

УДК 662.638

DOI: 10.18698/2542-1468-2017-1-84-87

## ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БЕТУЛИНСОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ ОКОРКИ ДРЕВЕСИНЫ В КАЧЕСТВЕ КОМПЛЕКСНОГО СОРБЕНТА

Г.Н. Кононов<sup>1</sup>, А.В. Кудряшов<sup>1</sup>, А.Н. Веревкин<sup>1</sup>, Ю.В. Сердюкова<sup>1</sup>, К.Л. Косарев<sup>2</sup>

<sup>1</sup> МГТУ им. Н.Э. Баумана (Мытищинский филиал), 141005, Московская область, г. Мытищи, ул. 1-я Институтская, д. 1

<sup>2</sup> ООО «Биовет-фермент», 117570, г. Москва, ул. Днепропетровская, 18 Б

verevkin@mgul.ac.ru

В процессе переработки на целлюлозно-бумажных и деревообрабатывающих предприятиях образуется большое количество березовой коры. Содержание коры составляет примерно 12,5 % массы древесины. По анатомическому строению березовая кора разделяется на две зоны: внутренний слой, непосредственно примыкающий к камбию, состоящий в основном из ситовидных элементов (луб), и наружный слой, выполняющий защитную функцию (береста). Внутренний и наружный слои коры, имеющие различное функциональное назначение и строение, существенно отличаются друг от друга и по химическому составу. Эти слои значительно различаются количественным содержанием углеводной части, представляющей собой комплекс полисахаридов (целлюлоза, гексозаны, пентозаны), а также ароматической части (лигнин). Наиболее богат экстрактивными веществами наружный слой коры — береста, в экстрактах которой преобладают пентациклические тритерпеноиды ряда лупана и β-амирина; их смесь называется бетулином, а основным компонентом является бетулинол. Березовая кора содержит смесь сложных полиэфиров, содержащих высокомолекулярные жирные кислоты и гидроксикислоты, называемую суберином. Бетулин и его производные проявляют широкий спектр биологической активности. Суберин и протолигнин вследствие полифункциональности и развитой поверхности обладают хемосорбционными свойствами, а резервные питательные вещества, которые накапливаются в лубе в виде низкомолекулярных сахаров, белков и жиров, представляют интерес как источник питательных веществ. В работе рассмотрены анатомические особенности строения коры березы. Выработаны предложения по использованию коры березы в качестве основы биологически активного комплексного сорбента широкого спектра действия, в котором активным компонентом будут выступать бетулин и протолигнин.

**Ключевые слова:** кора березы, бетулин, суберин, протолигнин, сорбент

**Ссылка для цитирования:** Перспективы использования бетулинсодержащих отходов окорки древесины в качестве комплексного сорбента / Кононов Г.Н., Кудряшов А.В., Веревкин А.Н., Сердюкова Ю.В., Косарев К.Л. // Лесной вестник / Forestry Bulletin, 2017. Т. 21. № 1. С. 84–87. DOI: 10.18698/2542-1468-2017-1-84-87

Береза — одно из наиболее распространенных древесных растений в лесах Сибири и европейской части России [1]. В процессе переработки на целлюлозно-бумажных и деревообрабатывающих предприятиях образуется большое количество березовой коры. Содержание коры составляет примерно 12,5 % массы древесины [2].

По анатомическому строению березовая кора разделяется на две зоны (рис. 1): внутренний слой (луб) и корковый камбий. Внутренний слой (луб) непосредственно примыкает к камбию и состоит в основном из ситовидных элементов (проводящая флоэма), выполняющих проводящую функцию воды и питательных веществ от кроны дерева к его корневой системе, и каменистых клеток (непроводящая флоэма), выполняющих механическую функцию. Корковый камбий продуцирует клетки как непроводящей флоэмы, так и наружного слоя коры (бересты) [3, 4].

Береста представляет собой продукт деятельности пробкового камбия. В ней, как и в древесине, наблюдается чередование годичных слоев. Весной пробковый камбий отделяют правильные ряды тонкостенных четырехугольных, широкополостных клеток (4–6 рядов), наполненных мелкозернистым содержимым белого цвета (бетулин); летом же откладывается 2 ряда тол-

стостенных клеток, сильно сплюснутых радиально и практически не имеющих полостей (см. рис. 1). Разрыв между полосками бересты всегда происходит по границе годичного слоя, причем внутренние ряды тонкостенных клеток разрываются и из них высыпается белый кристаллический порошок бетулина (рис. 2) [5].

