

**А.В. Вураско, М.А. Пепелин, А.Н. Пермяков, Ю.Г. Атаева,
С.А. Самородов, М.А. Агеев, А.Л. Шерстобитов, В.П. Сиваков,
И.А. Губанов**

ПРИМЕНЕНИЕ ВАРОЧНО-ДИСПЕРГИРУЮЩИХ ДОБАВОК ПРИ СУЛЬФАТНОЙ ДЕЛИГНИФИКАЦИИ КОМПОЗИЦИИ ЛИСТВЕННЫХ ПОРОД ДРЕВЕСИНЫ

Введение. В Российской Федерации целлюлозно-бумажная промышленность для совместной варки использует древесину березы и осины. Эти породы отличаются плотностью (береза – 460–570 кг/м³; осина – 370–400 кг/м³), компонентным составом, морфологическим и анатомическим строением, в частности, длиной волокон [Азаров и др., 2010]. Как отмечено в работе [Бобров и др., 1984], в начале варочного процесса осиновая щепка из-за меньшей плотности поглощает больше щелочи по сравнению с березовой щепой, и последняя хуже проваривается, приводя к получению непровара. В то же время целлюлоза из древесины осины, находясь в жестких условиях варки, подвергается щелочной деградации, разрушается до кислот, которые дополнительно обедняют варочный раствор щелочными компонентами.

Прокшин и др. [2008] показали, что в присутствии поверхностно-активных веществ (ПАВ) в виде добавок смеси олеиновой и абиетиновой кислот (50:50) и синтетического диспергатора ДС происходит повышение скорости диффузии лигнина и смолистых веществ в целлюлозных волокнах из плотных и толстых клеточных стенок древесины березы на стадии подъема температуры, по сравнению с осиновой древесиной, при совместных сульфатных варках березовой и осиновой щепы.

Для ускорения пропитки щепы из древесины березы Ковтун и Хакимов [2009] использовали ПАВ, в частности, Неонол и ОС-20 для улучшения смачиваемости поверхности щепы за счет снижения поверхностного натяжения варочного раствора.

В работе [Теплоухова и др., 2020] исследовано влияние добавки Infinity DA 2723 в варочный раствор на результаты сульфатной варки целлюлозы из березовой щепы. Установлено, что добавка способствует ускорению процесса делигнификации целлюлозы, а эффективность действия добавки зависит от режима варки.

Также ПАВ при варке используют для снижения «смоляных затруднений», которые возникают при переработке целлюлозы лиственных пород [Печурина и др., 2003; Хакимова и др., 2017, 2018а], и особенно целлюлозы, полученной при совместной варке древесины березы и осины [Хакимова и др., 2018б]. Это обусловлено тем, что в лиственных породах жирные кислоты преимущественно содержатся в вертикальной (тяжевой и осевой) лучевой паренхиме, которой в количественном отношении значительно больше, чем у хвойных пород [Азаров и др., 2010]. Мелкие частицы смолы способны забивать поры паренхимных клеток, что приводит к невозможности их удаления из волокна. Скопление же больших частиц может послужить «центром нарастания» агрегатов, которые впоследствии осадут на оборудовании [Смит и др., 2019].

Краткий обзор наиболее значимых работ по влиянию ПАВ на сульфатную варку лиственных пород древесины и их композиции показывает, что ПАВ необходимы на стадии пропитки и начальном этапе варки для снижения поверхностного натяжения варочного раствора, ускорения проникновения варочного раствора в плотные слои клеток древесины березы, что ускоряет стадию пропитки. Рассмотренные в обзоре ПАВ широко применяются в различных отраслях промышленности или являются сопутствующими продуктами целлюлозно-бумажной промышленности. Они не разработаны специально для технологий целлюлозы и не обладают комплексностью свойств для выработки целлюлозы и бумаги. Одним из вариантов решения задачи является разработка и применение варочно-диспергирующих добавок (ВДД) отечественного производства, например, компании НАЛКО. ВДД предназначены для улучшения смачиваемости щепы и ускорения пропитки, повышения выхода (в том числе за счет снижения количества непровара), уменьшения содержания остаточного лигнина и смолистых веществ. Они приводят к повышению выхода и качества технической целлюлозы при варке композиции лиственных пород древесины, что является актуальной задачей.

Цель работы заключается в оценке влияния ВДД на выход, степень делигнификации и количественное содержание смолы при сульфатных варках смеси щепы из древесины осины и березы (50:50).

Методика исследования. В качестве сырья использовали щепу из древесины осины и березы, полученную в производственных условиях. В лаборатории технологическую щепу дополнительно сортировали по размерам, удаляли кору, гниль и т.п.

