

2. Идиатулин А.М. О применении катионного крахмала в производстве бумаги и картона из вторичного волокна // Научные труды 5-й международной конф. Караваево, 2004. С. 58-62.

3. Колесников В.Л. Бумага и картон из волокнисто-полимерных композиций. Минск: БГТУ, 2004. 274 с.

4. Осипов П.В. Совершенствование производства продукции со свойствами влагопрочности // Наука и технология. 2012. № 7. С. 56–59

5. Кожевников С.Ю., Вдовина О.С., Ковернинский И.Н. Химические продукты и инновации «СКИФ Спешиал Кемикалз» для бумаги и картона // Целлюлоза. Бумага. Картон. 2015. №5. С. 64–66.

УДК 676.164.8

## ПРОЦЕСС РАСТВОРЕНИЯ КОМПОНЕНТОВ ДРЕВЕСИНЫ БЕРЁЗЫ ПРИ ДВУХ РАЗЛИЧНЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ ВАРКИ В СИСТЕМЕ ГИДРОКСИД КАЛИЯ – ГИДРАЗИН – ИЗОБУТИЛОВЫЙ СПИРТ – ВОДА

Удальцов В.А.<sup>1</sup>, Вураско А.В.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО Уральский государственный лесотехнический университет, г. Екатеринбург

**Ключевые слова:** варка, берёза, гидроксид калия, гидразин, изобутиловый спирт.

**Аннотация.** Приведено описание двухступенчатого способа варки с использованием гидроксида калия, гидразина, изобутилового спирта и воды. Представлено сравнительное исследование варки при двух температурах 130 °С и 140 °С. Рассмотрено и дано описание явлениям, происходящим с компонентами древесины при пропитке и варке.

## THE PROCESS OF COMPONENTS OF BIRCH WOOD DISSOLUTION UNDER TWO DIFFERENT COOKING TEMPERATURES IN THE SYSTEM OF POTASSIUM HYDROXIDE, HYDRAZINE, ISOBUTYL ALCOHOL, WATER

Udaltsov V.A.<sup>1</sup>, Vurasko A.V.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Ural State Forest Engineering University, Yekaterinburg

**Key words:** pulping, birch wood, potassium hydroxide, hydrazine, isobutyl alcohol.

**Abstract.** Two staged cooking method with the usage of potassium hydroxide, hydrazine, isobutyl alcohol and water is described. The comparative research of cooking under two temperatures 130 °C and 140 °C is presented. The processes which take place during the wood components impregnation and cooking has been reviewed and described.

В качестве альтернативы натронному и сульфатному способам варки предлагается щелочной способ, в котором вместо соединений натрия для делигнификации при варке древесины действуют соединения калия. Этот способ может подойти для малых предприятий, которые не могут позволить использовать сложную систему регенерации химикатов. Способ варки двухступенчатый и основывается на низкотемпературной пропитке древесной щепы водным щелочным раствором (первая ступень); на частичном отборе отработанного раствора по окончании пропитки с заменой его на изобутиловый спирт со снижением жидкостного модуля; на варке с быстрым подъёмом температуры до конечной (вторая ступень).

Комбинация реагентов для варки в системе гидроксид калия – гидразин – изобутиловый спирт – вода способна реализовать такие преимущества:

- **гидроксид калия** в качестве делигнифицирующего реагента позволяет использовать калиевые соединения в двух последовательно выстроенных технологиях: производство целлюлозы и производство органоминеральных удобрений [1, 2];

- **гидразин** являясь восстановителем и щелочным реагентом, ускоряет процесс делигнификации древесины и одновременно защищает углеводные компоненты от реакции отщепления (“*peeling*”), повышая выход целлюлозы. Продукт его деструкции – аммиак послужит источником азота при получении органоминеральных удобрений;

- **изобутиловый спирт** является реагентом, ограниченно смешивающийся с водой, но не растворяет гидроксид калия и гидразин. После пропитки древесной щепы водным раствором, содержащим гидроксид калия и гидразин, и отбора избыточного пропиточного раствора добавляемый непосредственно на варку изобутиловый спирт препятствует выходу из капиллярно-пористой системы древесины делигнифицирующих реагентов, сохраняя их высокую концентрацию в зоне реакций. По окончании варки изобутиловый спирт легко отделяется отслаиванием от водного слоя, содержащего остаток делигнифицирующих реагентов и основную часть продуктов деструкции лигнина и других компонентов древесины.

