить комплекс природных биологически активных веществ, нами исследована возможность использования коры для выявления перспектив ее использования в качестве сорбента растительного происхождения. Результаты исследования адсорбционной активности представлены в таблице.

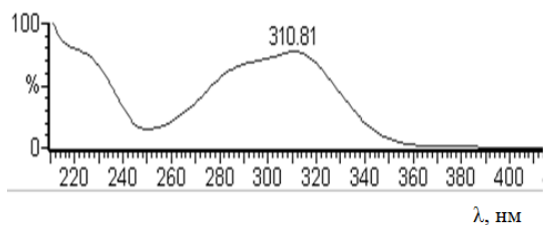


Рис. 3. УФ-спектр фракции **I**

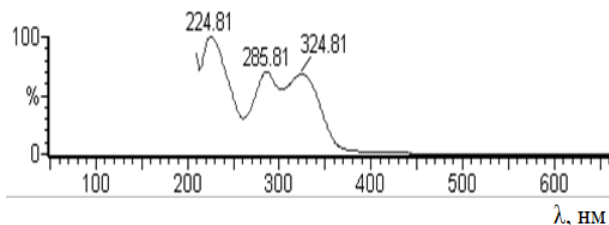


Рис. 4. УФ-спектр фракции **II**

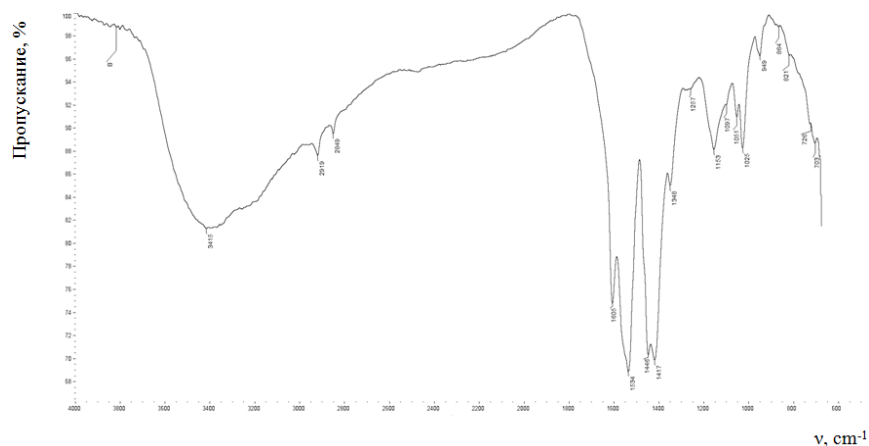


Рис. 5. ИК-спектр рододендрина из коры ольхи

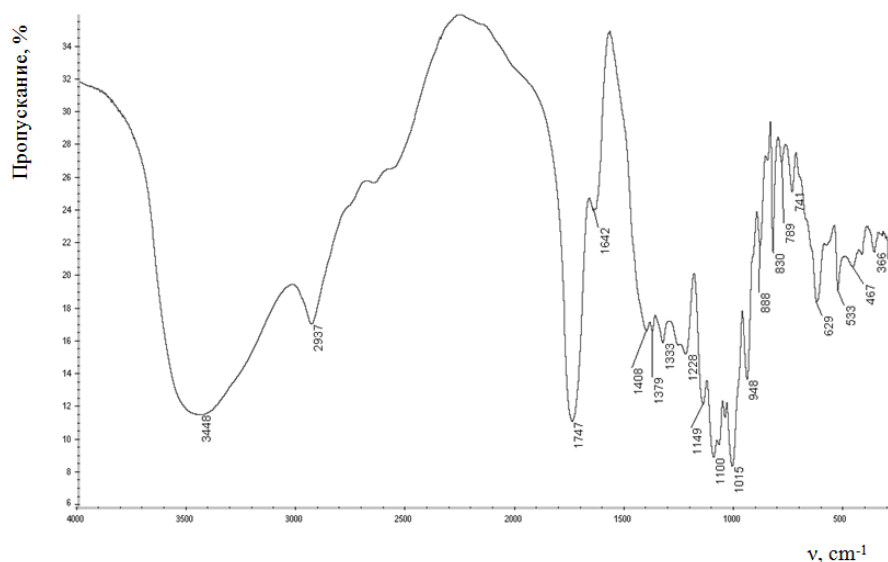


Рис. 6. ИК-спектр пектиновых веществ из коры ольхи

Экспериментальные данные показали, что удаление экстрагируемых гексаном веществ, находящихся в порах коры (образец 2), способствует формированию развитой пористой структуры в твердом остатке, о чем свидетельствует значительное повышение адсорбционной активности. Последующая экстракция полярными растворителями приводит к некоторому снижению адсорбционной активности (образец 3), что обусловлено снижением количества поверхностных полярных функциональных групп, поскольку при данной экстракционной обработке удаляются вещества фенольной природы. Извлечение пектиновых веществ из образца 3 приводит к значительному снижению адсорбционной активности (образец 4), что вполне объяснимо удалением с пористой поверхности сорбента большого количества карбоксильных групп. В пользу такой интерпретации свидетельствует работа [13], в которой показано, что добавка к лигнину пектиновых веществ значительно увеличивает адсорбционную способность сорбента. Следует отметить, что сорбционная активность образца 3 сопоставима с таковой для широко известного сорбента полифепана, получаемого модификацией лигнина (~50 мг/г).

Адсорбционная активность образцов коры ольхи, мг/г

Образец №			
1	2	3	4
55–59	79–83	60–63	36–40

Выводы

Таким образом, в результате исследования из коры ольхи *Alnus glutinosa* выделены и охарактеризованы спектральными методами некоторые экстрактивные вещества – тритерпеноиды (бетулин), диарилгептаноиды, пектиновые вещества, антоцианидиновые красители. Показано, что в состав водно-этанольных экстрактов коры ольхи входят фенольные соединения (флавоноиды), танины, диарилгептаноиды, сапонины. Данные вещества имеют широкую и доказанную биологическую активность и фармакологическую ценность. Кроме того, можно сделать вывод, что кора, подвергнутая последовательной экстракционной обработке с целью получения биологически активных веществ, представляет собой эффективный сорбент, не требующий дополнительной активации.

Полученные результаты позволяют приступить к разработке, созданию и внедрению мало- и безотходных технологий, позволяющих максимально и наиболее полно извлекать ценные компоненты коры ольхи, превращая их в полезные продукты, также исключать или уменьшать ущерб, наносимый окружающей среде в результате выбросов отходов производства в воздух, воду и почву.

Список литературы

1. Русаленко А.И. Возобновление леса в черноольшаниках Беларуси // Труды БГТУ. Лесное хозяйство. 2014. №1. С. 167–170.
2. Девятловская А.Н. Использование древесной коры в качестве тепличного грунта // Вестник КрасГАУ. 2010. №2. С. 25–27.
3. Ковернинский И.Н., Комаров В.И., Третьяков С.И. и др. Комплексная химическая переработка древесины. Архангельск: Изд-во Арханг. гос. техн. ун-та, 2002. 347 с.
