

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ЛЕСОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ С.М. КИРОВА»

---

ИЗВЕСТИЯ  
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОЙ  
ЛЕСОТЕХНИЧЕСКОЙ  
АКАДЕМИИ

Выпуск 213

*Издаются с 1886 года*

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ  
2015

## РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор

**А.В. Селиховкин**, д-р биол. наук, проф., СПбГЛТУ

Отв. редактор

**Л.В. Уткин**, д-р техн. наук, проф., СПбГЛТУ

**В.А. Александров**, д-р техн. наук, проф., СПбГЛТУ,

**А.С. Алексеев**, д-р геогр. наук, проф., СПбГЛТУ,

**Н. Белгасем**, проф., Высшая школа бумажной и полиграфической промышленности (Франция),

**А.В. Васильев**, д-р хим. наук, проф., СПбГЛТУ,

**Н. Вебер**, проф., Дрезденский технический университет (Германия),

**И.В. Григорьев**, д-р техн. наук, проф., СПбГЛТУ,

**Х. Деглиз**, проф., Международная академия наук о древесине (Франция),

**И.П. Дейнеко**, д-р хим. наук, проф., СПбГТУРП,

**А.В. Жигунов**, д-р с.-х. наук, проф., СПбГЛТУ,

**М. Е. Игнатьева**, проф., Шведский университет сельскохозяйственных наук (Швеция),

**Т. Карьялайнен**, проф., Финский исследовательский институт лесного хозяйства (Финляндия),

**Д.Л. Мусолин**, канд. биол. наук, доц., СПбГЛТУ,

**В.И. Онегин**, д-р техн. наук, проф., СПбГЛТУ,

**В.А. Петрицкий**, д-р филос. наук, проф., СПбГЛТУ,

**В.Н. Петров**, д-р экон. наук, проф., СПбГЛТУ,

**О. Саллиас**, проф., Шведский университет сельскохозяйственных наук (Швеция),

**В.Г. Санаев**, д-р техн. наук, проф., МГУЛ,

**А.Н. Чубинский**, д-р техн. наук, проф., СПбГЛТУ,

**И.В. Смирнова**, технический секретарь, СПбГЛТУ.

*Адрес редакции:* 194021, г. Санкт-Петербург, Институтский пер., д. 5.

*Тел.:* (812)670-92-69, *факс:* (812)670-93-90. *E-mail:* izvestiya.spblta@mail.ru. *Сайт организации:* www.ftacademy.ru. *Сайт издания:* izvestia.ftacademy.ru

Издание зарегистрировано Федеральной службой по надзору за соблюдением законодательства в сфере массовых коммуникаций и охране культурного наследия Российской Федерации.  
Свидетельство о регистрации средства массовой информации ПИ № ФС77-23613 от 10.03.2006 г.

УДК 630

**Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии:** Вып. 213.  
СПб.: СПб ГЛТУ, 2015. – 288 с. – ISBN 978-5-9239-0795-7, ISSN 2079-4304.

В очередном выпуске сборника научных трудов «Известия СПбЛТА» представлены результаты текущих исследований по лесному хозяйству, лесозаготовкам и механизации лесосечных работ, механической и химической переработке древесины. Сборник предназначен для работников лесного комплекса, преподавателей, аспирантов, студентов и выпускников лесотехнических вузов, сотрудников НИИ лесного профиля.

Ministry of Education and Science of the Russian Federation

State Budget Institution of Higher Professional Education  
«SAINT PETERSBURG STATE FOREST TECHNICAL UNIVERSITY  
NAMED AFTER S.M. KIROV»

---

IZVESTIA  
SANKT-PETERBURGSKOJ  
LESOTEHNICESKOJ  
AKADEMII

Issue 213

*Published since 1886*

SAINT PETERSBURG  
2015

## EDITORIAL BOARD

Editor-in-Chief

**A.V. Selikhovkin**, DSc, Professor, Saint Petersburg State Forest Technical University

Deputy Editor-in-Chief

**L.V. Utkin**, DSc, Professor, Saint Petersburg State Forest Technical University

**V.A. Aleksandrov**, DSc, Professor, Saint Petersburg State Forest Technical University,

**A.S. Alekseev**, DSc, Professor, Saint Petersburg State Forest Technical University,

**N. Belgasem**, PhD, Professor, Higher School of the Paper and Printing Industry (France),

**A.V. Vasilyev**, DSc, Professor, Saint Petersburg State Forest Technical University,

**N. Weber**, PhD, Professor, Dresden Technical University (Germany),

**I.V. Grigorev**, DSc, Professor, Saint Petersburg State Forest Technical University,

**X. Deglise**, PhD, Professor, International Academy of Wood Sciences (France),

**I.P. Deyneko**, DSc, Professor, Saint Petersburg State Technological University of Plant Polymers,

**A.V. Zhigunov**, DSc, Professor, Saint Petersburg State Forest Technical University,

**M. Ignatieva**, PhD, Professor, Swedish University of Agricultural Sciences (Sweden),

**T. Karjalainen**, PhD, Professor, Finnish Forest Research Institute (Finland),

**D.L. Musolin**, PhD, Assoc. Professor, Saint Petersburg State Forest Technical University,

**V.I. Oegin**, DSc, Professor, Saint Petersburg State Forest Technical University,

**V.A. Petritsky**, DSc, Professor, Saint Petersburg State Forest Technical University,

**V.N. Petrov**, DSc, Professor, Saint Petersburg State Forest Technical University,

**O. Sallnas**, PhD, Professor, Swedish University of Agricultural Sciences (Sweden),

**V.G. Sanayev**, DSc, Professor, Moscow State Forest University,

**A.N. Chubinsky**, DSc, Professor, Saint Petersburg State Forest Technical University.

**I.V. Smirnova**, Saint Petersburg State Forest Technical University, technical secretary.

*Editor's Office Address:* 194021, St. Petersburg, Institutskiy per., 5. Tel.: +7(812)670-92-69.

