



ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

УДК 66.063.62

***В.С. Куров, Н.П. Мидуков, А.О. Никифоров, М.В. Коваленко,
Ю.Г. Мандре, Э.Л. Аким***

Санкт-Петербургский государственный технологический университет растительных полимеров

Куров Виктор Сергеевич родился в 1953 г., окончил в 1976 г. Ленинградский государственный технологический институт целлюлозно-бумажной промышленности, доктор технических наук, профессор, действительный член РАЕН, проректор по научной работе С.-Петербургского государственного технологического университета растительных полимеров. Имеет более 180 печатных работ в области исследования нестационарных гидромеханических процессов и реологии водоволокнистых суспензий целлюлозно-бумажной промышленности.
E-mail: VSKurov@inbox.ru



Мидуков Николай Петрович родился в 1983 г., окончил в 2005 г. С.-Петербургский государственный технологический университет растительных полимеров, доцент кафедры процессов и аппаратов химической технологии СПбГТУРП. Имеет 15 печатных работ в области технологии и оборудования химической переработки биомассы дерева.
Тел.: 8(812)746 53 47



Никифоров Аркадий Олегович родился в 1954 г., окончил в 1976 г. Ленинградский технологический институт им. Ленсовета, кандидат технических наук, доцент кафедры процессов и аппаратов химической технологии С.-Петербургского государственного технологического университета растительных полимеров. Имеет более 90 печатных работ в области процессов и аппаратов химической технологии.
Тел.: 8 (812)349 23 00



Коваленко Марина Викторовна окончила в 1994 г. С.-Петербургский государственный технологический университет растительных полимеров, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии целлюлозы и композиционных материалов СПбГТУРП. Имеет более 40 печатных трудов в области технологии целлюлозно-бумажного производства и тароупаковочных материалов.
E-mail: marina_kov@mail.ru



© Куров В.С., Мидуков Н.П., Никифоров А.О., Коваленко М.В., Мандре Ю.Г., Аким Э.Л., 2012

Мандре Юрий Георгиевич родился в 1955 г., окончил в 1977 г. Пермский политехнический институт, кандидат технических наук, профессор кафедры технологии целлюлозы и композиционных материалов СПбГТУРП. Имеет более 20 печатных трудов в области технологии целлюлозно-бумажного производства.
Тел./факс: 8(812) 786 53 23



Аким Эдуард Львович родился в 1936 г., окончил в 1956 г. Ленинградский технологический институт целлюлозно-бумажной промышленности, доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой технологии целлюлозы и композиционных материалов СПбГТУРП. Имеет более 500 печатных трудов в области технологии целлюлозно-бумажного производства и химии древесины.
E-mail: akim-ed@mail.ru



УСТАНОВКА ДЛЯ ЭКСТРАКЦИИ АРАБИНОГАЛАКТАНА ИЗ ДРЕВЕСИНЫ ЛИСТВЕННИЦЫ НА БАЗЕ РОТОРНО-ПУЛЬСАЦИОННОГО АППАРАТА*

Представлена история формирования научной школы по экстракции и диспергированию различных систем в роторно-пульсационных аппаратах, приводятся оптимальные условия экстракции арабиногалактана, дано описание принципиально новой установки на базе роторно-пульсационного аппарата для проведения процессов диспергирования и экстракции из волокнистых материалов, в том числе и арабиногалактана из древесины лиственницы. Представлены экспериментальные результаты, иллюстрирующие преимущество использования данной установки и аппарата.

Ключевые слова: проект лиственница, лиственница, экстракция, арабиногалактан, роторно-пульсационный аппарат, эффективность экстракции.

Лиственницы даурская (*Larix dahurica* Turcz.) и сибирская (*Larix Sibirica* Ldb) являются наиболее распространенными древесными породами Восточной Сибири и Дальнего Востока. Они занимают особое место в лесосырьевой базе предприятий Российской Федерации, прежде всего Братского и Усть-Илимского ЛПК.