4. Ren X., He T., Chang Y., Zhao Y., Chen X., Bai S., Wang L., Shen M., She G.. The Genus *Alnus*, A Comprehensive Outline of Its Chemical Constituents and Biological Activities // Molecules. 2017. Vol. 22. N8. P. 1383. DOI: 10.3390/molecules22081383.
5. Novaković M., Stanković M., Vučković I., Todorović N., Trifunović S., Tešević V., Vajs V., Milosavljević S. Diarylheptanoids from *Alnus glutinosa* bark and their chemoprotective effect on human lymphocytes DNA // Planta Medica. 2013. Vol. 79. N6. Pp. 499–505. DOI: 10.1055/s-0032-1328301.
6. Vidaković V., Novaković M., Popović Z., Janković M., Matić R., Tešević V., Bojović S. Significance of diarylheptanoids for chemotaxonomical distinguishing between *Alnus glutinosa* and *Alnus incana* // Holzforschung. 2018. Vol. 72. N1. Pp. 9–16. DOI: 10.1515/hf-2017-0074.
7. Klarić M., Gorišek P., Španić N., Pervan S. Extracting alder wood & bark. Yield of Stirred Cold Maceration and Extraction of Milled European Black Alder Wood and Bark using Different Solvents // BioResources. 2016. Vol. 11. N4. Pp. 9244–9254. DOI: 10.15376/biores.11.4.9244-9254.
8. Min-Won L., Myung-Shin P., Dong-Wook J., Kwang-Ho K., Ha-Hyung K., Sang-Hak T. Diarylheptanoids from the leaves of *Alnus hirsuta* Turcz // Arch. Pharm. Res. 2000. Vol. 23. N1. Pp. 50–53.
9. Klarić M., Pervan S. Biošić M. Influence of Lyophilisation and Oven-Drying on Extraction Yield of Oregonin from European Black Alder (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.) Bark // Drvna industrija. 2017. Vol. 68. N3. Pp. 205–210. DOI: 10.5552/drind.2017.1649.
10. Ha-Na C., Seo-Woo J., Hye-Young J., Sun-Eun C. Oregonin from the barks and xylems of Chinese *Alnus* species // J. Chem. Pharm. Res. 2016. Vol. 8. N3. Pp. 295–298.
11. Jong-Suep B., Hee-Chul K., Chang-Gu K., Ji-Ho L., Chan-Ju H., Young-Guk N., Tung N.H., Young-Ho K., Cheong-Weon C. Quantitative Analysis and Preformulation of Extracts from *Alnus Japonica* // Journal of Pharmaceutical Investigation. 2011. Vol. 41. N4. Pp. 227–232.
12. Решетников В.И. Оценка адсорбционной способности энтеросорбентов и их лекарственных форм // Химико-фармацевтический журнал. 2003. Т. 37. №5. С. 28–32.
13. 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.
14. Bicovens O., Rose L., Pranovich A., Reunanen M., Telysheva G. Chemical composition of lipophilic extractives from grey alder (*Alnus Incana*) // BioResources. 2013. Vol. 8. N1. Pp 350–357. DOI: 10.15376/biores.8.1.350-357.
15. Yadav D., Gupta M.M. Simultaneous Quantification of Diarylheptanoids in *Alnus nepalensis* Using a Validated HPTLC Method // Journal of Chromatographic Science. 2013. Pp. 1–6. DOI: 10.1093/chromsci/bmt115.
16. Левданский В.А., Бутылкина А.И., Кузнецов Б.Н. Выделение и изучение состава антоцианидинов коры ливенницы // Химия растительного сырья. 2006. №4. С. 17–20.
17. Михеева Л.А., Тры А.В. Выделение пектина из растительного сырья и изучение его некоторых химических свойств // Вестник ВГУ. 2013. №2. С. 53–55.
18. Филиппов М.П. Инфракрасные спектры пектиновых веществ. Кишинев, 1978. 76 с.
19. Минзанова С.Т., Миронов В.Ф., Коновалов А.И. и др. Пектины из нетрадиционных источников: технология, структура, свойства и биологическая активность. Казань, 2011. 224 с.