Fax: +7(812)670-93-90. *E-mail:* izvestiya.spblta@mail.ru. *Organization's website:* www.ftacademy.ru.

*Serial's website:* izvestia.ftacademy.ru

The serial is registered by the Federal service on supervision of legislation observance in the sphere of mass communications and protection of cultural heritage of the Russian Federation.

The certificate on registration of mass media of PI No. FS77-23613 of 10.03.2006.

UDC 630

**Izvestia Sankt-Peterburgskoj Lesotehničeskoj Akademii:** Is. 213. SPb.: SPbGLTU, 2015. – 288 p. – ISBN 978-5-9239-0795-7, ISSN 2079-4304.

The next release of «Izvestia SPbLTA» is dedicated to the anniversary of St. Petersburg State Forest Technical University and represents results of the current researches on forestry, logging and mechanization of logging, mechanical and chemical processing of wood. The collection is intended for workers of a forest complex, teachers, graduate students, students and graduates of timber higher education institutions, the staff of scientific research institute of a forest profile.

## 4. ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ. БИОТЕХНОЛОГИЯ

---

УДК 661.1

**А.В. Бахтиярова, В.А. Ёлкин, А.А. Спицын, В.И. Рошин**

### **ПОЛУЧЕНИЕ УГЛЕРОДИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ И АДСОРБЕНТОВ ИЗ ЦЕЛЛОЛИГНИНА, ПОЛУЧЕННОГО ОТ КСИЛИТНОЙ ВАРКИ**

*Введение.* В связи с сокращением запасов ископаемого органического сырья в последние годы во всем мире уделяется серьезное внимание вопросам химической и биотехнологической переработки биомассы растительного сырья (фитомассы) – древесины и сельскохозяйственных растений. В отличие от ископаемых источников органического сырья запасы фитомассы возобновляются в результате деятельности высших растений. Ежегодно на нашей планете образуется около 200 млрд т растительной целлюлозосодержащей биомассы.

По обеспечению лесными ресурсами Россия занимает первое место в мире, обладая примерно четвертой частью мировых запасов древесины. Общий объем имеющихся лесосырьевых ресурсов оценивается в 82 млрд м<sup>3</sup>. Без экологического ущерба можно ежегодно заготавливать по 700 млн м<sup>3</sup> древесины. Однако расчетная лесосека в 500 млн м<sup>3</sup> древесины в последние годы реализуется не более чем 20–30 %. Современный уровень потребления, основанный на существующих технологиях переработки, определяет максимальные заготовки лиственной древесины в лесах Европейской части РФ не более 65, а в Азиатской части 13–14 млн м<sup>3</sup> в год [Холькин, 1989]. Но даже в условиях «недопроизводства» существующие технологии приводят к заметным экономическим и экологическим потерям.

Так из одного кубометра древесины в России производится в 3–4 раза меньше продукции, чем в развитых странах. Это определяет большой объем отходов, которые загрязняют окружающую среду, хотя в них содержится огромный потенциал для производства вторичной (побочной) продукции.

Российская Федерация является практически единственной страной в мире, имеющей огромные массивы лиственной древесины. Например, бере-

за широко распространена на территории РФ, как ни в одной другой стране. По оценкам, запасы березовой древесины составляют 8518 млн м<sup>3</sup>. Значительные недорубы лиственной древесины связаны с отсутствием достаточно мощных потребителей этого сырья, особенно низкосортной березовой древесины и осины. Доля низкосортной березы в лесном фонде страны составляет около 30 % от всей биомассы березы. По ряду своих свойств низкосортная береза ничем не отличается от березы, используемой в деревообрабатывающей промышленности. В любой березовой древесине содержится достаточно большое количество таких компонентов (в %), как ксиланы – 22–28, целлюлоза – 31–45 и лигнин – 19–20. Особую ценность представляет уникальный состав ксиланов березы, наиболее подходящий для производства высококачественного ксилита. Экстрактивные составляющие коры березы, веток и древесины являются ценными биологически активными веществами.

Наиболее перспективными направлениями использования низкосортной березы и ее отходов являются производство пищевого ксилита; экстрактивных биологически активных веществ; жидких биотоплив; активных углей и гранул и др.

В ксилитном производстве использовались два вида растительного пентозансодержащего сырья – оболочки хлопчатника (хлопковая шелуха) и стержни початков кукурузы (кукурузная кочерыжка). Перспективным видом сырья в РФ является древесина березы, запасы которой позволяют организовать крупномасштабное производство кристаллического ксилита.