Сульфатные варки проводили в автоклавах вместимостью 0,33 л, помещенных в термостат. В автоклав помещали воздушно сухую щепу древесины березы и осины (вперемешку по 31 г а. с. щепы каждой породы, суммарно 62 г а.с.д.). Заливку щелоков осуществляли одновременно для всех автоклавов. Варки проводили по одинаковому температурному и временному режиму: подъем температуры до 175 °С – 40 мин, варка при 175 °С – 180 мин. [Бобров и др., 1984]. Расход активной щелочи на варку – 15% ед. Na₂O от а.с.д. Сульфидность белого щелока – 25%. Гидро модуль варки – 4,0.

Расход ВДД, по рекомендациям производителя добавок, – 0,8 кг на тонну а.с.д. Варки с каждой варочно-промывной добавкой проводили в двух параллелях. Для контроля применяли варки без добавок.

В работе использованы следующие ВДД:

1. Синалаб 74418 и 2. Синалаб 74418SR – добавки для варки целлюлозы и пропитки щепы. При варке ускоряют проникновение варочного раствора в древесную щепу, способствуя равномерному провару и сокращению отходов. Содержат запатентованную композицию ПАВ, специально разработанную для диспергирования древесных смол, что способствует обессмоливанию целлюлозы;

3. Синалаб 63602 – смесь ПАВ и вспомогательных химикатов, разработанная для применения в качестве добавки для фибрилляции волокна как в цехах приготовления целлюлозы и макулатуры, так и при размоле перед картоно- и бумагоделательными машинами;

4. Синалаб 74393 – смесь ПАВ и диспергаторов, разработанная для диспергирования загрязняющих смоляных веществ в системах производства целлюлозы и бумаги;

5. Синалаб PP10-3152 – смесь ПАВ и диспергаторов, специально разработанная для диспергирования загрязняющих смоляных веществ в системах производства целлюлозы. Реагент особенно эффективен для удаления экстрактивных веществ на стадиях промывки целлюлозы;

6. Химический реагент СИНАЛАБ® 8683 представляет собой маловязкую смесь неионных и анионных ПАВ и хелатирующих агентов, разработанную для борьбы с широким спектром загрязняющих веществ. Обладает высокой эффективностью в предотвращении отложений древесной смолы, органических липких загрязнений и загрязнений, вызванных использованием вторичного волокна;

7. Синалаб 74415; 8. Синалаб 74415BX; 9. Синалаб 72101; 10. Синалаб 72151 – экспериментальные диспергаторы для производства целлюлозы, бумаги и картона.

По окончании варки автоклавы охлаждали до 75–80 °С, снижали избыточное давление до атмосферного, отделяли отработанный варочный раствор, переносили техническую целлюлозу в емкость, где её разбавляли водой (75 °С) до концентрации 4%. Промывку проводили на воронке Бюхнера с тканевым фильтром сначала горячей водой (75±2 °С), затем холодной водой до нейтрального значения pH.

Определение жесткости целлюлозы по перманганатному числу проводили в соответствии с ГОСТ 10070 (ИСО 302–81) «Метод определения степени делигнификации». Содержание экстрактивных веществ определяли в соответствии с ГОСТ 6841 «Метод определения смол и жиров», в качестве экстрагента использовали хлористый метилен.

Дисперсное состояние смоляных частиц в целлюлозе определяли микроскопическим методом с использованием светового автономного микроскопа Микромед Р-1 (LED) с видеоокуляром TourCam 5.:MP (препараты рассматривали на окуляре WF16X и объективе S40×0,65) при помощи программного обеспечения «Tour View». Метод заключается в окрашивании частиц смолы спирто-ацетоновым раствором препарата судан-III [Селиванов, 2003] и оценке ее дисперсионного состояния. В соответствии с дисперсностью частиц смолу распределяли на группы: диспергированная, коагулированная, внутриволоконная [Смит и др., 2019].

Результаты исследования. Влияние ВДД оценивали по выходу технической целлюлозы, жесткости, массовой доле экстрактивных веществ и дисперсному состоянию смолы в целлюлозной массе. Результаты эксперимента представлены в табл. 1.

Для сравнения в качестве контроля проводили сульфатную варку без добавок. В результате получена целлюлоза с выходом 49,8% от а.с.с., жесткостью 10,5 ед. Каппа, содержанием экстрактивных веществ 1,0% от а.с.с. Эти результаты были приняты как контрольные, и все последующие результаты экспериментов сравнивали с контрольными значениями.

Показатели выхода, жесткости технической целлюлозы и количество экстрактивных веществ со всеми ВДД находятся в статистически значимых диапазонах.

Из представленных результатов (табл. 1) видно, что применение всех добавок привело к снижению содержания массовой доли экстрактивных веществ в технической целлюлозе от 0,2 до 0,5% по отношению к контрольной варке (1,0% от а.с.с.). Однако результаты по выходу технической целлюлозы и жесткости неоднозначны.