* Проект «Лиственница» осуществляется при финансовой поддержке Минобрнауки России. Проект «Разработка инновационной технологии комплексной переработки древесины лиственницы (с выводом на мировые рынки нового вида товарной целлюлозы)» вышел победителем открытого публичного конкурса по отбору организаций на право получения субсидий на реализацию комплексных проектов по созданию высокотехнологичного производства в целях государственной поддержки развития кооперации российских высших учебных заведений и организаций реального сектора экономики (Постановление Правительства РФ № 218 от 09.04.2010 г.) Инициатор проекта – ОАО «Группа «Илим». Партнер по комплексному проекту создания высокотехнологичного производства – С.-Петербургский государственный технологический университет растительных полимеров.

Фундаментальные исследования древесины лиственницы, ее состава и особенностей применения в ЦБП были проведены Н.И. Никитиным и его учениками [3, 4, 18, 25, 26]. В дальнейшем работы в данной области были продолжены в ЛТА, ЛТИ ЦБП (СПбГТУРП), ВНИИБ, СибНИИЦК, ЦНИИЛХ и др. [2–4, 11, 20, 21, 25, 26].

Использование древесины лиственницы в ЦБП ограничено особенностями ее физико-химических свойств. Она характеризуется высокой плотностью и значительным содержанием (от 5 до 30 %) водорастворимых веществ, прежде всего гидрофильного полисахарида – арабиногалактана (ранее называвшегося арабогалактаном).

Арабиногалактан (АГ) применяется в медицине, косметической и пищевой промышленности благодаря своим иммуномодулирующим, гастропротективным, антимикробным и пребиотическим свойствам.

Процесс водной экстракции арабиногалактана из древесины лиственницы достаточно широко изучен, однако большинство исследователей проводили экстракцию в громоздкой металлоемкой аппаратуре периодического действия (аппараты с мешалкой, автоклавы и диффузоры) при непрерывной подаче экстрагента. Технология выделения АГ и флавоноидов (дигидрокверцетин – ДКВ и др.) из низкотемпературных предгидролизатов лиственницы была разработана в ЦНИЛХИ, Иркутском госуниверситете, СибНИИЦК, ЛТА, НПО «Полимерсинтез» и др. Опытная установка для получения АГ и ДКВ из древесины лиственницы была создана в 1989 г. в ЦНИЛХИ [20].

Исследования по извлечению веществ из пористых тел в многофазных системах в поле механических колебаний, начавшиеся еще более 50 лет назад в ЛТИ ЦБП на кафедре процессов и аппаратов химической технологии под руководством профессора А.М. Гинстлинга [5, 8, 9], показали, что проведение процесса экстракции водорастворимых веществ из растительного сырья в поле механических колебаний позволяет уменьшить время экстракции на 1-2 порядка по сравнению с известными способами и достичь практически полного извлечения экстрактивных веществ [5, 7–10, 14]. Результаты последующих исследований гидродинамических закономерностей работы аппаратов роторно-пульсационного типа были использованы для расчетов процессов диспергирования и экстракции в системе жидкость–твердое тело [7, 13–15, 19, 23, 24].

Метод предварительной экстракции древесины лиственницы в поле механических колебаний был разработан в проблемной лаборатории ЛТИ ЦБП [25]. Для определения оптимальных условий экстракции лиственницы изучалось влияние основных факторов (ширина прорезей в цилиндрах роторно-пульсационного аппарата (РПА), зазор между ротором и статором, кратность обработок и др.) Были установлены оптимальные параметры процесса, при использовании которых была получена целлюлоза с наиболее высокими механическими показателями [10].

Следует отметить, что в настоящее время РПА успешно применяются в ряде отраслей промышленности, в частности для обработки растворов и дисперсий полисахаридов в текстильной промышленности [12].

За прошедшие десятилетия в ЛТИ ЦБП–СПбГТУРП сформировалась научная школа по экстрагированию и диспергированию различных систем в РПА [1, 5–10, 13–16, 19, 22–24].

На основании анализа этих работ создана установка (рис. 1) и РПА (рис. 2) для проведения процессов диспергирования и экстракции из волокнистых материалов, в том числе и арабиногалактана из древесины лиственницы [22, 24]. Значительно позднее аналогичная установка была представлена в работе [27], причем выводы, полученные авторами данной статьи, требуют уточнений. Известно, что в процессе экстракции водорастворимых веществ из древесины лиственницы в поле механических колебаний определяющую роль играет механизм молярного переноса вещества [14]. Установлено, что процесс экстракции в прорезях ротора протекает эффективнее, чем в прорезях статора, что связано с различием микроструктуры потоков в этих зонах и соответственно с различием градиентов давления в них. Эти факты были учтены нами при конструировании установки для извлечения водорастворимых веществ из древесины лиственницы. Конструктивные параметры промышленного РПА для извлечения водорастворимых веществ из древесины лиственницы запатентованы [22].