Долгое время пищевой ксилит вырабатывали на предприятиях ксилитно-дрожжевого профиля, где образующийся целлолигнин гидролизвали по более жесткому режиму в тех же аппаратах с получением в качестве промежуточного продукта гексозного гидролизата, который использовали для получения кормовых дрожжей [Холькин, 1989].

Получение кормовых дрожжей по этой схеме сейчас нерентабельно. В связи с этим возросла себестоимость основного целевого продукта – ксилита. Одним из методов снижения себестоимости ксилита является поиск путей более рационального использования целлолигнина.

В Финляндии была разработана схема комплексной переработки древесины лиственных пород с получением сульфатной целлюлозы для химической переработки и ксилита из предгидролизатов [Гордон и др., 1988].

В связи с экологической напряженностью, актуальность вопросов поиска новых способов утилизации крупнотоннажных отходов (целлолигнин и лигнин) и получение ценных продуктов на их основе (сорбентов, энергоносителей) постоянно возрастает. И в этом случае, гидролизный лигнин и целлолигнин – прекрасное высококалорийное топливо и легкодоступное

сырье для производства топливных гранул и брикетов, сорбентов и активированных углей.

В связи с этим целлюлогинин может стать основным сырьем для пироге-нетической переработки. Товарными продуктами пиролиза будут древесный уголь, смолы и неконденсирующиеся газы, которые найдут дальнейшее применение в хозяйственной жизни человека [Гордон и др., 1988]. Таким образом, пироге-нетическая переработка позволяет решить задачу полной утилизации растительного сырья, а также актуальную в настоящее время проблему рационального использования природных ресурсов.

Из вышеизложенного можно сделать вывод, что любые материалы, содержащие в качестве основного компонента полимерные углеводы и лигнин, могут быть подвергнуты пироге-нетической переработке с получением ценных лесохимических продуктов (древесный уголь и др.)

*Методика исследования.* В настоящей работе рассматривается предложенная авторами следующая схема комплексной переработки древесного сырья – березы (рис. 1).



Рис. 1. Принципиальная схема комплексной переработки березовой древесины

Разработка и проверка некоторых основных элементов этой схемы в лабораторных условиях представляла определенный интерес.

Химический состав исходного сырья (древесина березы) исследовался по ряду компонентов: содержание целлюлозы; лигнина; экстрактивных веществ, растворимых в воде и органическом растворителе; легкогидролизуемых и трудногидролизуемых полисахаридов; влажность, зольность (табл. 1).

При изучении химического состава исходного сырья (древесина березы) было установлено (табл. 1), что в березовой древесине содержится достаточно большое количество таких компонентов (в %), как ксиланы, целлюлоза и лигнин, что указывает на их экономически выгодную переработку в ксилит, активные и топливные угли. Кроме того, особую ценность представляют экстрактивные вещества. Исходя из этого, целью настоящей работы явилась оценка практической возможности создания безотходной пирогенетической переработки промышленных отходов растительного происхождения.

Пентозный гидролиз древесины березы проводили в лабораторном автоклаве из нержавеющей стали емкостью 5 л с электрообогревом (без циркуляции). Режим проведения процесса гидролиза: масса абсолютно сухого загружаемого сырья – 500 г; гидромодуль (ГМ) – 6; концентрация кислотного катализатора – 0,82 %-я  $H_2SO_4$ ; температура – 125 °С; продолжительность варки – 3 часа (после выхода на заданную температуру).

Оставшийся после гидролиза целлолигнин, влажностью около 67 % подвергали гранулированию на полупромышленном экструдере с диаметром фильер 7 мм. Полученные гранулы имели диаметр 7 мм, длину 7–15 мм, влажность 66,2 %. Насыпная плотность высушенных гранул 0,206 г/см<sup>3</sup>.

Процесс пиролиза полученных гранул проводили на пилотной установке, которая представлена на рис. 2. Предварительно взвешенные гранулы загружали в реторту. Реторту закрывали и присоединяли к системе улавливания для определения объема получаемых жидких продуктов пиролиза, неконденсирующихся газов. Измерение температуры осуществляли электронным потенциометром ЭПВ-2.

Таблица 1

**Химический состав древесины березы и целлолигнина от ксилитной варки**

Исходное сырье	Углеводы		Лигнин	Экстрактивные вещества растворимые в:		Зольность
	ЛГП	ТГП				
				эфире	воде	
Береза	24,5	39,6	20,7	0,90	2,20	0,14
Целлолигнин	5,3	39,0	19,9	–	–	5,7



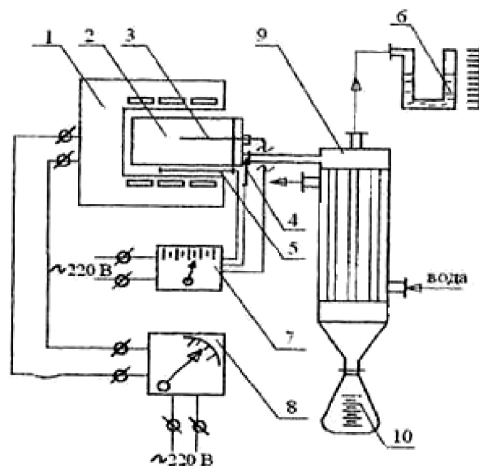


Рис. 2. Пилотная установка пиролиза:

- 1 – муфельная печь; 2 – реторта; 3–5 – термопара ХА (хромель-алюмель); 6 – V-образный манометр;
- 7 – электронный потенциометр замера температур ЭПВ-2;
- 8 – ЛАТР; 9 – конденсационная система;
- 10 – емкость для сбора пиротоплива

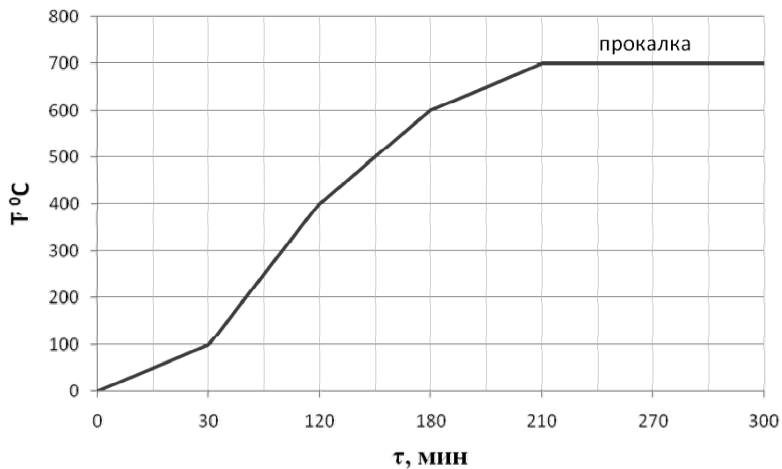


Рис. 3. График процесса пиролиза

Таблица 2

## Материальный баланс пиролиза

Приход	Масса, г	%	Расход	Масса, г	%, от сырья
Древесина, в том числе:	84,82		1. Уголь	27,40	32,30
			2. Суммарный конденсат	36,22	42,70
абс. сух. древесина вода	75,95	89,54	3. Неконденсирующиеся газы	14,16	16,70
			4. Потери (по разности)	7,04	8,30
Итого	84,82	100,0	Итого	84,82	100,0

В процессе пиролиза по времени регистрировали: температуры муфеля, реторты, парогазов, а также определяли объем конденсата, отстойной смолы, неконденсирующихся газов и давление.

Полученные продукты, уголь и конденсат, собирали и взвешивали. Собранный конденсат подвергали последующему отстаиванию в делительной воронке в течение не менее 10–12 ч для разделения на осадочную смолу (отстойную), отстоявшуюся жижку и всплывные масла.

В процессе пиролиза полученных гранул на пилотной установке проводился отбор трех проб неконденсирующихся газов для составления материального баланса. Общая продолжительность процесса составила 5 часов, температура – 700 °С. По окончании опыта твердый и жидкий продукты взвешивали и составляли материальный баланс (табл. 2).

*Результаты исследования.* После пентозного гидролиза древесины березы полученный гидролизат анализировали по общепринятым методикам [Емельянова, 1976; Шарков и др., 1976]. Результаты исследования представлены в табл. 3. Из сравнительного анализа состава гидролизата хлопковой шелухи (1) и березовой древесины видно, что последний содержит меньше урсонных кислот, неорганических примесей и имеет более высокую доброкачественность ( $DК = (Срв/Ссв) \cdot 100 \%$ ).

Данные исследований показывают, что доброкачественность (D) полученного гидролизата отвечает требованиям, предъявляемым к гидролизатам в ксилитном производстве.

Оставшийся после пентозного гидролиза целлюлигин подвергался процессу пиролиза. Было установлено что, воздействие на целлюлигин высокой температуры приводит к протеканию сложного физико-химического процесса, связанного с распадом макромолекул и образованием в конечном итоге древесного угля, а также сложной смеси низкомолекулярных веществ: смолы и неконденсирующихся газов [Азаров и др., 1999; Кузьмина и др., 2010; Славянский и др., 1962].

Таблица 3

## Основные показатели пентозных гидролизатов

Показатели	Сырье	
	хлопковая шелуха (1)	древесины березы
Концентрация РВ, %	6,0–6,5	5,2
Доброкачественность (D), %	65–75	73,5
Углеводный состав, % от РВ D-ксилоза	75–80	79,0
L-арабиноза	2–5	8,0
Сумма пентоз	80–95	83,5
Сумма гексоз	5–8	6,0
Уроновые кислоты, % от РВ	10–15	8,2
Концентрация органических кислот, %	0,9–1,25	0,48
в том числе уксусная	0,6–0,8	0,6
Фурфурол, % от РВ	0,1–0,3	0,15
5-гидроксиметилфурфурол	0,025	0,014
Сухие вещества (СВ), %	2,5–3,0	1,6
Цветность, ед. Штаммера	115–250	95,2

Анализ литературных данных показал, что углеводы обладают наименьшей термической стабильностью (температура начала разложения лежит выше 275...280 °С) [Азаров и др., 1999; Славянский и др., 1962; Худенко и др., 2001].

Лигнин является более термостойким полимером, и его температура устойчивого разложения лежит несколько выше. Полный механизм пиролиза природных полимеров до настоящего времени до конца еще не изучен, тем не менее по характеру образующихся продуктов пиролиз подразделяют на низкотемпературный ( $t < 500$  °С) и высокотемпературный ( $t > 500$  °С). При проведении эксперимента была выбрана температура 700 °С.