Таблица 1

**Результаты сульфатных варок смеси древесины лиственных пород
(50% щепа из березы и 50% щепа из осины)
с варочно-диспергирующими добавками**

**Results of sulfate brews of a mixture of hardwood (50% birch chips
and 50% aspen chips) with cooking and washing additives**

Образец		Выход техниче- ской целлюлозы, % от а.с.с.	Жесткость, ед. Каппа	Содержание экстрактивных веществ, % от а.с.ц.
№	вид			
	Контроль	49,8±0,5	10,5±0,2	1,0
1	Синалаб 74418	↑50,2±0,5	↑11,9±0,2	↓0,8
2	Синалаб 74418SR	↑50,9±0,5	↑10,9±0,2	↓0,7
3	Синалаб 63602	↓49,1±0,5	↑11,2±0,2	↓0,6
4	Синалаб 74393	↓49,0±0,5	↑11,3±0,2	↓0,5
5	Синалаб PP10-3152	↓49,3±0,5	↓10,4±0,2	↓0,7
6	СИНАЛАБ® 8683	↑50,5±0,5	↓10,3±0,2	↓0,6
7	Синалаб 74415	↑52,0±0,5	↓10,4±0,2	↓0,7
8	Синалаб 74415BX	↑51,2±0,5	↑11,0±0,2	↓0,6
9	Синалаб 72101	↑51,0±0,5	↑11,1±0,2	↓0,7
10	Синалаб 72151	↑61,3±0,5	↑10,8±0,2	↓0,6

Примечание: * Стрелками ↑↓ обозначено влияние ВДД на показатели варки: ↑ – увеличение показателя; ↓ – снижение показателя по сравнению с контрольной варкой

Лучший результат показал экспериментальный образец 10 (Синалаб 72151): выход увеличился на 11,5% при незначительном увеличении жесткости (0,3 ед. Каппа). Далее следует экспериментальный образец 7 (Синалаб 74415): увеличение выхода составляет 2,2% при незначительном снижении жесткости (0,1 ед. Каппа). Применение химического реагента СИНАЛАБ® 8683 (образец 6) одновременно позволило увеличить выход на 0,7% и снизить жесткость на 0,2 ед. Каппа по сравнению с контрольной варкой. При варке с образцами 10, 7 и 6 целлюлозная масса не содержит непровара; это свидетельствует о том, что компоненты, входящие в состав добавок, обладают сродством к плотной клеточной стенке древесины березы и способствуют более быстрому проникновению варочного раствора в ткань древесины, локализации активных компонентов на поверхности во время пропитки и ак-

тивной делигнификации во время варки. В то же время увеличение (или сохранение) выхода может обуславливаться наличием «защитных» компонентов по отношению к углеводному комплексу древесины осины. Вероятно, применение добавок 10, 7 и 6 приводит к «выравниванию» интенсивности делигнификации древесины пород с различной плотностью.

Далее рассмотрим образцы добавок, при варке которых происходит увеличение выхода за счет сохранения жесткости в заданных условиях варки. Это образцы 8 (Синалаб 74415BX), 9 (Синалаб 72101), 2 (Синалаб 74418SR), 1 (Синалаб 74418): выходы повышаются на 1,4/1,2/1,1/0,4% при увеличении жесткости на 0,5/0,6/0,4/1,4 ед. Каппа соответственно по сравнению с контролем. Техническая целлюлоза не содержит непровара, что свидетельствует о «выравнивании» интенсивности делигнификации разных по плотности пород, но при этом снижении ее эффективности в заданных условиях варки.

Снижение выхода на 0,5% за счет непровара при одновременном снижении жесткости на 0,1 ед. получено при использовании образца 5 (Синалаб PP10-3152).

Низкая избирательность по лигнину в заданных условиях варки наблюдается для образцов 3 (Синалаб 63602) и 4 (Синалаб 74393): выход снижается на 0,7 и 0,8%, а жесткость увеличивается на 0,7 и 0,8 ед. Каппа, но достигается высокая доля удаления экстрактивных веществ (0,4 и 0,5% соответственно) по сравнению с контролем. Данные добавки лучше использовать при промывке.

Эффективность действия ВДД на дисперсное состояние смолы в целлюлозной массе оценивали микроскопически по наличию диспергированной, капсулированной и коагулированной смолы. Результаты представлены на рис. 1–11.

На рис. 1 представлены микрофотографии волокон целлюлозы контрольного образца.

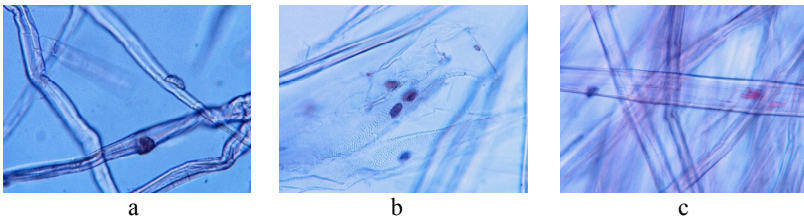


Рис. 1. Микрофотографии целлюлозы контрольного образца

Fig. 1. Micrographs of the control sample

Из рис. 1 следует, что при контрольной варке смола преимущественно находится в коагулированном состоянии на поверхности волокон либриформа (рис. 1а) и сосудов (рис. 1б), а также внутри волокна (рис. 1с).