Для определения времени извлечения водорастворимых веществ под действием разности давлений использовано пульсирующее динамическое давление, рассчитанное на базе теории свободной турбулентности с применением функции комплексного переменного. Эта методика расчета, разработанная на кафедре процессов и аппаратов химической технологии СПбГТУРП, учитывает влияние всех основных конструктивных параметров РПА, а также скорости течения в зазоре между ротором и статором и расхода среды через аппарат. Результаты расчета продолжительности экстракции по этой методике согласуются с экспериментальными данными, полученными другими исследователями.

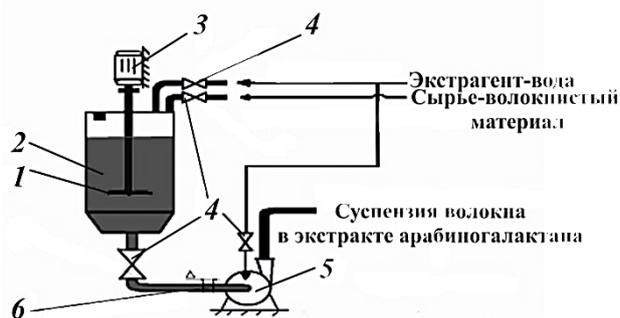


Рис. 1. Установка для экстракции арабиногалактана из древесины лиственницы на базе роторно-пульсационного аппарата: 1 – мешалка; 2 – емкость; 3 – привод; 4 – вентили; 5 – роторно-пульсационный аппарат; 6 – подвижное соединение трубопровода

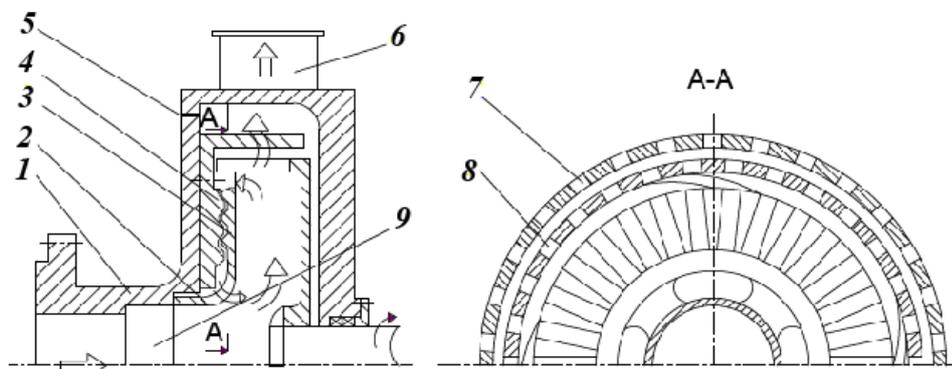


Рис. 2. Роторно-пульсационный аппарат для проведения экстракции арабиногалактана из древесины лиственницы: 1 – корпус; 2 – ротор; 3, 4 – рифления ротора и статора; 5 – устройство для изменения зазора между рифлениями ротора и статора; 6, 9 – входной и выходные патрубки 7, 8 – прорези ротора и статора

Таким образом, предложенная нами промышленная установка для извлечения экстрактивных веществ из древесины лиственницы [27] позволяет уменьшить продолжительность экстракции на порядок по сравнению с пилотной (рис. 3) [27]. Согласно проведенному патентному поиску, предложенные установка и аппарат являются наиболее простым и доступным решением задачи эффективной экстракции водорастворимых веществ из волокнистых материалов, в том числе и арабиногалактана из древесины лиственницы. Для исследовательских задач была создана лабораторная установка, позволяющая осуществлять экстракцию в широком диапазоне технологических параметров.

