

УДК 630*861

О.С. Беушева, Н.П. Мусько, М.М. Чемерис

Беушева Ольга Сергеевна родилась в 1980 г., окончила в 2002 г. Алтайский государственный технический университет, аспирант кафедры технологии переработки пластмасс и эластомеров Алтайского государственного технического университета. Имеет 3 публикации в области химии древесины и ее основных компонентов.



Мусько Нина Павловна родилась в 1956 г., окончила в 1979 г. Алтайский государственный университет, старший научный сотрудник НИИ древесных термопластиков при Алтайском государственном университете. Имеет около 30 научных трудов в области химии древесины и ее основных компонентов.



Чемерис Михаил Матвеевич родился в 1945 г., окончил в 1968 г. Томский политехнический институт, доктор химических наук, профессор, заведующий кафедрой технологии переработки пластмасс и эластомеров Алтайского государственного технического университета. Имеет более 100 научных публикаций в области химии древесины и ее основных компонентов

**МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ
ПРОЦЕССА ВЗРЫВНОГО АВТОГИДРОЛИЗА ДРЕ-
ВЕСИНЫ ЛИСТВЕННИЦЫ**

Изучен процесс взрывного автогидролиза древесины лиственницы методом полного факторного эксперимента, получена математическая модель процесса.

Ключевые слова: взрывной автогидролиз, целлюлоза, лигнин, легкогидролизуемые полисахариды, полный факторный эксперимент.

Лиственница является наиболее распространенной древесной породой в Сибири. В Иркутском институте химии СО РАН разработаны и внедрены промышленные методы получения из нее биологически активных веществ, широко применяемых в медицине (арабиногалактан и дигидрокверцетин). При этом оставшаяся древесина может быть направлена на переработку [1].

Как правило, химическую переработку древесины либо проводят в жестких условиях, обеспечивающих структурные изменения, либо применяют ее предварительную активацию. В качестве перспективного метода

активации предлагается использовать взрывной автогидролиз [3–5], при котором в древесине происходят структурные и химические превращения, сопровождающиеся деструкцией основных компонентов, в первую очередь, гемицеллюлоз как легкогидролизуемых полисахаридов (ЛГП). При протекании глубоких гидролитических процессов гемицеллюлозы гидролизуются до низкомолекулярных продуктов, растворимых в воде. Степень гидролитической деструкции гемицеллюлоз определяется условиями гидротермической обработки древесины, а это значит, что с помощью взрывного автогидролиза (ВАГ) можно получать продукт, свободный от гемицеллюлоз [2].

Цель данной работы – математическое моделирование поведения легкогидролизуемых полисахаридов древесины лиственницы в процессе взрывного автогидролиза.

В качестве объекта исследования использовали щепу древесины лиственницы с размером частиц $20 \times 5 \times 5$ мм, предварительно обессмоленную этилацетатом и проэкстрагированную горячей (100°C) водой. Щепа содержала 46,6 % целлюлозы, 27,1 % лигнина, 22,9 % легкогидролизуемых полисахаридов.

Для осуществления быстрой декомпрессии ВАГ проводили в специальном автоклаве вместимостью 2 л.

Лигноуглеводный остаток после ВАГ экстрагировали водой, получая при этом жидкую и твердую фазы. Твердый остаток анализировали на содержание ЛГП, водный экстракт – редуцирующих веществ (РВ). Для анализа компонентов использовали общепринятые методики [7].

В качестве факторов воздействия ВАГ на процесс разделения были выбраны следующие: температура гидролиза, продолжительность обработки древесины в реакторе под давлением, гидромодуль при предварительной обработке.

Осуществление взрывного автогидролиза может происходить в широком диапазоне температур, причем продолжительность выдержки обрабатываемого материала при заданной температуре различна. Разделение и глубина преобразований компонентов древесины зависят от соотношения продолжительности и температуры обработки паром. При высокой температуре продолжительность пропаривания материала сокращается до нескольких минут. Поэтому для установления оптимальных условий удаления ЛГП был применен метод полного трехфакторного двухуровневого эксперимента (ПФЭ 2^3).

Условия проведения эксперимента представлены в табл. 1.