Из табл. 4 видно, основными компонентами неконденсирующихся газов являются оксиды углерода II и IV, метан и водород, что свидетельствует о глубине термической деструкции природных полимеров, а также что они являются основными компонентами неконденсирующихся газов. Выделение оксидов углерода преимущественно связано с деструкцией углеводной части растительного сырья, метан выделяется при термическом распаде как углеводов, так и лигнина, а выделение водорода происходит при структурообразовании древесного угля [Азаров и др., 1999; Славянский и др., 1962].

Таблица 4

**Выход газообразных продуктов при пирогенетической переработке  
целлюлозного древесного сырья березы**

Время, мин	Выход газообразных продуктов, %			
	CO <sub>2</sub>	CO	CH <sub>4</sub>	H <sub>2</sub>
30	74,9	21,1	0,8	0,8
60	65,9	28,9	1,9	0,2
90	57,2	24,3	11,9	2,3
120	52,9	25,2	13,9	3,1

Из представленных в табл. 4 данных видно, что в целом газы пиролиза характеризуются высоким содержанием диоксида углерода. Анализируя данные таблицы, необходимо отметить, что процесс пирогенетической переработки исследуемого растительного сырья протекает наиболее эффективно в интервале от 90 до 120 мин от начала эксперимента.

Кроме неконденсирующихся газов в результате пиролиза исследуемых объектов, получена смола пиролиза – высоковязкая жидкость темно-коричневого (почти черного) цвета, с резким неприятным запахом, напоминающая по своему внешнему виду нефть.

Согласно литературным данным [Азаров и др., 1999] древесные смолы имеют чрезвычайно сложный химический состав из-за присутствия веществ, относящихся к различным классам органических соединений. Результаты ГХ-МС анализа показывают, что в состав смолы пиролиза входят фуран, фенол и многочисленные их производные. По данным [Кузьмина и др., 2010], в смолах пиролиза присутствуют ~50 % фенолов и его производных, ~15 % кислот и ~35 % карбонил- и гидроксилсодержащих веществ.

Активацию гранул проводили при температуре 970 °С в течение 40 мин во вращающемся трубчатом реакторе, снабженном трубкой для подачи пара из парогенератора. Отсчет времени активации вели при достижении заданной температуры. Степень обгара составила в среднем 57,4 %. Суммарный объем пор по воде по ГОСТ 17219–71 до активации составил 1,348 см<sup>3</sup>/г, после активации – 2,201 см<sup>3</sup>/г.

*Заключение.* Предлагаемая технология комплексной переработки биомассы дерева является экологически безопасной и практически безотходной. Она решает экологическую проблему полного использования биомас-

сы дерева, а также снижает загрязненность получаемых сточных вод. За счет удаления из технологического потока трудноокисляемых токсичных коллоидных примесей – лигногуминовых веществ – снижается загрязненность получаемых сточных вод.

Доброкачество полученного гидролизата соответствует требованиям, предъявляемым к гидролизатам в ксилитном производстве. Кроме того, березовая древесина и лигнин являются сырьем для производства активированного и топливного угля, которые используются в виде сорбентов в металлургической промышленности. Производство активированного и топливного угля является также одним из компонентов в полном цикле комплексной переработки низкосортной березовой древесины.

Установлено, что воздействие на целлюлознолигнин высокой температуры приводит к протеканию сложного физико-химического процесса, связанного с распадом макромолекул и образованием древесного угля и сложной смеси низкомолекулярных продуктов – смолы и неконденсирующихся газов.

Показано, что основными компонентами неконденсирующихся газов являются оксиды углерода II и IV, метан и водород, что свидетельствует о глубине термической деструкции природных полимеров.

### **Библиографический список**

*Азаров В.И., Буров А.В., Оболенская А.В.* Химия древесины и синтетических полимеров. СПб.: СПбЛТА, 1999. 628 с.

*Гордон Л.В., Скворцов С.О., Лисов В.И.* Технология и оборудование лесохимических производств. М.: Лесн. пром-сть, 1988. 357 с.

*Емельянова И.З.* Химико-технический контроль гидролизных производств. М.: Лесн. пром-сть, 1976, 328 с.

*Кузьмина Р.И., Штыков С.Н., Панкин К.Е., Иванова Ю.В., Панина Т.Г.* Пирогенетическая переработка некоторых древесных отходов и отходов лущения семян // Химия растительного сырья. 2010. № 3. С. 61–65.

*Славянский А.К., Шарков В.И., Ливеровский А.А.* Химическая технология древесины. М.: Гослесбумиздат, 1962. 578 с.

*Холькин Ю.И.* Технология гидролизных производств. М.: Лесн. пром-сть, 1989. 496 с.

*Худенко А.В., Терменов Д.Г., Маркин В.П., Базарнова Н.Г.* Расчет температуры начала интенсивной термической деструкции природных и химически модифицированных полисахаридов // Химия растительного сырья. 2001. № 3. С. 127–128.

*Шарков В.И., Куйбина Н.И., Соловьева Ю.П., Павлова Т.А.* Количественный химический анализ растительного сырья. М.: Лесн. пром-сть, 1976. 72 с.