У исследуемого способа варки следующие преимущества:

- **низкая температура пропитки** (около 20 °С) не позволяет глубоко развиваться химическим реакциям древесного вещества с варочными реагентами, поэтому появляется возможность использовать отработанный после пропитки раствор для следующего цикла пропитки и варки. В таком способе цель пропитки – ввести в контакт древесные вещества с химическими реагентами, предназначенными для варки;

- **снижение температуры варки** (по сравнению с температурой классической сульфатной варки 165...175 °С, при непрерывной варке 170...175 °С [3]) вплоть до 130 °С без значительного ущерба для механических показателей целлюлозных волокон. Направлено на понижение энергозатрат, так щелока после варки будут направлены на переработку в удобрения, а не в СРК для их регенерации и получения пара;

- **возможность создания замкнутого цикла варки** с максимальным использованием реагентов: отработанного пропиточного раствора и отделённого слоя изобутанола после варки без использования перегонки в связи с постоянно повышающейся стоимостью сырья и реагентов.

По результатам ранее проведённых исследований [4], установлено, что минимально возможная температура для получения целлюлозы без ущерба для выхода является температура 130 °С. Проведены две серии варок с конечной температурой 130 °С и 140 °С с целью достижения равного (в пределах погрешности эксперимента) лигнина в целлюлозе: 4,1 % и 4,6 % соответственно. Условия проведения серий варок следующие. Пропитка: расход гидразина 20 % от массы абсолютно-сухой (далее – а. с.) щепы, продолжительность 5 ч, жидкостный модуль 4:1, температура пропитки 20±2 °С, концентрация КОН в пропиточном растворе 140 г К<sub>2</sub>О/дм<sup>3</sup> (для первой серии) и 110 г К<sub>2</sub>О/дм<sup>3</sup> (для второй).

По окончании пропитки отбирали часть избыточного щелочного раствора (в количестве 50 % от объёма заданного на пропитку), с последующим добавлением в автоклав изобутилового спирта с доведением жидкостного модуля для варки 3,5:1,0. Подъём температуры до конечной осуществлялся в течение 0,5 ч, максимальная продолжительность варки на конечной температуре 6 ч (для первой серии) и 3 ч (для второй серии). На рисунке 1 представлено изменение содержания непровара, отсортированной целлюлозы и перешедших в раствор компонентов древесины в зависимости от продолжительности процесса пропитки и последующей варки на конечной температуре 140 °С и 130 °С.

Как видно на рисунке 1 а, несмотря на низкую температуру пропитки происходит непрерывное снижение выхода древесного остатка на протяжении вплоть до 2,5 ч (первый этап), на втором этапе (продолжительность свыше 2,5 ч) растворения древесного вещества при заданных условиях не происходит. На рисунке 1 б наблюдается аналогичная картина, но непрерывное снижение выхода древесного остатка происходит на протяжении всей продолжительности пропитки – 5 ч. На кривой можно выделить два этапа: быстрого растворения (от 0 ч до 2,5 ч) и медленного растворения (от 2,5 ч до 5,0 ч) древесного вещества.