Волокна и сосуды целлюлозной массы, полученной при варке с добавкой Синалаб 74418 (образец 1), практически не содержат смолистых компонентов ни на поверхности волокон (рис. 2а, б). Можно предположить, что смолистые вещества находятся во взвешенном дисперсном состоянии (рис. 2с), что и определяет содержание смолы при экстракции 0,8% от а.с.ц.

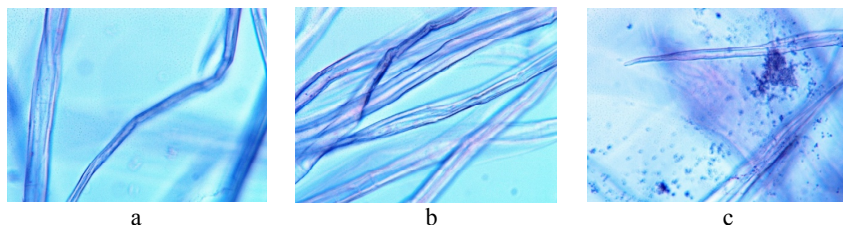


Рис. 2. Микрофотографии волокон сульфатной целлюлозы с добавкой Синалаб 74418 (образец 1)

Fig. 2. Micrographs of sulfate cellulose fibers with Sinalab 74418 micrographs (sample 1)

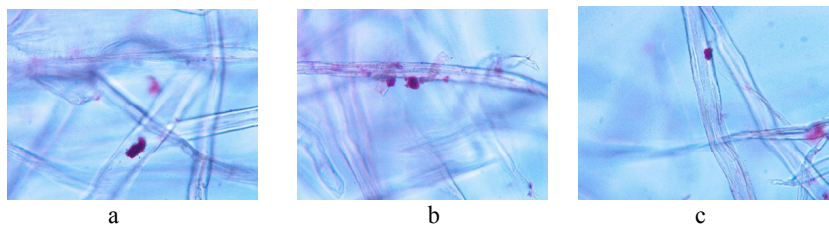


Рис. 3. Микрофотографии волокон сульфатной целлюлозы с добавкой Синалаб 74418SR (образец 2)

Fig. 3. Micrographs of sulfate cellulose fibers with Sinalab 74418SR additive (sample 2)

Из микрофотографий (рис. 3) следует, что при варке с образцом Синалаб 74418SR (образец 2) смола находится в коагулированном состоянии на поверхности волокон либриформа (рис. 3а, б, с) и в диспергированном виде внутри волокон либриформа (рис. 3б).

Техническая целлюлоза при варке с добавкой Синалаб 63602 (рис. 4, образец 3) содержит коагулированную смолу различных размеров, распо-

лагающуюся у поверхности волокон (рис. 4а, б), а также диспергированную смолу внутри волокон (рис. 4с).

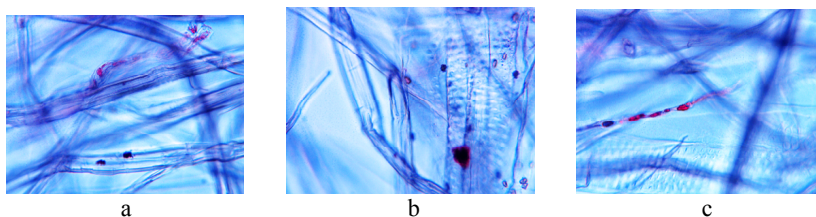


Рис. 4. Микрофотографии волокон сульфатной целлюлозы с добавкой Синалаб 63602 (образец 3)

Fig. 4. Micrographs of sulfate cellulose fibers with Sinalab 63602 additive (sample 3)

Результаты микроскопии показывают, что в целлюлозе при варке с химикатом Синалаб 74393 (рис. 5, образец 4) смола присутствует преимущественно в коагулированном виде на волокнах и сосудах (рис. 5а, с); незначительная часть – в диспергированном виде (рис. 5б).

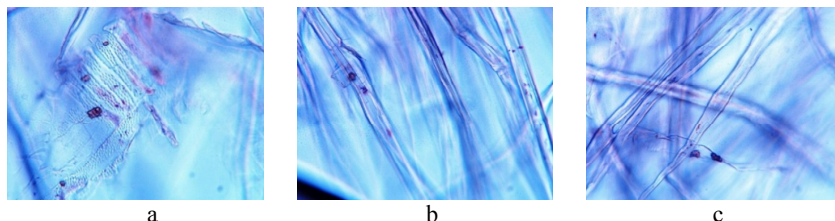


Рис. 5. Микрофотографии волокон сульфатной целлюлозы с добавкой Синалаб 74393 (образец 4)

Fig. 5. Micrographs of sulfate cellulose fibers with Sinalab 74393 additive (sample 4)

Целлюлозные волокна при варке с добавкой Синалаб РР10-3152 (рис. 6, образец 5) содержат коагулированную и диспергированную смолу, расположенную преимущественно на поверхности волокон либриформа (рис. 6а, б). Сосуды практически не сорбируют смолистые вещества (рис. 6с).