### Bibliography

Azarov V.I., Burov A.V., Obolenskaia A.V. Khimiia drevesiny i sinteticheskikh polimerov. SPb.: SPbLTA, 1999. 628 s. (Rus)

Gordon L.V., Skvortsov CO., Lisov V.I. Tekhnologiia i oborudovanie lesokhimicheskikh proizvodstv. M.: Lesn. prom-st', 1988. 357 s. (Rus)

Emel'ianova I.Z. Khimiko-tekhnicheskii kontrol' gidroliznykh proizvodstv. M.: Lesn. prom-st', 1976, 328 s. (Rus)

Kuz'mina R.I., Shtykov S.N., Pankin K.E., Ivanova Iu.V., Panina T.G. Pirogeneticheskaia pererabotka nekotorykh drevesnykh otkhodov i otkhodov lushcheniia semian. *Khimiia rastitel'nogo syr'ia*. 2010. № 3. S. 61–65. (Rus)

Slavianskii A.K., Sharkov V.I., Liverovskii A.A. Khimicheskaiia tekhnologiia drevesiny. M.: Goslesbumizdat, 1962. 578 s. (Rus)

Khol'kin Iu.I. Tekhnologiia gidroliznykh proizvodstv. M.: Lesn. prom-st', 1989. 496 s. (Rus)

Khudenko A.V., Termenov D.G., Markin V.P., Bazarnova N.G. Raschet temperatury nachala intensivnoi termicheskoi destruktсии prirodnykh i khimicheskii modifitsirovannykh polisakharidov. *Khimiia rastitel'nogo syr'ia*. 2001. № 3. S. 127–128. (Rus)

Sharkov V.I., Kuibina N.I., Solov'eva Iu.P., Pavlova T.A. Kolichestvennyi khimicheskii analiz rastitel'nogo syr'ia. M.: Lesn. prom-st', 1976. 72 s. (Rus)

---

**Бахтиярова А.В., Ёлкин В.А., Спицын А.А., Роцин В.И.** Получение углеродистых материалов и адсорбентов из целлолигнина, полученного от ксилитной варки // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2015. Вып. 213. С. 242–252.

Показана принципиальная возможность комплексного использования низкосортной березовой древесины и ее отходов для получения пищевого ксилита, экстрактивных биологически активных веществ, активных углей и гранул и др. Гранулированные активированные угли, получаемые из целлолигнина без связующего, имеют высокоразвитую внутреннюю поверхность и могут использоваться в качестве адсорбентов для различных целей. Предлагаемая технология комплексной переработки биомассы дерева является экологически безопасной и практически безотходной.

Ключевые слова: гидролиз, целлолигнин, ксилит, целлюлоза, пиролиз, гранулированные активированные угли (ГАУ), неконденсирующиеся газы, биомасса дерева, сорбенты.

**Bahtiyarova A.V., Elkin V.A., Spitsyn A.A., Roschin V.I.** Preparation of carbonaceous materials and adsorbents of tsellolignina obtained from pulping xylitol. *Izvestia Sankt-Peterburgskoj Lesotehnikeskoi Akademii*, 2015, is. 213, pp. 242–252 (in Russian with English summary).

The principal possibility of complex use of low-grade birch wood and wood waste to produce food xylitol, extractives of biologically active substances, active coal and pellets and other. The granular activated carbons derived from tsellolignin without a binder are highly inner surface and can be used as adsorbents for various purposes. The proposed technology of complex processing of wood biomass is environmentally friendly and virtually waste-free.

**Key words:** hydrolysis, tsellolignin, xylitol, cellulose, pyrolysis, granular activated carbon (GAC), non-condensable gases, biomass wood, sorbents.

---

**БАХТИЯРОВА Анна Валерьевна** – старший преподаватель Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета. SPIN-код: 5944-7779. 194021, Институтский пер., д. 5, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: Nyroc@rambler.ru

**ВАНТИЯРОВА Анна V.** – senior lecturer at St. Petersburg State Forestry University. SPIN-cod: 5944-7779. 194021. Institute per. 5. St. Petersburg. Russia. E-mail: Nyroc@rambler.ru

**ЁЛКИН Валентин Андреевич** – заведующий кафедрой целлюлозно-бумажного производства и биотехнологии Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета, кандидат технических наук, профессор. 194021, Институтский пер., д. 5, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: biotech@spbftu.ru

**ELKIN Valentin A.** – PhD (Technology), professor, Head of Department of pulp and paper production and biotechnology, St. Petersburg State Forestry University. 194021. Institute per. 5. St. Petersburg. Russia. E-mail: biotech@spbftu.ru

**СПИЦЫН Андрей Александрович** – доцент Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета, кандидат технических наук. 194021, Институтский пер., д. 5, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: spitsyn.andrey@gmail.com

**SPITSYN Andrey A.** – PhD (Technology), Associate Professor of St. Petersburg State Forestry University. 194021. Institute per. 5. St. Petersburg. Russia. E-mail: spitsyn.andrey@gmail.com

**РОЩИН Виктор Иванович** – профессор Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета, доктор химических наук. 194021, Институтский пер., д. 5, Санкт-Петербург, Россия.

**ROSCHIN Viktor I.** – DSc (Chemistry), Professor of St. Petersburg State Forestry University. 194021. Institute per. 5. St. Petersburg. Russia.