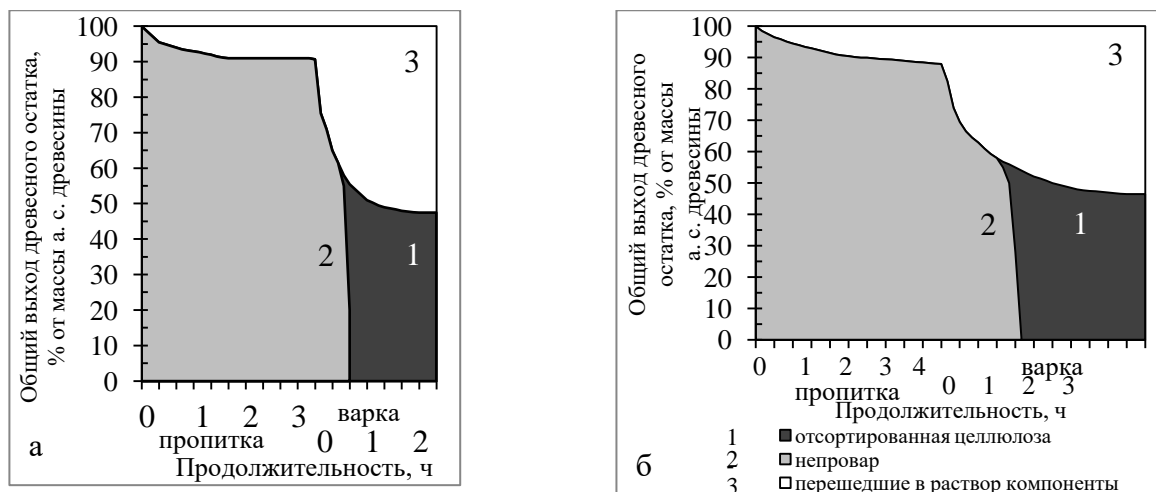


Рисунок 1 – Изменение содержания непровара, отсортированной целлюлозы и перешедших в раствор компонентов древесины в зависимости от условий процесса:  
а – при варке при температуре 140 °С; б – при варке при температуре 130 °С

Сравнив количество переходящего в раствор древесного вещества (рисунок 2), при концентрации раствора гидроксида калия 140 г  $K_2O/дм^3$  древесного вещества растворяется больше (около 12,0 %), чем при концентрации 110 г  $K_2O/дм^3$  (около 9,3 %). Таким образом, на этапе пропитки на процесс растворения древесного вещества влияет концентрация гидроксида калия в растворе, и чем она выше, тем большее количество компонентов древесины переходит в раствор. Такое явление можно объяснить тем, что при высокой концентрации древесины набухает сильнее, увеличивается доступность низкомолекулярных углеводов и лигнина для взаимодействия с КОН. На рисунке 2 заметно, что основное количество компонентов древесины, переходящих в раствор при пропитке, переходит на первом этапе.

После пяти часов пропитки следует быстрый подъём температуры до конечной. На кривой выхода древесного остатка (непровара или целлюлозы) (кривая 1) на участке подъёма до достижения конечной температуры 140 °С наблюдается резкое падение выхода древесного остатка. По сравнению с кривой 1, кривая 2 имеет более плавный вид. Для кривой 2 на участке подъёма до достижения конечной температуры 130 °С характерно менее резкое падение выхода древесного остатка. На этапе варки для обеих кривых заметен резкий ход в начале варки, и более плавный к концу варки. На подъёме растворяется больше компонентов древесины: температура выступает в качестве решающего фактора, по сравнению с концентрацией гидроксида калия. При температуре варки 140 °С процесс разделения древесины на волокна в системе гидроксид калия – гидразин – изобутиловый спирт – вода начинается примерно через 40 мин после начала подъёма температуры до конечной (или 10 мин с начала варки на конечной температуре) и завершается около 1 ч 10 мин варки (рисунок 1 а).

Отмечено падение выхода древесного остатка с 62 % до 54 %. Для варки при температуре 130 °С начиная с 1 ч 40 мин варки происходит распад древесины на волокна, причём полностью древесина распадается на волокна ориентировочно до 2 ч 10 мин (рисунок 1 б).

При вскрытии автоклава с продолжительностью варки 2 ч 30 мин (с учётом подъёма температуры в течение 30 мин) непровар не обнаружен. Выход при этом падает с 57 % до 54 %. Наибольшее растворение компонентов древесины происходит в период подъёма температуры. За время варки на конечной температуре 140 °С растворилось 17,5 % древесного вещества, а при температуре 130 °С – 23,0 %. Кривые растворения для лигнина (сумма твёрдого и кислоторастворимого) приведены на рисунке 3). В раствор переходит на этапе пропитки 6 % лигнина (при концентрации пропиточного раствора 110 г/ $K_2O дм^3$ ) и на этапе подъёма температуры и варки 72 % (при температуре варки 140 °С); и, соответственно, 9 % (при концентрации пропиточного раствора 140 г/ $K_2O дм^3$ ) и на этапе подъёма температуры и варки 74 % (при температуре варки 130 °С).

