

ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГ ИИ ПЕРЕРАБОТКИ РИСОВО Й СОЛОМЫ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИ Я БУМАЖНОЙ МАССЫ



Д.Д. Урозова, Я.В. Казаков
Северный (Арктический) федеральный университет
им. М.В. Ломоносова, Архангельск

ВШТЭ, СПб | 24 - 25. 11. 2025

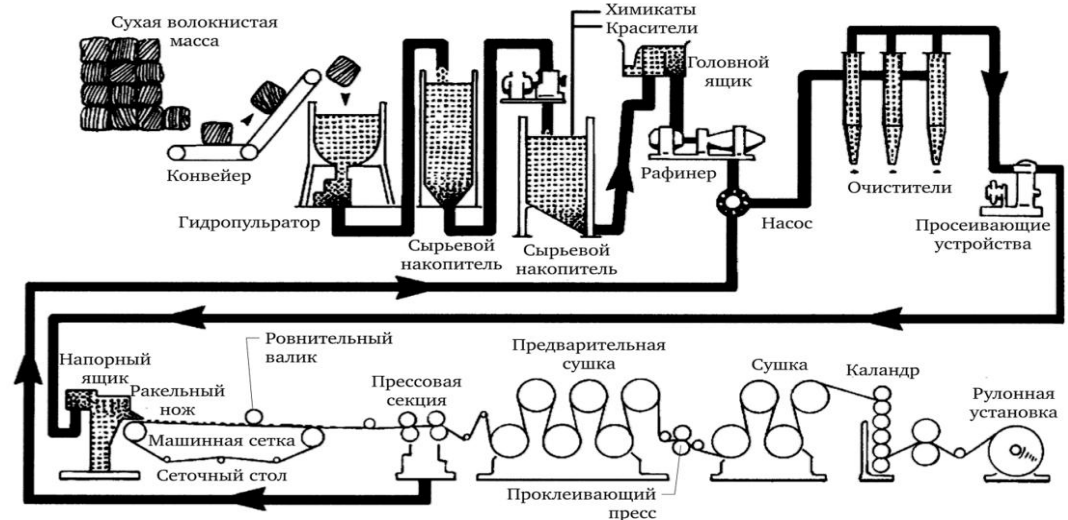
Актуальность

- Мировой спрос на бумажную продукцию растёт.
- Сокращаются лесные ресурсы.
- В Узбекистане ежегодно образуются миллионы тонн рисовой соломы.
- Основная часть соломы сжигается, создавая экологическую нагрузку.
- Переработка соломы — способ снизить отходы и заменить древесное сырьё.



Проблема традиционных методов

- Содовые и сульфатные способы требуют высоких температур и давления.
- Активно растворяется кремнезём → ухудшается качество волокна.
- Высокие энергозатраты делают процесс невыгодным.



https://studme.org/316261/tehnika/sovremennaya_tehnologiya_izgotovleniya_bumagi
Современная технология изготовления бумаги -
ОСНОВЫ ПОЛИГРАФИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА

Автор рисунка: Запекина Наталья

Цель: оптимизация мягкого щелочного метода переработки рисовой соломы — технологии сульфатного отстаивания

- Изучить влияние концентрации реагентов и времени замачивания;
- Определить оптимальные параметры делигнификации;
- Оценить качество полученного волокна.



Сущность технологии

- Процесс проходит при 25–60 °С и атмосферном давлении.
- Раствор: $\text{NaOH} : \text{Na}_2\text{SO}_4 : \text{Na}_2\text{CO}_3 = 2 : 1 : 1$.
- Время отстаивания — 24–120 часов.
- Гидро модуль = 4.
- Метод прост, безопасен и энергоэффективен.

Рисовая солома



Замачивание



Отстаивание



Промывка



Волокно



Материалы и методы

- Сырьё: рисовая солома урожая 2020 г. (Ферганская долина, Узбекистан).
- Переменные факторы:
 - X_1 — концентрация реагентов (%),
 - X_2 — время замачивания (ч).
- Определяли: выход волокна и зольность.



Уравнения регрессии

В работе использовали двухфакторный эксперимент, план на кубе.
В качестве делигнифицирующего реагента использовали:

- раствор состава $\text{NaOH} : \text{Na}_2\text{SO}_4 : \text{Na}_2\text{CO}_3$ (2:1:1).

Постоянные условия: гидромодуль – 4, температура делигнификации – 25 °С.

В качестве переменных факторов были выбраны:

X_1 – концентрация реагентов в реакционном растворе, % от массы абсолютно сухого сырья;

X_2 – продолжительность замачивания (включая заключительное замачивание в горячей воде), ч.

У готового продукта определяли общий выход и зольность.