20. Филиппов М.П., Школенко Г.А. Пектиновые вещества из плодов // Пищевая промышленность. 1988. №8. С. 45–46.
21. Филиппов М.П. ИК-спектроскопическое определение карбоксильных групп в пектиновых веществах // Журнал аналитической химии. 1973. Т. 28, вып. 5. С. 1030–1031.
22. Хатко З.Н. Инфракрасные спектры свекловичного пектина // Новые технологии. 2008. Вып. 5. С. 1–7.

Поступила в редакцию 2 октября 2019 г.

После переработки 28 февраля 2020 г.

Принята к публикации 24 марта 2020 г.

Для цитирования: Кушнер М.А., Селиверстова Т.С. Разработка подходов к комплексной переработке и утилизации коры ольхи // Химия растительного сырья. 2020. №3. С. 171–178. DOI: 10.14258/jcrpm.2020036548.

*Kushner M.A.**, *Seliverstova T.S.* THE DEVELOPMENT OF APPROACHES FOR INTEGRATED PROCESSING AND UTILIZATION OF ALDER BARK

*Belarusian State Technological University, ul. Sverdlova, 13a, Minsk, 220006 (Republic of Belarus),
e-mail: makushner@yandex.ru*

With the aim of developing new approaches to the utilization of bark and the provision of more broad-spectrum of nutrients suggested and tested scheme of sequential extraction of the bark of black alder (*Alnus glutinosa*) industrial debarking. The study from the bark of the alder isolated and characterized by spectral and some extractive substances – triterpenoids (betulin, etc.), diarylheptanoid and pectin, anthocyanidin dyes. It is shown that the composition of water-ethanol extracts of alder bark includes phenolic compounds (flavonoids), tannins, diarylheptanoids, saponins. These substances have broad and proven biological activity and pharmacological value. Experimental data of the study of adsorption activity indicate that the bark subjected to successive extraction treatment to obtain biologically active substances is an effective sorbent that does not require additional activation. The results allow us to begin the development, creation and implementation of low-and waste-free technologies that allow the maximum and most fully extract valuable components of alder bark, turning them into useful products, also to eliminate or reduce the damage caused to the environment as a result of emissions of industrial waste into the air, water and soil.

Keywords: alder bark, extraction, anthocyanidins, pectin substances, oregonin, betulin, rododendrin, tannins, sorbents.

* Corresponding author.