Целлюлозные волокна при варке с добавкой Синалаб 8683 (рис. 7, образец 6) содержат коагулированную смолу, состоящую из большого количества шариков диспергированной смолы (рис. 7а) и некоторого количества распределённой диспергированной смолы (рис. 7б), расположенной на поверхности волокон. Сосуды практически не сорбируют смолистые вещества (рис. 7с).

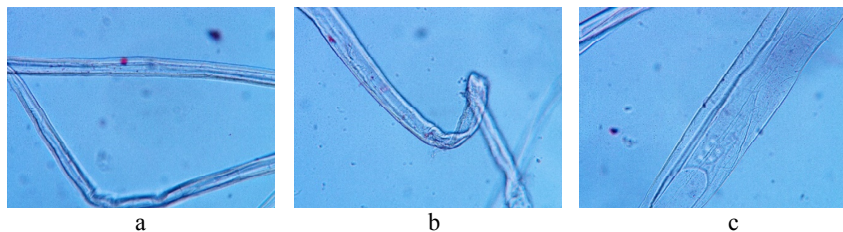


Рис. 6. Микрофотографии волокон сульфатной целлюлозы с добавкой Синалаб PP10-3152 (образец 5)

Fig. 6. Micrographs of sulfate cellulose fibers with the addition of Sinalab PP10-3152 (sample 5)

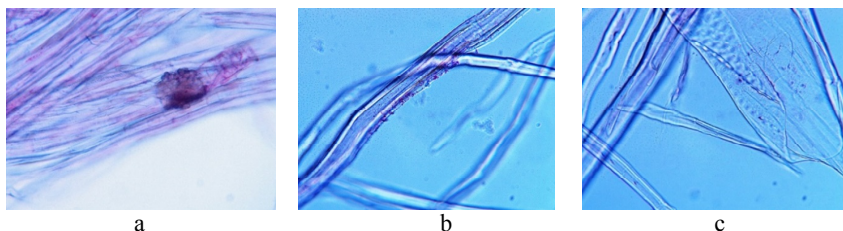


Рис. 7. Микрофотографии волокон сульфатной целлюлозы с добавкой Синалаб 8683 (образец 6)

Fig. 7. Micrographs of sulfate cellulose fibers with the addition of Sinalab 8683 (sample 6)

Техническая целлюлоза при варке с добавкой Синалаб DA-15 (образец 7) содержит преимущественно диспергированную смолу (рис. 8а, б). Единично встречается коагулированная смола (рис. 8с).

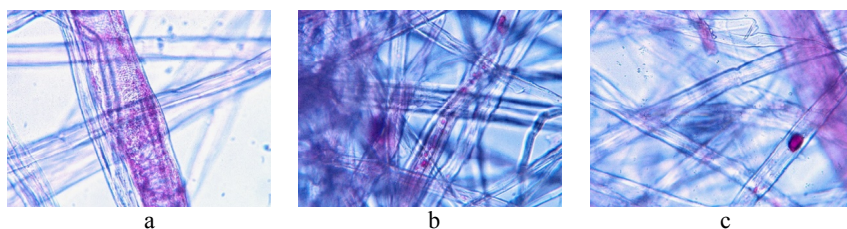


Рис. 8. Микрофотографии волокон сульфатной целлюлозы с добавкой Синалаб DA-15 (образец 7)

Fig. 8. Micrographs of sulfate cellulose fibers with the addition of Sinalab DA-15 (sample 7)

В целлюлозе при варке с добавкой Синалаб ВХ (образец 8), наряду с большим количеством диспергированной смолы (рис. 9а) образец содержит коагулированную смолу внутри волокна (рисунок 9б), а также смолистые образования в виде соединенных друг с другом мелких шариков смолы разных размеров, располагающихся на поверхности (рис. 9с).

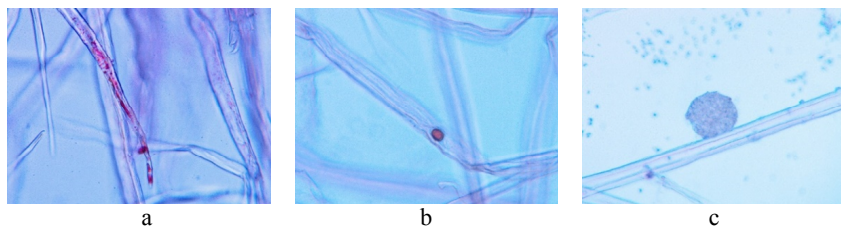


Рис. 9. Микрофотографии волокон сульфатной целлюлозы с добавкой Синалаб ВХ (образец 8)

Fig. 9. Micrographs of sulfate cellulose fibers with Sinalab BX additive (sample 8)

Добавка Синалаб 2101 (образец 9) приводит к образованию свободной смолы, которая затем образует агрегаты, закрепляющиеся на поверхности волокон (рис. 10а, б) и сосудов (рис. 10с).