Внутренний и наружный слои коры имеют различное строение и функциональное назначение. Они отличаются друг от друга и по составу. У них различное количественное содержание холоцеллюлозы — углеводной части коры, представляющей собой комплекс полисахаридов (целлюлоза, гексозаны, пентозаны), а также лигнина — ароматической части коры, состоящей из смеси ароматических высокомолекулярных соединений родственного строения [6].

Наиболее богат экстрактивными веществами наружный слой коры — береста, в экстрактах которой преобладают пентациклические тритерпеноиды ряда лупана и β-амирина, смесь которых называется бетулином, а основным компонентом является бетулинол [7, 8]. В состав березовой коры также входит суберин — смесь сложных полиэфиров, содержащих высокомолекулярные жирные кислоты и гидроксикислоты. Содержание суберина в бересте коры березы составляет

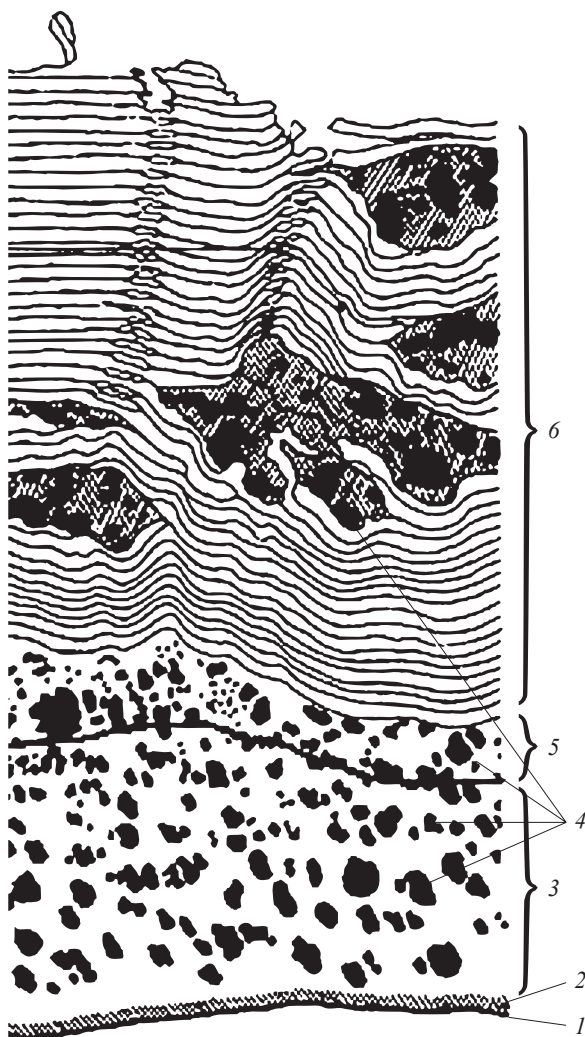


Рис.1. Поперечный разрез коры березы: 1 — камбий; 2 — проводящая флоэма; 3 — непроводящая флоэма; 4 — каменистые клетки; 5 — пробковый камбий; 6 — годовичные слои бересты [4]

Fig. 1. Cross section of birch bark: 1 — a cambium, 2 — a conductive floema, 3 — a nonconductive floema, 4 — stony cages, 5 — pith cambium, 6 — annual layers of birch bark [4]

от 20 до 30 %. Суберин локализуется преимущественно в каменистых клетках коры березы. В связи с тем что выделить его в чистом виде из ткани коры без разрушения указанных полиэфиров не представляется возможным, часто суберином называют соли кислот, образующиеся при его выделении спиртовыми растворами щелочей. С «химической» точки зрения это совершенно разные вещества: суберин — полиэфир (полиэстолид), а кислоты (или их соли) — смесь элементарных компонентов, из которых построен полиэфир суберин. Поэтому кислоты, получаемые при омылении суберина, более корректно называть субериновыми кислотами, а не суберином [7].