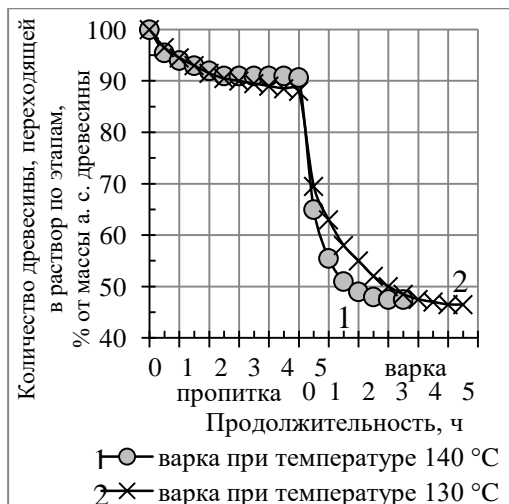


Рисунок 2 – Количество древесины, переходящей в раствор по этапам в зависимости от продолжительности процесса и температуры варки

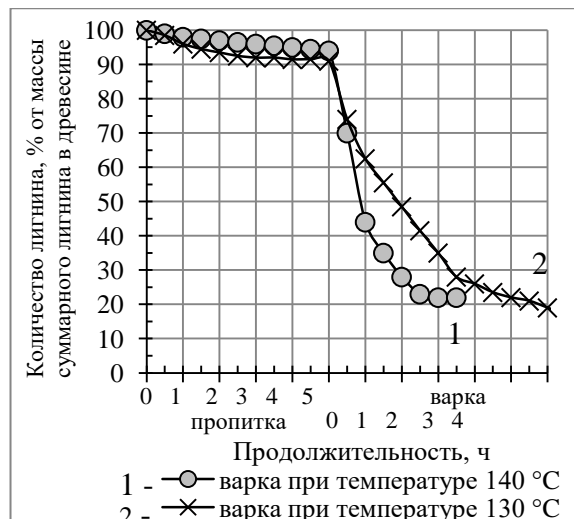


Рисунок 3 – Количество лигнина в древесном остатке или целлюлозе в зависимости от продолжительности процесса и температуры варки

На рисунке 4 представлено количество пентозанов в древесном остатке (или целлюлозе) по этапам. Пентозаны обладают свойством неограниченно набухать под воздействием щелочных растворов и переходить в раствор, являются нестойкими и переходят в раствор, поэтому, несмотря на низкую температуру пропитки происходит переход пентозанов в пропиточный раствор, и тем больше, чем выше его концентрация. В раствор переходит на этапе пропитки 34 % пентозанов (при концентрации пропиточного раствора 110 г/К<sub>2</sub>О дм<sup>3</sup>) и на этапе подъема температуры и варки 41 % (при температуре варки 140 °C); и, соответственно, 36,5 % (при концентрации пропиточного раствора 140 г/К<sub>2</sub>О дм<sup>3</sup>) и на этапе подъема температуры и варки 33,0 % (при температуре варки 130 °C).

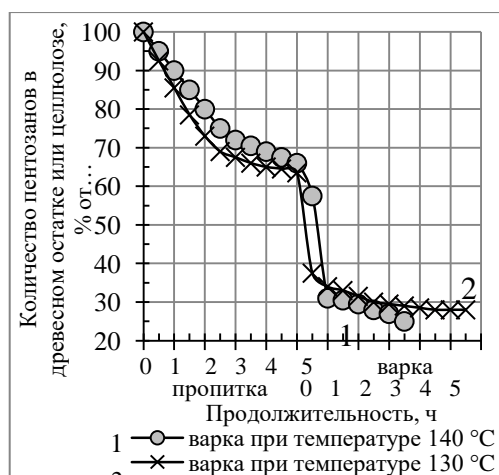


Рисунок 4 – Количество пентозанов в древесном остатке или целлюлозе в зависимости от продолжительности процесса и температуры варки

Для исследования пригодности использования отработанных щелоков в качестве удобрений проведены испытания по выявлению зависимости всхожести семян горчицы и роста её всходов. Водный слой щелоков без дополнительной обработки смешивали с образцами почвы и торфа. Показано, что при использовании в качестве удобрений отработанных калийных щелоков всхожесть увеличивается на 20 %.