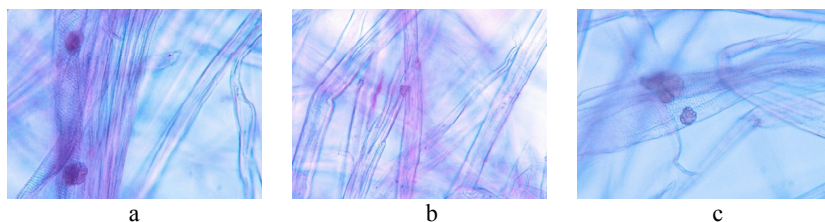


Рис. 10. Микрофотографии волокон сульфатной целлюлозы с добавкой Синалаб 2101 (образец 9)

Fig. 10. Micrographs of sulfate cellulose fibers with Sinalab 2101 additive (sample 9)

Целлюлозные волокна, полученные при варке с добавкой Синалаб 2151 (рис. 11, образец 10), содержат незначительные количества диспергированной смолы (рис. 11а) и коагулированной смолы (рис. 11б, в), расположенной в узких клеточных полостях.

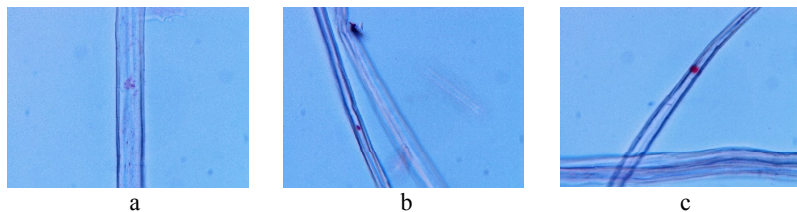


Рис. 11. Микрофотографии волокон сульфатной целлюлозы с добавкой Синалаб 2151 (образец 10)

Fig. 11. Micrographs of sulfate cellulose fibers with Sinalab 2151 additive (sample 10)

Выводы.

1. Установлено, что все исследуемые образцы способствуют снижению экстрактивных веществ в технической целлюлозе в 1,25...2 раза по сравнению с контрольной варкой (1,0 % от а.с.ц.);

2. Установлено, что все исследуемые образцы целлюлозы не содержат капсулированной (внутриволоконной) смолы;

3. Выявлено, что образцы 10 (Синалаб 72151), 7 (Синалаб 74415) и 6 (СИНАЛАБ® 8683) способствуют одновременному увеличению выхода и снижению жесткости по сравнению с контрольной варкой. Целлюлозная масса не содержит непровара. Композиционный состав этих добавок способствует «выравниванию» интенсивности делигнификации древесины пород с различной плотностью. Целлюлозная масса содержит преимущественно коагулированную и в незначительных количествах диспергированную смолу. Применение этих ВДЦ при варках композиции лиственных пород древесины наиболее перспективно;

4. Показано, что применение добавок в образцах 8 (Синалаб 74415BX), 9 (Синалаб 72101), 2 (Синалаб 74418SR) и 1 (Синалаб 74418) приводит к повышению выхода, отсутствию непровара при одновременном увеличении жесткости целлюлозы за исключением образца 5 (Синалаб PP10-3152). Такие результаты свидетельствуют о «выравнивании» и снижении интенсивности делигнификации. При использовании добавки Синалаб 74418 (образец 1) целлюлоза содержит только диспергированную смолу, а при использовании остальных ВДЦ наблюдается наличие и коагулированной, и диспергированной смолы в различных соотношениях. Для улучшения результатов необходим подбор условий пропитки, варки, промывки, расхода варочно-промывной добавки и соотношения композиционного состава по породам;

5. Показано, что применение образцов 3 (Синалаб 63602) и 4 (Синалаб 74393) при варке приводит к снижению избирательности по лигнину: жесткость увеличивается на 0,7 и 0,8 ед. Каппа, но достигается высокая

доля удаления экстрактивных веществ (0,4 и 0,5% соответственно) по сравнению с контролем. При анализе дисперсного состава смолистых веществ наряду с диспергированной обнаруживается коагулированная смола различных размеров на поверхности волокон. Данные добавки эффективнее использовать при промывке.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Библиографический список

Азаров В.И., Буров А.В., Оболенская А.В. Химия древесины и синтетических полимеров: учебник. СПб.: СПбЛТА, 2010. 624 с.

Бобров А.И., Мutowина М.Г., Бондарева Т.А., Малышкина В.К. Производство волокнистых полуфабрикатов из лиственной древесины. М.: Лесн. пром-сть, 1984. 248 с.

Ковтун Т.Н., Хакимов Р.Р. Использование обессмолливающих веществ при варке лиственной сульфатной целлюлозы // Химия растительного сырья. 2009. № 1. С. 37–41.