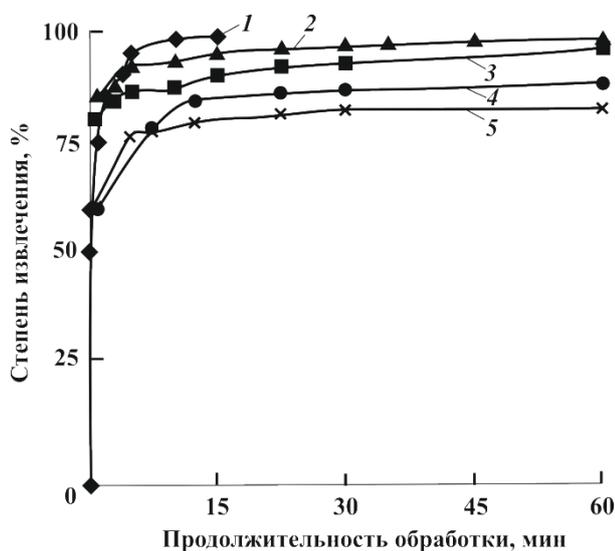


Рис. 3. Зависимость степени извлечения арабиногалактана от продолжительности обработки: 1 – результаты экстракции в установке по патенту [24]; 2–5 – в пилотной установке

В заключении необходимо отметить, что экстракция водорастворимых компонентов древесины лиственницы в РПА при ее комплексной переработке наиболее перспективна для опилочной фракции. По данным ФАО ООН/ЕЭК ООН [28] при переработке хвойных пород образуется 8...12 % опилок. Эти данные, относящиеся к Канаде и Скандинавским странам, могут быть распространены и на лиственницу, в связи с этим опилки лиственницы являются весьма перспективным сырьем при наличии крупнотоннажных потребителей продуктов экстракции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Аким Э.Л.* Взаимодействие целлюлозы и других полисахаридов с водными системами // Научные основы химической технологии углеводов / Отв. ред. А.Г. Захаров. М.: Изд-во ЛКИ, 2008. С. 265–348.
2. *Антонова Г.Ф., Тюкавкина Н.А.* Водорастворимые вещества лиственницы и возможности их использования // Химия древесины. 1983. № 2. С. 89–96.
3. *Антоновский С.Д., Кулакова В.Н., Чочиева А.Ф.* Получение и переработка водорастворимых гемицеллюлоз древесины лиственницы // Химия древесины. 1971. № 8. С. 147–153.
4. *Антоновский С.Д., Чочиева М.М., Агишева Т.И.* О химическом составе и физико-химических свойствах водорастворимых гемицеллюлоз древесины лиственницы // Химия древесины. 1971. № 8. С.141–146.
5. А.с. СССР 127999. Ротационный аппарат для взаимодействия жидкости с жидкостью, газом или порошковым телом / Барам А.А., Гинстлинг А.М. Оpubл. 1960. Бюл. № 9.
6. А.с. СССР 1608280. Способ получения многослойного картона / Амосов В.А., Аким Э.Л., Никольский О.Н., Савва В.К., Кальянов И.В., Рябченко С.В., Зайонц Е.Г., Бутко Г.Ю., Фрейдкин М.Б. (СССР). Оpubл. 23.11.90. Бюл. № 43.
7. *Балабудкин М.А.* Исследование диспергирования и гидродинамических явлений в роторно-пульсационных аппаратах: автореф. ... канд. техн. наук. Л., 1969. 16 с.
8. *Барам А.А.* Исследование процесса извлечения веществ из пористых тел в многофазных системах в поле механических колебаний: автореф. ... канд. техн. наук. Л., 1963. 14 с.
9. *Гинстлинг А.М., Барам А.А.* Ультразвук в процессах химической технологии. Л.: Госхимиздат, 1960. 75 с.
10. Исследование возможности применения полуфабрикатов из экстрагированной древесины лиственницы для производства картона и бумаги / Б.Н. Моисеев [и др.] // Химия и технология целлюлозы. 1978. № 5. С. 87–90.
11. *Кислицын А.Н., Жукова И.П., Пузанова В.Ю.* Технология переработки низкотемпературных предгидролизатов лиственницы // Гидролиз. и лесохим. пром-сть. 1992. № 3. С. 17–19.
12. *Липатова И.М., Морыганов А.П.* Механоиницируемые структурные и химические превращения в растворах и жидких дисперсиях полисахаридов // Научные основы химической технологии углеводов / Отв. ред. А.Г. Захаров. М.: Изд-во ЛКИ, 2008. С. 349–399.