References

1. Rusalenko A.I. *Trudy BGTU. Lesnoye khozyaystvo*, 2014, no. 1. pp. 167–170. (in Russ.).
2. Devyatlovskaya A.N. *Vestnik KrasGAU*, 2010, no. 2, pp. 25–27. (in Russ.).
3. Koverninskiy I.N., Komarov V.I., Tret'yakov S.I. i dr. *Kompleksnaya khimicheskaya pererabotka drevesiny*. [Complex chemical processing of wood]. Arkhangel'sk, 2002, 347 p. (in Russ.).
4. Ren X., He T., Chang Y., Zhao Y., Chen X., Bai S., Wang L., Shen M., She G. *Molecules*, 2017, vol. 22, no. 8, p. 1383. DOI: 10.3390/molecules22081383.
5. Novaković M., Stanković M., Vučković I., Todorović N., Trifunović S., Tešević V., Vajs V., Milosavljević S. *Planta Medica*, 2013, vol. 79, no. 6, pp. 499–505. DOI: 10.1055/s-0032-1328301.
6. Vidaković V., Novaković M., Popović Z., Janković M., Matic R., Tešević V., Bojović S. *Holzforschung*, 2018, vol. 72, no. 1, pp. 9–16. DOI: 10.1515/hf-2017-0074.
7. Klarić M., Gorišek P., Španić N., Pervan S. *BioResources*, 2016, vol. 11, no. 4, pp. 9244–9254. DOI: 10.15376/biores.11.4.9244-9254.
8. Min-Won L., Myung-Shin P., Dong-Wook J., Kwang-Ho K., Ha-Hyung K., Sang-Hak T. *Arch. Pharm. Res.*, 2000, vol. 23, no. 1, pp. 50–53.
9. Klarić M., Pervan S. Biošić M. *Dryna industrija*, 2017, vol. 68, no. 3, pp. 205–210. DOI: 10.5552/drind.2017.1649.
10. Ha-Na C., Seo-Woo J., Hye-Young J., Sun-Eun C. *J. Chem. Pharm. Res.*, 2016, vol. 8, no. 3, pp. 295–298.
11. Jong-Suep B., Hee-Chul K., Chang-Gu K., Ji-Ho L., Chan-Ju H., Young-Guk N., Tung N.H., Young-Ho K., Cheong-Weon C. *Journal of Pharmaceutical Investigation*, 2011, vol. 41, no. 4, pp. 227–232.
12. Reshetnikov V.I. *Khimiko-farmatsevticheskiy zhurnal*, 2003, vol. 37, no. 5, pp. 28–32. (in Russ.).
13. Kuznetsov B.N., Levdanskiy V.A., Yes'kin A.P., Polezhayeva N.I. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 1998, no. 1, pp. 5–9. (in Russ.).
14. Bicovens O., Rose L., Pranovich A., Reunanen M., Telysheva G. *BioResources*, 2013, vol. 8, no. 1, pp. 350–357. DOI: 10.15376/biores.8.1.350-357.
15. Yadav D., Gupta M.M. *Journal of Chromatographic Science*, 2013, pp. 1–6. DOI: 10.1093/chromsci/bmt115.
16. Levdanskiy V.A., Butylkina A.I., Kuznetsov B.N. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2006, no. 4, pp. 17–20. (in Russ.).
17. Mikheyeva L.A., Try A.V. *Vestnik VGU*, 2013, no. 2, pp. 53–55. (in Russ.).
18. Filippov M.P. *Infrakrasnyye spektry pektinovykh veshchestv*. [Infrared spectra of pectin substances]. Kishinev, 1978, 76 p. (in Russ.).
19. Minzanova S.T., Mironov V.F., Kononov A.I. i dr. *Pektiny iz netraditsionnykh istochnikov: tekhnologiya, struktura, svoystva i biologicheskaya aktivnost'*. [Pectins from non-traditional sources: technology, structure, properties and biological activity]. Kazan', 2011, 224 p. (in Russ.).
20. Filippov M.P., Shkolenko G.A. *Pishchevaya promyshlennost'*, 1988, no. 8, pp. 45–46. (in Russ.).
21. Filippov M.P. *Zhurnal analiticheskoy khimii*, 1973, vol. 28, no. 5, pp. 1030–1031. (in Russ.).
22. Khatko Z.N. *Novyye tekhnologii*, 2008, no. 5, pp. 1–7. (in Russ.).

Received October 2, 2019

Revised February 28, 2020

Accepted March 24, 2020

For citing: Kushner M.A., Seliverstova T.S. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2020, no. 3, pp. 171–178. (in Russ.). DOI: 10.14258/jcprm.2020036548.