Печурина Т.Б., Миловидова Л.А., Комарова Г.В., Комаров В.И. Влияние добавок диспергантов на изменение состояния смолы и содержание экстрактивных веществ в лиственной сульфатной целлюлозе // ИВУЗ. Лесной журнал. 2003. № 2-3. С. 68–75.

Прокишин Г.Ф., Гусакова М.А., Афанасьев Н.И., Личутина Т.Ф., Вишнякова А.П., Фесенко А.В. Особенности образования и механизм извлечения остаточного лигнина и смолы при сульфатной варке березовой и осиновой целлюлозы // Химия растительного сырья. 2008. № 2. С. 5–10.

Селиванов Е.В. Красители в биологии и медицине: справочник. Барнаул: Азбука, 2003. 40 с.

Смит Р.А., Демьянцева Е.Ю., Андранович О.С. Анализ состояния смолы при обессмолливании сульфатной лиственной целлюлозы // ИВУЗ. Лесной журнал. 2019. № 4. С. 168–178. DOI: 10.17238/issn0536-1036.2019.4.168.

Теплоухова М.В., Ладин А.Л., Столяров Д.Д., Голдобина Д.О. Исследование влияния ПАВ на сульфатную варку целлюлозы // Химия. Экология. Урбанистика: матер. Всерос. науч.-практич. конф. (с междунар. участием). Пермь, 2020. Т. 4. С. 174–177.

Хакимова Ф.Х., Хакимов Р.Р., Носкова О.А. Обессмолливание целлюлозы на стадии бисульфитной варки // Журнал прикладной химии. 2017. Т. 90, № 3. С. 380–385.

Хакимова Ф.Х., Кичигина Г.В., Ермаков Л.В. Обессмолливание березовой бисульфитной целлюлозы на стадиях варки и отбелки // Химия. Экология. Урбанистика: матер. Всерос. науч.-практич. конф. (с междунар. участием). Пермь, 2018а. С. 799–805.

Хакимова Ф.Х., Хакимов Р.Р., Шевелева С.А., Серебряков О.С. Обессмоливание лиственной сульфатной целлюлозы на стадии варки // Инновации – основа развития целлюлозно-бумажной и лесоперерабатывающей промышленности: сб. матер. VI Всерос. отраслевой науч.-практич. конф. Екатеринбург, 2018б. С. 66–73.

References

Azarov V.I., Burov A.V., Obolenskaya A.V. Chemistry of wood and synthetic polymers. St. Petersburg: SPbLTA, 2010. 624 p. (In Russ.)

Bobrov A.I., Mutovina M.G., Bondareva T.A., Malyshkina V.K. Production of fibrous semi-finished products from hardwood. Moscow: Lesn. prom-st, 1984. 248 p. (In Russ.)

Khakimova F.H., Khakimov R.R., Noskova O.A. Desalination of cellulose at the stage of bisulfite cooking. *Journal of Applied Chemistry*, 2017, vol. 90, no. 3, pp. 380–385. (In Russ.)

Khakimova F.H., Kichigina G.V., Ermakov L.V. Desalination of birch bisulfite cellulose at the stages of cooking and bleaching. *Chemistry. Ecology. Urbanistics: materials of All-Russian scientific and practical conference (with international participation)*. Perm, 2018a, pp. 799–805. (In Russ.)

Khakimova F.H., Khakimov R.R., Sheveleva S.A., Serebryakov O.S. Desalination of deciduous sulfate cellulose at the cooking stage. *Innovations are the basis for the development of the pulp and paper and timber processing industries: collection of materials of the VI All-Russian industry-specific scientific and practical conference*. Ekaterinburg, 2018b, pp. 66–73. (In Russ.)

Kovtun T.N., Khakimov R.R. The use of desalting agents in the cooking of deciduous sulfate cellulose. *Chemistry of plant raw materials*, 2009, no. 1, pp. 37–41. (In Russ.)

Pechurina T.B., Milovidova L.A., Komarova G.V., Komarov V.I. The effect of dispersant additives on the change in the resin state and the content of extractives in deciduous sulfate cellulose. *IVUZ. Russian Forestry Journal*, 2003, no. 2–3, pp. 68–75. (In Russ.)

Prokshin G.F., Gusakova M.A., Afanasyev N.I., Lichutina T.F., Vishnyakova A.P., Fesenko A.V. Features of the formation and mechanism of extraction of residual lignin and resin during sulfate cooking of birch and aspen cellulose. *Chemistry of plant raw materials*, 2008, no. 2, pp. 5–10. (In Russ.)

Selivanov E.V. Dyes in biology and medicine: a reference book. Barnaul: Azbuka, 2003. 40 p. (In Russ.)

Smith R.A., Demyantseva E.Yu., Andranovich O.S. Analysis of the resin state during desalination of sulfate deciduous cellulose. *IVUZ. Russian Forestry Journal*, 2019, no. 4, pp. 168–178. DOI: 10.17238/issn0536-1036.2019.4.168. (In Russ.)