13. Лошакова О.А. Исследование гидродинамических закономерностей работы аппаратов роторно-пульсационного типа: автореф. ... канд. техн. наук. Л., 1981. 18 с.
14. Любанский Б.П. Исследование процесса экстракции водорастворимых веществ из древесины лиственницы в поле механических колебаний: автореф. ... канд. техн. наук. Л., 1978. 18 с.
15. Мидуков Н.П., Куров В.С., Никифоров А.О. Повышение эффективности процесса диспергирования волокнистой суспензии в роторно-пульсационном аппарате // Лесн. журн. 2008. № 4. С. 116–119. (Изв. высш. учеб. заведений).
16. Мидуков Н.П., Никифоров А.О., Куров В.С. Диспергирование волокнистой суспензии в роторно-пульсационном аппарате // Целлюлоза. Бумага. Картон. 2010. № 2. С. 62–65.
17. Мидуков Н.П. Повышение эффективности процесса диспергирования многофазных систем целлюлозно-бумажного производства в роторно-пульсационном аппарате: автореф. ... канд. техн. наук. СПб., 2009. 16 с.
18. Никитин Н.И. Химия древесины и целлюлозы. М.: Изд-во АН СССР, 1962. 711 с.
19. Никифоров А.О. Разработка аппарата роторно-статорного типа для эмульгирования и перекачивания проклеивающих составов: автореф. ... канд. техн. наук. Л., 1984. 16 с.
20. Опытная установка по переработке низкотемпературного предгидролизата лиственницы / А.Н. Кислицын [и др.] // Гидролиз. и лесохим. пром-сть. 1993. № 1. С. 11–13.
21. Очистка низкотемпературного предгидролизата лиственницы / А.Н. Кислицын [и др.] // Гидролиз. и лесохим. пром-сть. 1993. № 2. С. 11–12.
22. Пат. 70154. Роторно-пульсационный аппарат / Мидуков Н.П., Никифоров А.О., Куров В.С. Оpubл. 20.01.08. Бюл. № 2.
23. Пат. 2135254. Способ экстракции растительного сырья / Барам А.А., Куров В.С., Полевченко И.В., Рошин В.И. Оpubл. 09.04.98. Бюл. № 24.
24. Пат. 2410148. Установка для приготовления волокнистой суспензии с наполнителем / Мидуков Н.П., Никифоров А.О., Куров В.С. Оpubл. 27.01.2010. Бюл. № 3.
25. Получение из лиственницы целлюлозы высокого качества / Н.И. Никитин [и др.] // Бум. пром-сть. 1970. № 8. С. 3–5.
26. Школьников Е.В., Ананьева Г.Ф., Мальцева Г.Н. Кинетика выделения водорастворимых веществ из коры ели и сосны при водной и серно-кислотной обработке // Лесн. журн. 1996. № 1-2. С. 186–194. (Изв. высш. учеб. заведений).
27. Экстракция арабиногалактана из опилок лиственницы сибирской в аппарате роторно-пульсационного типа / М. С. Василишин и [и др.] // Ползуновский вестник. 2010. № 4. С. 168–173.
28. Forest Products Conversion Factors for the UNECE Region // United Nations Economic Commission for Europe. Food and Agriculture Organization of the United Nations. UNITED NATIONS, Geneva, 2010. 38 p.

Поступила 26.09.11

V.S. Kurov, N.P. Midukov, A.O. Nikiforov, M.V. Kovalenko, Yu.G. Mandre, E.L. Akim
Saint Petersburg State Technological University of Plant Polymers

**Device for Extracting Arabinogalactan from Larch Wood on the Basis
of Rotor-Pulsation Appliance**

The article presents the optimum conditions for arabinogalactan extraction, describes a fundamentally new device based on a rotor-pulsation appliance for dispersion and extraction from fibrous materials, including arabinogalactan from larch wood. Experimental results illustrating advantages of using this equipment are presented.

Key words: larch project, larch, extraction, arabinogalactan, rotor-pulsation appliance, extraction efficiency.