Бетулин и его производные проявляют широкий спектр биологической активности (противо-

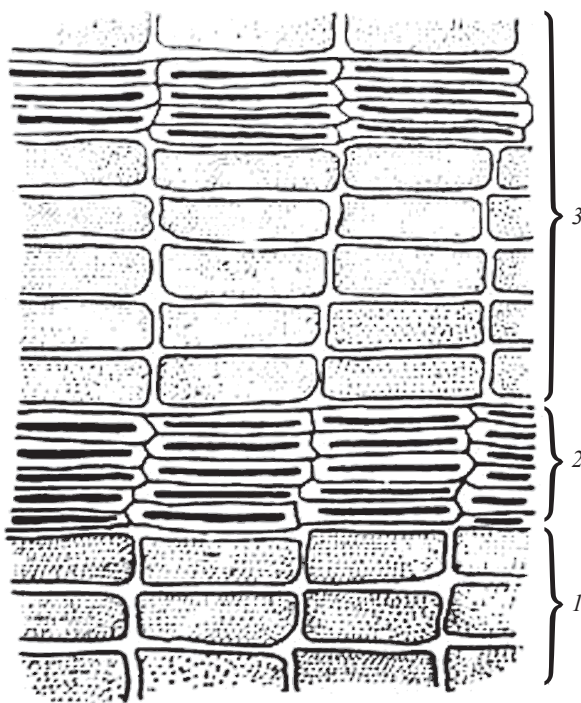


Рис. 2. Поперечный разрез наружного слоя коры березы — бересты: 1 — тонкостенные клетки, содержащие бетулин; 2 — толстостенные клетки; 3 — годичный слой бересты [5]

Fig. 2. A cross section of the skin of birch bark: 1 — the thin-walled cells containing betulin, 2 — thick-walled cells, 3 — annual layer of birch bark [5]

вирусную, противоязвенную, противоопухолевую, капилляроукрепляющую и т. д.). Суберин и протолигнин вследствие полифункциональности и развитой поверхности обладают хемосорбционными свойствами, а резервные питательные вещества, которые накапливаются в лубе в виде низкомолекулярных сахаров, белков и жиров, представляют интерес как источник питательных веществ. Химический состав коры березы представлен в таблице.

По мнению авторов, кора березы, с ее естественным компонентным составом и при условии дополнительной механохимической активации, может быть с успехом применена в качестве основы биологически активного комплексного сорбента.

Отделение луба от бересты технологически осуществимо, что делает возможным как совместную, так и отдельную переработку частей коры с получением ряда ценных продуктов [10].

Проводились исследования по разработке комплексного сорбента с использованием бетулина в качестве активного компонента для использования его в качестве кормовой добавки для сельскохозяйственных животных. В 2014 г. был проведен ряд сертификационных испытаний, необходимых для последующей регистра-

Т а б л и ц а

**Химический состав коры березы (% от массы исходного сухого сырья) [9]**  
**The chemical composition of the birch bark (% by weight of dry original crude materials) [9]**

№	Компонентный состав	Состав коры березы	
		Береста	Кора без бересты
1	Целлюлоза	1,17	20,47
2	Гексозаны	2,16	25,98
3	Пентозаны (без уроновых кислот)	2,72	21,52
4	Лигнин	10,87	25,50
5	Уроновые кислоты	0,32	8,25
6	Суберин	39,48	—
7	Азотсодержащие вещества (в пересчете на белок N x 6,25)	2,62	4,00
8	Вещества, экстрагируемые водой при 20 °С	1,42	4,70
9	Вещества, экстрагируемые этанолом	32,28	2,13
10	Зольные вещества	0,26	1,09

ции разработанной кормовой добавки на территории России. В их число, согласно регламенту Россельхознадзора России, вошли следующие испытания: токсикологические, кормовые, испытания на стабильность состава.

Результаты исследований говорят о положительном влиянии кормовой добавки на продуктивность и биологическую активность сельскохозяйственных животных, без отрицательного влияния на биохимические показатели крови и иммунный статус организма. Введение полученной кормовой добавки обеспечивает хорошую усвояемость питательных веществ корма и повышение содержания общего белка и его фракций, а также увеличивает содержание гемоглобина в крови.

По результатам успешных сертификационных испытаний продукт проходит регистрацию в Россельхознадзоре.

### Список литературы

[1] Черняева Г.Н., Долгодворова С.Я., Бондаренко С.М. Экстрактивные вещества березы. Красноярск: Институт леса и древесины АН СССР, 1986. 123 с.