Установлено, что на этапе пропитки основным фактором, влияющим на растворение древесного вещества, лигнина и пентозанов является концентрация гидроксида калия в пропиточном растворе, на этапе варки – конечная температура варки. Изменяя основные факто-

ры варки – концентрацию раствора гидроксида калия, задаваемого на пропитку и конечную температуру варки, можно добиться одинакового содержания остаточного лигнина в целлюлозе, получая при этом преимущество либо в снижении температуры варки, либо в снижении продолжительности процесса. Показано, что при смешивании отработанных калийных щелоков с почвогрунтом всхожесть семян горчицы увеличивается на 20 %.

### Список литературы

1. Huang, G. Environmentally friendly pulping of rice straw to eliminate black liquor discharge / G. Huang, X. Liang, Z. Chen, C. Li // TAPPI Journal, August 2010. – P. 7 – 12.
2. Xiao, C. Soil Microbial Responses to Potassium-Based Black Liquor from Straw Pulping / C. Xiao, M. Fauci, D. F. Bezdicsek, W. T. McKean, W. L. Pan // Soil Science Society of America Journal. – 2006. – Vol. 70, N 1. – P. 72 – 77.
3. Непенин, Ю. Н. Технология целлюлозы. В 3-х т. Т. 2. Производство сульфатной целлюлозы: учебное пособие для вузов / Ю. Н. Непенин – 2-е изд., перераб. – М: Лесная промышленность, 1990. – 600 с.
4. Удальцов, В. А. К вопросу о делигнификации древесины берёзы в системе гидроксид калия – гидразин – изобутиловый спирт – вода / В. А. Удальцов, Г. А. Пазухина // ИВУЗ «Лесной журнал» № 4/346.–Архангельск: С(А)ФУ им. М. В. Ломоносова, 2015.–С. 156 – 165.

УДК 676.163.4

## УТИЛИЗАЦИЯ ОТХОДОВ ОТ ХИМИЧЕСКОЙ И МЕХАНИЧЕСКОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ДРЕВЕСИНЫ

Хакимова Ф.Х.<sup>1</sup>, Носкова О.А.<sup>1</sup>, Житнюк В.А.<sup>2</sup>, Пирожкова Ю.В.<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Пермский национальный исследовательский  
 политехнический университет», г. Пермь  
<sup>2</sup>Группа предприятий «Пермская целлюлозно-бумажная  
 компания», г. Пермь

**Ключевые слова:** древесные отходы, березовые опилки, древесная стружка, варка, нейтрально-сульфитная полуцеллюлоза, показатели качества.

**Аннотация.** Показано, что древесные отходы (березовые опилки) ПЦБК могут служить сырьем для получения нейтрально-сульфитной полуцеллюлозы как по непрерывной, так и по периодической технологии. Показатели выхода и качества получаемой полуцеллюлозы соответствуют показателям полуцеллюлозы ПЦБК из технологической щепы. Древесные отходы (стружка) двух предприятий Пермского края могут служить сырьем для получения нейтрально-сульфитной полуцеллюлозы в смеси с опилками ПЦБК.

## DISPOSAL OF WASTE FROM CHEMICAL AND MECHANICAL WOOD PROCESSING

Khakimova F. H.<sup>1</sup>, Noskova O. A.<sup>1</sup>, Zhitniuk V. A.<sup>2</sup>, Pirozhkova Y. V.<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>Perm National Research Polytechnic University, Perm  
<sup>2</sup>Group of enterprises "Perm pulp and paper company", Perm

**Key words:** wood waste, birch sawdust, wood chips, cooking, neutral sulfite semichemical pulp, quality indicators.

**Abstract.** It is shown that wood waste (birch sawdust) from PCBK can serve as a raw material for the production of neutral sulfite semichemical pulp both continuous and periodic technology. The yield and quality of the resulting product correspond to the characteristics of PCBK semichemical pulp with using industrial chips. Wood waste (sawdust) from two enterprises of