Натуральные значения факторов Z были закодированы в безразмерные величины X_i ($X(0)$ – основной уровень). Выходными параметрами (откликами) служили: 1 – содержание целлюлозы ЛГП в твердом остатке Y_1 ; 2 – содержание РВ в водном экстракте Y_2 .

Матрица планирования полного трехфакторного двухуровневого эксперимента и результаты ее реализации приведены в табл. 2, уравнения регрессии процесса ВАГ и их статистические характеристики – в табл. 3.

Таблица 1

Натуральные факторы	Температура гидротермической обработки Z_1 , °C	Продолжительность гидротермической обработки Z_2 , мин	Гидромодуль Z_3
Основной уровень	205	16	1,5
Шаг варьирования	15	14	0,5
Верхний уровень	220	30	2,0
Нижний уровень	190	2	1,0

Таблица 2

Номер опыта	Z_1	Z_2	Z_3	X_1	X_2	X_3	Y_1	Y_2
1	190	2	1,0	–	–	–	12,5	7,7
2	220	2	1,0	+	–	–	4,5	11,7
3	190	30	1,0	–	+	–	4,1	12,4
4	220	30	1,0	+	+	–	2,9	15,3
5	190	2	2,0	–	–	+	10,8	10,6
6	220	2	2,0	+	–	+	3,6	14,5
7	190	30	2,0	–	+	+	3,1	13,7
8	220	30	2,0	+	+	+	1,6	14,4
9	205	16	1,5	0	0	0	4,8	12,3
10	205	16	1,5	0	0	0	4,9	12,5

Таблица 3

Отклик	Уравнение, описывающее процесс ВАГ	Критерий Фишера		Критерий Кохрена	
		по уравнению регрессии	табличное значение	по уравнению регрессии	табличное значение
1	$Y_1 = 5,4 - 2,2X_1 - 2,5X_2 - 0,6X_3 + 1,6X_1X_2$	12,9	215,7	0,0110	0,7544
2	$Y_2 = 12,5 - 1,4X_1 + 1,4X_2 - 0,7X_2X_3$	58,7	215,7	0,0150	0,7544

Из табл. 3 следует, что полученные уравнения могут быть использованы в качестве математических моделей исследуемого процесса.

В целом результаты исследования хорошо согласуются с литературными данными по гидролизу ЛЦМ других пород [6].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бабкин, В.А. Продукты глубокой химической переработки биомассы лиственницы. Технология получения и перспективы использования [Текст] / В.А. Бабкин, Л.А. Остроухова, С.З. Иванова // Рос. хим. журн. – 2004. – Т. XLVIII, № 3.
2. Дудкин, М.С. Гемиллюлозы [Текст] / М.С. Дудкин [и др.]. – Рига: Зинатне, 1991. – 488 с.

3. *Гравитис, Я.А.* Теоретические и прикладные аспекты метода взрывного автогидролиза растительной биомассы [Текст] / Я.А. Гравитис // Химия древесины. – 1987. – № 5.

4. *Ефремов, А.А.* Состав растительных полимеров древесного происхождения, получаемых в условиях взрывного автогидролиза [Текст] / А.А. Ефремов, И.В. Кротова // Химия растительного сырья. – 2003.

5. *Калейне, Д.А.* Высокотемпературный автогидролиз древесины. Автогидролиз березовой древесины [Текст] / Д.А. Калейне, А.Г. Веверис, А.Г. Полманис // Химия древесины. – 1990. – № 3. – С. 101–107.

6. *Калейне, Д.А.* Высокотемпературный автогидролиз древесины. Сопоставление поведения древесины основных пород ЛатвССР [Текст] / Д.А. Калейне, А.Г. Веверис, А.Г. Полманис // Химия древесины. – 1990. – № 3. – С. 89–95.

7. *Оболенская, А.В.* Лабораторные работы по химии древесины и целлюлозы [Текст] / А.В. Оболенская, З.П. Ельницкая, А.А. Леонович. – М.: Экология, 1991. – 320 с.

Алтайский государственный
технический университет

Поступила 15.09.05

O.S. Beusheva, N.P. Musko, M.M. Chemeris

Mathematical Model for Process of Larch Explosive Autohydrolysis

The process of larch explosive autohydrolysis is investigated by method of complete factorial experiment, mathematical model of the process is produced.