- [2] Веселов А.А. Использование древесных отходов фанерного и спичечного производств. М.: Лесная промышленность, 1987. 160 с.
- [3] Кононов Г.Н. Химия древесины и ее основных компонентов: учеб. пособие для студентов специальностей 260200, 260300. М.: МГУЛ, 2002. 259 с.
- [4] Коровин В.В. Структурные особенности коры березы пушистой (*Betula pubescens* Ehrh.) // Научные доклады высшей школы. Биологические науки, 1970. № 11. С. 55–60.
- [5] Перельгин Л.М. Строение древесины. М.: АН СССР, 1954. 200 с.
- [6] Азаров В.И., Буров А.В., Оболенская А.В. Химия древесины и синтетических полимеров: учебник для вузов. СПб.: СПбГЛТА, 1999. 628 с.
- [7] Кислицын А.Н. Экстрактивные вещества бересты: выделение, состав, применение. Обзор // Химия древесины, 1994. № 3. С. 3–28.
- [8] Оболенская А.В., Ельницкая З.П., Леонович А.А. Лабораторные работы по химии древесины и целлюлозы: учеб. пособие для вузов. М.: Экология, 1991. 320 с.
- [9] Шарков В.И. Количественный химический анализ растительного сырья. М.: Лесная промышленность, 1976. 72 с.
- [10] Воскресенский В.Е. Обоснование эффективной технологии и параметров оборудования для разделения березовой коры на компоненты. Дис. ... д-ра техн. наук: 05.21.05. СПб., 1998. 351 с.

### Сведения об авторах

**Кононов Георгий Николаевич** — канд. техн. наук, доцент кафедры химии МГТУ им. Н.Э. Баумана, чл.-корр. РАЕН, ученый секретарь секции «Химия и химическая технология древесины» РХО им. Д.И. Менделеева, e-mail: verevkin@mgul.ac.ru

**Кудряшов Антон Владимирович** — аспирант МГТУ им. Н.Э. Баумана, e-mail: verevkin@mgul.ac.ru

**Веревкин Алексей Николаевич** — канд. хим. наук, доцент кафедры химии МГТУ им. Н.Э. Баумана, e-mail: verevkin@mgul.ac.ru

**Сердюкова Юлия Владимировна** — доцент кафедры химии МГТУ им. Н.Э. Баумана, e-mail: verevkin@mgul.ac.ru

**Косарев Константин Леонидович** — канд. техн. наук, инженер-технолог ООО «Биовет-фермент», e-mail: verevkin@mgul.ac.ru

Статья поступила в редакцию 17.11.2016 г.



## PPROSPECTS OF USING THE BETULIN CONTAINING WOOD DEBARKING WASTE AS A COMPLEX SORBENT

G.N. Kononov <sup>1</sup>, A.V. Kudryashov <sup>1</sup>, A.N. Verevkin <sup>1</sup>, Yu.V. Serdyukova <sup>1</sup>, K.L. Kosarev <sup>2</sup>

<sup>1</sup> BMSTU (Mytishchi branch), 1 st. Institutskaya, 141005, Mytishchi, Moscow reg., Russia

<sup>2</sup> ООО «Biovet-ferment», st. Dnepropetrovskaya, 18 B, Moscow, 117570, Russia

verevkin@mgul.ac.ru

During the recycling process all pulp, paper-making and wood-processing enterprises produce enormous amount of birch bark. Bark content is about 12.5 % by weight of the wood. As far as its anatomical structure is concerned, birch bark is divided into two zones: the inner layer (bast), directly adjoining the cambium and mainly consisting of sieve elements, and the outer layer, performing the protective function (birch bark). The inner and outer layers of birch bark, which have distinctive functional purpose and structure, differ significantly from each other in chemical composition. These layers are significantly different in quantitative content of the carbohydrate part, containing complex polysaccharides (cellulose, hexosans, pentosans), and that of the aromatic part (lignin). It is also important to note that the outer layer of birch bark is the most rich one in extraneous substances which are found in the extracts with dominating pentacyclic triterpenoids of a variety of lupane and  $\beta$ -amyrin, this mixture being called betulin with the main component that is betulinol. In addition, birch bark contains a mixture of polyester resins, including the high molecular fatty acids and hydroxyacids, this mixture being called suberin. Betulin and its derivatives exhibit a broad spectrum of biological activity. Suberin and protolignin due to their multi-functionality and well-developed surface possess chemisorption properties, and reserved nutrients that accumulate in the phloem in the form of low molecular weight sugars, proteins and fats, are of great interest as a source of nutrients. In this paper the anatomical features of the birch bark structure have been discussed, and a lot of research has been carried out; the above research can result in suggesting the use of birch bark as the basis of a biologically active complex sorbent with a broad operational range in which the active component will be betulin and protolignin.