При обработке результатов эксперимента получены уравнения регрессионное для выхода продукта (Y_1) и зольности продукта (Y_2) в виде полинома второго порядка:

$$Y = b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + b_{12} X_1 X_2 + b_{11} X_1^2 + b_{22} X_2^2$$

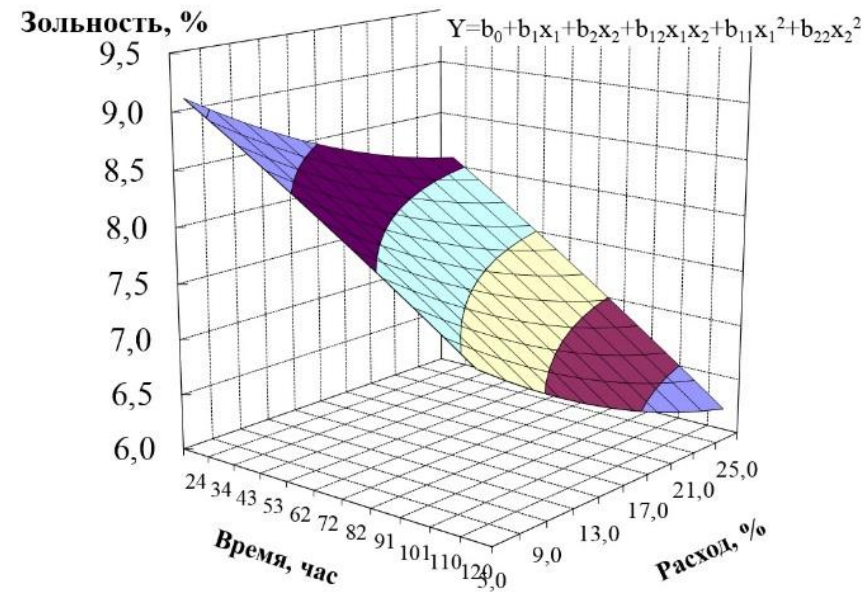
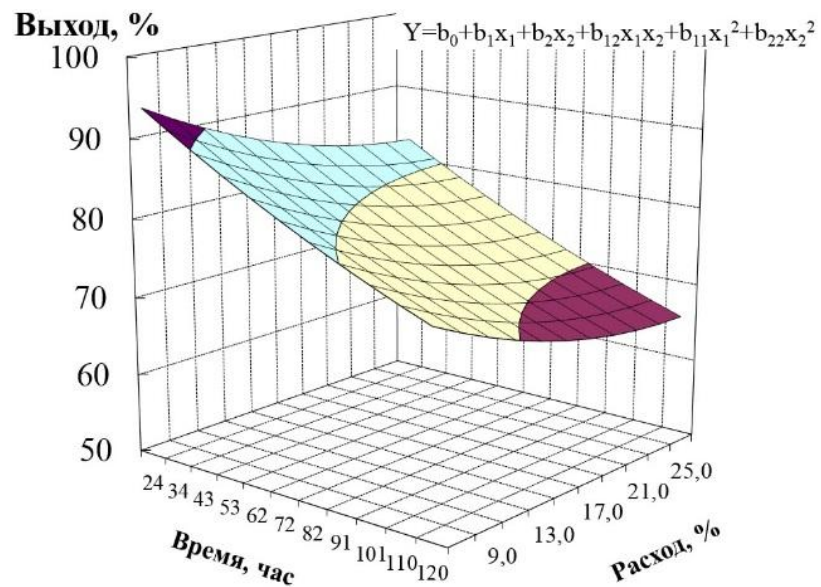
где X_1, X_2 – варьируемые факторы в натуральных значениях.

Матрица планирования эксперимента и результаты реализации плана

№ эксперимента	Факторы				Выходные параметры	
	В кодированной форме		В натуральной форме		Выход волокнистого продукта, %	Зольность, %
	X_1	X_2	X_1	X_2	Y_1	Y_1
1	-1	-1	5	24	93,1	8,98
2	-1	0	5	72	84,0	8,44
3	-1	1	5	120	75,7	7,43
4	0	-1	15	24	87,4	8,56
5	0	0	15	72	75,6	7,72
6	0	1	15	120	66,6	6,41
7	1	-1	25	24	82,1	8,12
8	1	0	25	72	72,7	6,91
9	1	1	25	120	66,2	6,41

Результаты эксперимента

- При увеличении концентрации реагентов и времени замачивания:
 - выход волокна снижается,
 - зольность уменьшается.
- Коэффициент корреляции моделей $> 0,98$.



Заключение

На основании анализа установлено, что оптимальными параметрами процесса являются концентрация реагентов 14 % от массы абсолютно сухого сырья и продолжительность замачивания 92 часа. При данных условиях расчетный выход продукта составляет 71,8 %, а зольность – 7,4 %.

Среди различных методов переработки рисовой соломы для получения целлюлозной массы технология сульфатного замачивания выделяется рядом существенных преимуществ, делающих её особенно перспективной в условиях необходимости повышения экологичности и экономической эффективности

Преимущества и ограничения



- Энергоэффективность
- Минимизация растворения кремнезёма
- Экологичность
- Сохранение структуры волокон



- Длительность процесса (до 92 часов)
- Повышенный расход воды



Выводы

- Разработана мягкая щелочная технология переработки рисовой соломы.
- Определены рациональные параметры: 14 % реагентов, 92 ч процесса.
- Получено волокно с низкой зольностью и сохранённой структурой.
- Метод перспективен для регионов с ограниченными лесными ресурсами.



Спасибо за внимание !



durdonakhonurozova@gmail.com



Северный (Арктический) федеральный университет



Архангельск, Россия