

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ВЗРЫВНОГО АВТОГИДРОЛИЗА КОРЫ ДРЕВЕСИНЫ СОСНЫ

О.С. Беушева, Д.В. Ширяев, Н.П. Мусько, М.М. Чемерис

В данной статье представлены результаты оптимизации процесса взрывного автогидролиза коры древесины сосны. В результате проведенных исследований получена математическая модель, позволяющая прогнозировать влияние параметров процесса взрывного автогидролиза на поведение основных компонентов коры древесины сосны.

Ключевые слова: взрывной автогидролиз, кора древесины сосны, лигноуглеводная масса

По своему химическому составу древесная кора представляет потенциальный неиссякаемый источник органического сырья. Как и древесина, она содержит такие компоненты как целлюлоза, гемицеллюлозы и лигнин и может быть включена в химическую переработку.

Наиболее перспективными направлениями переработки растительного сырья представляются те, в которых химическое воздействие обеспечивает одновременное получение ценных продуктов на основе всех компонентов растительной биомассы. Одним из таких направлений являются исследования, связанные с химической и физико-химической модификацией основных компонентов растительного сырья методом взрывного автогидролиза и создании на их основе термо- и реактопластичных полимерных материалов.

Коллектив кафедры технологии переработки пластмасс и эластомеров Алтайского государственного технического университета в течение многих лет проводит исследования в этом направлении. Сотрудниками кафедры накоплен обширный материал по модификации древесины методом взрывного автогидролиза [1,2].

В данной работе проводилось моделирование процесса взрывного автогидролиза (ВАГ) коры древесины сосны.

В качестве исследуемого материала использовали кору древесины сосны содержащую 33,9 % целлюлозы, 47,9 % лигнина, 18,2 % легкогидролизуемых полисахаридов (ЛГП).

Взрывной автогидролиз проводился в специальном автоклаве емкостью 2 л. После ВАГ лигноуглеводную массу экстрагировали водой. При этом получали твердый остаток и водный экстракт. Твердый остаток анализировался на содержание целлюлозы, лигнина и ЛГП. В водном экстракте определяли содержание редуцирующих веществ. Для анализа использовались общепринятые методики [3].

Для разработки математической модели был применен метод полного двухфакторного двухуровневого эксперимента (ПФЭ 2^2).

В качестве факторов воздействия на процесс разделения были выбраны следующие параметры: температура взрывного автогидролиза и время выдержки в реакторе под давлением. Натуральные значения факторов были кодированы в безразмерные величины и представлены в таблице 1.

Таблица 1

Условия проведения экспериментов

Натуральные факторы	Температура ВАГ, °C, (Z_1)	Время выдержки в реакторе, мин., (Z_2)
Основной уровень	190	16
Шаг варьирования	30	14
Верхний уровень	220	30
Нижний уровень	160	2

Выходными параметрами оптимизации служили: содержание целлюлозы, лигнина, легкогидролизуемых полисахаридов в твердом остатке и редуцирующих веществ в водном экстракте.

Матрица планирования и результаты ее реализации отображены в таблице 2. Натуральные значения фактора Z заменены соответствующим безразмерным X ($X(0)$ – основной уровень).

В результате математической обработки были получены уравнения регрессии, представленные в таблице 3. Применимость этих уравнений к описанию поверхности отклика была подтверждена сравнением экспериментальных данных с расчетными значениями параметров оптимизации. Эти данные представлены в таблице 4.

Таблица 2

Матрица планирования полного факторного эксперимента 2^2

Z ₁	Z ₂	X ₁	X ₂	Y ₁	Y ₂	Y ₃	Y ₄
160	5	-	-	31,5	55,7	6,2	6,6
220	5	+	-	27,4	59,8	2,3	10,5
160	30	-	+	31,1	56,1	4,2	8,6
220	30	+	+	24,0	60,0	0,1	15,9
190	17,5	0	0	26,0	58,2	3,7	12,1

где: Y₁- содержание целлюлозы, %; Y₂- содержание лигнина, %; Y₃-содержание легкогидролизуемых полисахаридов в твердом остатке, %; Y₄- содержание редуцирующих веществ в водном экстракте, %

Анализ коэффициентов уравнения регрессии (таблица 3), описывающего содержание целлюлозы во взорванной коре сосны, показывает, что содержание целлюлозы зависит только от продолжительности обработки древесины под давлением в реакторе. Уменьшение времени выдержки в реакторе приводит к увеличению содержания целлюлозы в массе после ВАГ.

Таблица 3

Уравнения регрессии

Отклик	Уравнения регрессии	Критерий Фишера по уравнению регрессии	Табличное значение критерия Фишера
Содержание целлюлозы	$Y_1=28,5-2,8X_2$	36,6	199,5
Содержание лигнина	$Y_2=57,9+2X_2$	2,5	199,5
Содержание ЛГП в твердом остатке	$Y_3=3,2-1,05X_1-2X_2$	0,5	164,4
Содержание РВ в экстракте	$Y_4=10,4+1,85X_1+2,8X_2$	64,2	164,4

Таблица 4

Подтверждение результатов

Отклик	Y	Y*	Y	Sb
1	27,8	28,1	0,3	0,2
2	57,0	57,4	0,4	0,1
3	2,9	3,1	0,2	0,1
4	10,0	10,1	0,1	0,1

Анализ уравнения регрессии, описывающего содержание лигнина, показывает, что увеличение времени выдержки в реакторе под давлением приводит к увеличению содержания лигнина.

Анализ уравнения регрессии, описывающего содержание легкогидролизуемых полисахаридов в твердом остатке показало, что при увеличении температуры процесса и времени выдержки в реакторе происходит снижение содержания легкогидролизуемых полисахаридов в твердом остатке.

Уравнение регрессии, описывающее содержание РВ в водном экстракте показало, что при увеличении температуры процесса и времени выдержки коры под давлением в реакторе, происходит увеличение содержания РВ в водном экстракте.

В результате проведенных исследований получена математическая модель процесса взрывного автогидролиза коры древесины сосны, позволяющая прогнозировать влияние параметров процесса взрывного автогидролиза на поведение основных компонентов коры древесины сосны.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Беушева О.С., Мусько Н.П. // Ползуновский Альманах. Горизонты образования. 2005 г.
2. Беушева О.С., Мусько Н.П., Чемерис М.М. // Ползуновский вестник. – 2004. – №4. – С. 37-39.
3. Азаров В.И., Буров А.В., Оболенская А.В. Химия древесины и синтетических полимеров: Учебник для вузов. СПб.: СПбЛТА, 1999. – 628 с.