**Keywords:** birch bark, betulin, suberin, protolignin, sorbent

**Suggested citation:** Kononov G.N., Kudryashov A.V., Verevkin A.N., Serdyukova Yu.V., Kosarev K.L. *Perspektivy ispol'zovaniya betulinsoderzhashchikh otkhodov okorki drevesiny v kachestve kompleksnogo sorbenta* [Prospects of using the betulin containing wood debarking waste as a complex sorbent]. *Lesnoy vestnik / Forestry Bulletin*, 2017, v. 21, № 1, pp. 84–87. DOI: 10.18698/2542-1468-2017-1-84-87

### References

- [1] Chernyaeva G.N., Dolgodvorova S.Ya., Bondarenko S.M. *Ekstraktivnye veshchestva berezy* [Birch extractives]. Krasnoyarsk: Institute of forest and wood AS USSR Publ., 1986, 123 p. (in Russian)
- [2] Veselov A.A. *Ispol'zovanie drevesnykh otkhodov fanernogo i spichechnogo proizvodstv* [The use of wood waste of plywood and match industries]. Moscow: Forest industry Publ., 1987, 160 p. (in Russian)
- [3] Kononov G.N. *Khimiya drevesiny i ee osnovnykh komponentov: Uchebnoe posobie dlya studentov spetsial'nostey 260200, 260300* [Wood chemistry and its main components: a textbook for students majoring in 260200, 260300]. Moscow: MSFU Publ., 2002, 259 p. (in Russian)
- [4] Korovin V.V. *Strukturnye osobennosti kory berezy pushistoy* (*Betula pubescens* Ehrh.) [Structural features of the bark birch (*Betula pubescens* Ehrh.)]. *Nauchnye doklady vysshey shkoly. Biologicheskie nauki* [Scientific reports of high school. Biological sciences.], 1970, no. 11, pp. 55–60. (in Russian)
- [5] Pereygin L.M. *Stroenie drevesiny* [Wood structure]. Moscow: AS USSR Publ., 1954, 200 p. (in Russian)
- [6] Azarov V.I., Burov A.V., Obolenskaya A.V. *Khimiya drevesiny i sinteticheskikh polimerov* [Chemistry of wood and synthetic polymers]. St. Petersburg: SPbFTA Publ., 1999, 628 p. (in Russian)
- [7] Kislitsyn A.N. *Ekstraktivnye veshchestva berezy: vydelenie, sostav, primenenie. Obzor* [Birch bark extractives: isolation, structure and application. Overview] *Khimiya drevesiny*. [Wood chemistry], 1994, no. 3, pp. 3-28. (in Russian)
- [8] Obolenskaya A.V., El'nitskaya Z.P., Leonovich A.A. *Laboratornye raboty po khimii drevesiny i tsellyulozy* [Laboratory works on chemistry of wood and cellulose] Moscow: Ecology Publ., 1991, 320 p. (in Russian)
- [9] Sharkov V.I. *Kolichestvennyy khimicheskiy analiz rastitel'nogo syr'ya* [Quantitative chemical analysis of plant raw materials] Moscow, Forest industry Publ., 1976, 72 p. (in Russian)
- [10] Voskresenskiy V.E. *Obosnovanie effektivnoy tekhnologii i parametrov oborudovaniya dlya razdeleniya berezovoy kory na komponenty* Diss. dokt. tekhn. nauk [Justification efficient technology and equipment parameters for the separation of components on a birch bark. Dr. tech. sci. diss.] St.-Petersburg, 1998, 351 p. (in Russian)

### Author's information

**Kononov Georgiy Nikolaevich** — Cand. Sci. (Tech.), Assoc. Prof. of Department of Chemistry BMSTU, corresponding member of the Russian Academy of Natural Sciences, the scientific secretary of section «Chemistry and engineering chemistry of wood» RHO of D.I. Mendeleev, e-mail: verevkin@mgul.ac.ru

**Kudryashov Anton Vladimirovich** — pg. of BMSTU, e-mail: verevkin@mgul.ac.ru

**Verevkin Alexey Nikolaevich** — Cand. Sci. (Chemistry), Assoc. Prof. of Department of Chemistry BMSTU, e-mail: verevkin@mgul.ac.ru

**Serdyukova Yulia Vladimirovna** — Assoc. Prof. of Department of Chemistry MSTU after N.E. Bauman, e-mail: verevkin@mgul.ac.ru

**Kosarev Konstantin Leonidovich** — Cand. Sci. (Tech.), engineer-technologist of «Biovet-ferment», e-mail: verevkin@mgul.ac.ru

Received 17.11.2016