## СОДЕРЖАНИЕ

---

Предисловие .....	5
<b>1. ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО</b>	
<i>Дебков Н.М., Грязькин А.В., Ковалев Н.В., Новикова М.А.</i> Особенности формирования древостоев из подроста предварительных генераций .....	6
<i>Заводовский П.Г.</i> Особенности биоты афиллофороидных (дереворазрушающих) грибов в лесных экосистемах биогеографической провинции <i>Karelia pudogensis</i> (Кр) .....	18
<i>Ильин В.П., Иванов А.М., Подшиваев Е.Е.</i> Реконструкция малоценных лиственных молодняков с применением химического метода в целях формирования хвойных древостоев .....	29
<i>Ильинцев А.С., Третьяков С.В., Еришов Р.А., Федотов И.В.</i> Качество древесины сосны в насаждениях, пройденных рубками ухода (прореживание) в северо-таежном лесотаксационном районе .....	40
<i>Кердяшкин А.В., Медведев А.Н.</i> Особенности семеношения ели Шренка в высокогорье Заилийского Алатау .....	49
<i>Кривоногова А.С., Архипова Т.И.</i> Вопросы сохранения и развития парка-усадьбы «Келло» .....	62
<i>Полякова В.В.</i> Особенности почв парка Санкт-Петербургского лесотехнического университета .....	75
<i>Преображенская К.М.</i> Влияние увлажненности местообитания на численность и видовой состав дождевых червей (Oligochaeta, Lumbricidae) в Санкт-Петербурге .....	82
<i>Турчина Т.А., Родин С.А.</i> Оценка роли сопутствующих пород в смешанных насаждениях ольхи черной .....	92
<i>Черниковский Д.М., Любимов А.В., Белов В.А.</i> Оценка возможностей автоматического дешифрирования страт государственной инвентаризации лесов .....	110
<b>2. ТЕХНОЛОГИЯ И ОБОРУДОВАНИЕ ЛЕСОЗАГОТОВОК</b>	
<i>Александров В.А., Ву Хоа Ки.</i> Вибронагруженность машиниста трелевочного трактора в режиме разгона .....	130
<i>Власов Е.Н., Михайлов О.А., Дурманов М.Я., Епифанова А.Ю.</i> Затраты энергии на реализацию касательной силы трактора ЛХТ-100 в транспортном режиме .....	138
<i>Куликов А.А., Дюкова И.Н., Иванова И.В.</i> Изменение энтропии в неравновесном термодинамическом процессе при передаче энергии в форме теплоты .....	148



<i>Миляев А.С.</i> Автоматизированный прочностной расчет железобетонных колеиных плит лесовозных дорог на слоистом грунтовом основании ....	158
<i>Хегай В.К., Савич В.Л., Михитаров А.Р.</i> О выборе оптимальных параметров виброкорчевальной машины .....	173
<i>Цыпук А.М., Соколов А.И., Родионов А.В., Эгипти А.Э., Харитонов В.А.</i> Результаты испытаний пневматической сеялки к универсальной машине для восстановления леса на вырубках .....	182

### 3. ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ. МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

<i>Кузнецов А.А., Соколова В.А.</i> Изучение физико-механических свойств древесины ольхи с целью ее рационального использования .....	191
<i>Мелехов В.И., Бызов В.Е.</i> Расширение ресурсов пиломатериалов для несущих строительных конструкций .....	204
<i>Сергеевичев А.В., Семенов А.В., Овчарова Е.О.</i> Анализ исследований процесса резания при шлифовании древесины и древесных материалов с позиции активных зерен .....	212
<i>Сергеевичев В.В., Михайлова А.Е.</i> Анализ деформаций валков и древесины в прессах непрерывного действия .....	224
<i>Шишкина Е.Е., Гороховский А.Г.</i> Оптимизация структуры и величины параметров режимов конвективной сушки пиломатериалов по показателям эффективности и качества .....	232

### 4. ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ. БИОТЕХНОЛОГИЯ

<i>Бахтиярова А.В., Ёлкин В.А., Спицын А.А., Роцин В.И.</i> Получение углеродистых материалов и адсорбентов из целлолигнина, полученного от ксилитной варки .....	242
<i>Семеньчева Л.Л., Смирнов В.Ф., Валетова Н.Б., Ильичев И.С., Кузнецова Ю.Л., Таранкова О.А., Новоселов А.С., Гераскина Е.В.</i> Применение $\alpha$ -терпинеола и соснового масла для выделения и консервации коллагена .....	253

### 5. ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ

<i>Уткин Л.В., Уткина И.Л.</i> Быстрый алгоритм полногеномного поиска ассоциаций по схеме случай–контроль .....	263
---	-----

### ХРОНИКА НАУЧНОЙ ЖИЗНИ

<i>Федоров И.А., Донин А.Я.</i> Проблемы социокультурной и политической модернизации общества (по итогам конференций, проводимых в СПбГЛТУ) .....	274
---	-----

## CONTENTS

---

Preface .....	5
---------------	---

### I. FORESTRY

<i>Debkov N.M., Griaz'kin A.V., Kovalev N.V., Novikova M.A.</i> Particular qualities of forming forest stands from regrowth prior generations .....	6
---	---

<i>Zavodovskii P.G.</i> Features of the biota aphylloroid (decayforest) of fungi in forest ecosystems of the biogeographical province of <i>Karelia pudogensis (Kp)</i> .....	18
---	----

<i>Ilin V.P., Ivanov A.M., Podshivaev E.E.</i> Reconstruction of the small-leaved young stands with employment of chemical method in order to form a coniferous stands .....	29
--	----

<i>Ilinceva A.S., Tretjakov S.V., Ershov R.A., Fedotov I.V.</i> The quality of wood pine in forest stands passed of thinning cutting in the north-taiga district .....	40
--	----

<i>Kerdyashkin A.V., Medvedev A.N.</i> Peculiarities of seeding of Schrenk spruce on the Zailiysky Alatau high mountains .....	49
--	----

<i>Krivotogova A.S., Arkhipova T.I.</i> Issues of preservation and development of the Park Estate Kello .....	62
---	----

<i>Polyakova V.V.</i> The formation of soil qualities on different parts of the klint .....	75
---	----

<i>Preobrazhenskaya K.M.</i> Influence of moisture habitats on the number and species composition of earthworms (Oligochaeta, Lumbricidae) in St. Petersburg. ....	82
--	----

<i>Turchina T.A., Rodin S.A.</i> Estimation of associate species role in black alder mixed stands .....	92
---	----

<i>Chernikhovskiy D.M., Lubimov A.V., Belov V.A.</i> Evaluation of the possibilities of automatic interpretation of stratum of State Forest Inventory of the Russian Federation .....	110
---	-----

### 2. TECHNOLOGY AND EQUIPMENT OF LOGGING INDUSTRIES

<i>Aleksandrov V.A., Vu Hoa Ky.</i> Vibroloading the operator skidding tractor in acceleration process .....	130
--	-----

<i>Vlasov E.N., Mihyilov O.A., Durmanov M.Ya., Epifanova A.Yi.</i> Expenditures of energy for the realization of the tangential force of tractor LHT-100 in the transport mode .....	138
--	-----

<i>Kulikov A.A., Dukova I.N., Ivanova I.V.</i> The change of entropy in non-equilibrium thermodynamic process during the transfer of energy in the form of heat .....	148
---	-----

<i>Miljaev A.S.</i> Automated strength calculation ferroconcrete wheel track plates of timber-carrying roads on the layered earth basis .....	158
<i>Khegai, V.K., Savich, V.L., Mikhitarov A.R.</i> About the choice of optimal parameters vibrationally machine .....	173
<i>Tsy pouk A.M., Sokolov A.I., Rodionov A.V., Egip ti A.E., Haritonov V.A.</i> Results of testing of pneumatic seeder for universal machine for reforestation on clear-cutted plots .....	182

### 3. WOOD SCIENCE. MECHANICAL WOODWORKING INDUSTRY

<i>Kuznetsov A.A., Sokolova V.A.</i> Research of physical-mechanical properties of alder wood with a view to its rational use .....	191
<i>Melekhov V.I., Byzov V.E.</i> The expansion of resources for load-bearing building structures .....	204
<i>Sergeevichev A.V., Semenov A.V., Ovcharova E.O.</i> The analysis of researches of process of cutting when grinding wood and wood materials from a position of the fissile grains .....	212
<i>Sergeevichev V.V., Mikhailova A.E.</i> The analysis of deformations of rollers and wood in the press of the continuous action .....	224
<i>Shishkina E.E., Gorokhovskiy A.G.</i> Optimization of the structure and size of the para-meters modes of convective drying lumber in terms of efficiency and quality .....	232

### 4. CHEMICAL TECHNOLOGY OF WOOD. BIO TECHNOLOGY

<i>Bahtiyarova A.V., Elkin V.A., Spitsyn A.A., Roschin V.I.</i> Preparation of carbonaceous materials and adsorbents of tsellolignina obtained from pulping xylitol .....	242
<i>Semenycheva L.L., Smirnov V.Ph., Valetova N.B., Il'ichev I.S., Kuznetsova J.L., Tarankova O.A., Novoselov A.S., Geraskina E.V.</i> Application of $\alpha$ - terpineol and pine oil for the isolation and conservation of collagen .....	253

### 5. INFORMATION SYSTEMS, MATHEMATICAL MODELING AND AUTOMATION SYSTEMS

<i>Utkin L.V., Utkina I.L.</i> A fast algorithm of a case-control genome-wide association study .....	263
---	-----

### SCIENTIFIC LIFE

<i>Fedorov I.A., Donin A.Ya.</i> Problems sociocultural and political modernization of the society (on results of the conferences organized in SPbFTU) .....	274
--	-----

Научное издание

ИЗВЕСТИЯ  
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОЙ  
ЛЕСОТЕХНИЧЕСКОЙ  
АКАДЕМИИ

Выпуск 213

*Издаются с 1886 года*

*Редактор Л.Я. Титова*

*Компьютерная верстка Е.А. Корнуковой*

---

Подписано в печать с оригинал-макета 12.11.2015. Формат 60×84 1/16. Печать цифровая.  
Уч.-изд. л. 18,0. Печ. л. 18,0. Тираж 500 экз. Заказ № 180. С 184.

---

Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет  
имени С.М. Кирова  
Издательско-полиграфический отдел СПбГЛТУ  
194021, Санкт-Петербург, Институтский пер., 5