Teploukhova M.V., Ladin A.L., Stolyarov D.D., Goldobina D.O. Investigation of the effect of surfactants on sulfate cooking of cellulose. *Chemistry. Ecology. Urbanistics: materials of All-Russian scientific and practical conference (with international participation)*. Perm, 2020, vol. 4, pp. 174–177.

Материал поступил в редакцию 23.09.2024

Вураско А.В., Пепелин М.А., Пермяков А.Н., Атаева Ю.Г., Самородов С.А., Агеев М.А., Шерстобитов А.Л., Сиваков В.П., Губанов И.А. Применение варочно-диспергирующих добавок при сульфатной делигнификации композиции лиственных пород древесины // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2025. Вып. 253. С. 304–320. DOI: 10.21266/2079-4304.2025.253.304-320

Цель работы – оценка влияния варочно-диспергирующих добавок на выход, степень делигнификации, количественное и качественное содержание смолы при сульфатных варках композиции лиственных пород. Для варки использована щепа древесины березы и осины (50:50); подъем температуры до 175 °С – 40 мин., варка при 175 °С – 180 мин.; расход активной щелочи – 15% ед. Na₂O от а.с.д.; сульфидность белого щелока – 25%; гидромодуль – 4,0; расход варочно-диспергирующей добавки 0,8 кг на тонну а.с.д. Установлено, что все добавки снижают содержание экстрактивных веществ в целлюлозе в 1,25...2 раза по сравнению с контрольной варкой, и целлюлоза не содержит капсулированной смолы. Выявлено, что применение образцов Синалаб 72151, Синалаб 74415 и СИНАЛАБ® 8683 приводит к увеличению выхода (без непровара) и снижению жесткости. Целлюлозная масса содержит преимущественно коагулированную и, в незначительных количествах, диспергированную смолу. Образцы рекомендованы для делигнификации композиции лиственных пород как наиболее перспективные. Показано, что применение образцов Синалаб 74415BX, Синалаб 72101, Синалаб 74418SR и Синалаб 74418 приводит к повышению выхода, отсутствию непровара при одновременном увеличении жесткости целлюлозы за исключением образца Синалаб PP10-3152. При использовании добавки Синалаб 74418 целлюлоза содержит только диспергированную смолу, а при использовании остальных добавок имеются коагулированная и диспергированная смола в разных соотношениях. Для улучшения результатов необходим подбор условий пропитки, варки и промывки. Применение образцов Синалаб 63602 и Синалаб 74393 при варке приводит к снижению избирательности по лигнину, но достигается высокая доля удаления экстрактивных веществ. При анализе дисперсного состава смолистых веществ наряду с диспергированной обнаруживается коагулированная смола различных размеров на поверхности волокон. Данные добавки эффективнее использовать при промывке.

Ключевые слова: сульфатная варка, варочно-диспергирующие добавки, поверхностно-активные вещества, древесина березы, древесина осины, выход целлюлозы, жесткость целлюлозы, экстрактивные вещества, дисперсное состояние смолы.

Vurasko A.V., Pepelin M.A., Permiakov A.N., Ataeva Ju.G., Samorodov S.A., Ageev M.A., Sherstobitov A.L., Sivakov V.P., Gubanov I.A. The use of cooking and dispersing additives in the sulfate delignification of the composition of hardwood.

Izvestia Sankt-Peterburgskoj Lesotehhniceskoj Akademii, 2025, iss. 253, pp. 304–320 (in Russian with English summary). DOI: 10.21266/2079-4304.2025.253.304-320

The purpose of the work is to assess the effect of cooking and dispersing additives on the yield, degree of delignification, quantitative and qualitative resin content during sulfate cooking of the hardwood composition. Birch and aspen wood chips were used for cooking (50:50); temperature rise to 175 °C – 40 min, cooking at 175 °C – 180 min; consumption of active alkali – 15% units of Na₂O from a.s.d.; sulfidity of white liquor – 25%; hydromodule – 4.0; consumption of cooking a dispersing additive of 0.8 kg per ton a.s.d. It was found that all additives reduce the content of extractive substances in cellulose by 1.25...2 times compared with the control cooking and cellulose does not contain encapsulated resin. It was found that the use of samples Sinalab 72151, Sinalab 74415 and (SINALAB® 8683) leads to an increase in yield (without non-testing) and a decrease in stiffness. The cellulose mass contains mainly coagulated and, in small quantities, dispersed resin. The samples are recommended for delignification of the hardwood composition as the most promising. It has been shown that the use of samples Sinalab 74415BX, Sinalab 72101, Sinalab 74418SR and Sinalab 74418 leads to an increase in yield, absence of non-steam, while increasing the hardness of cellulose with the exception of sample Sinalab PP10-3152. When using the Sinalab 74418 additive, cellulose contains only dispersed resin, and when using other additives, there is coagulated and dispersed resin in different ratios. To improve the results, it is necessary to select the conditions of impregnation, cooking and washing. The use of Sinalab 63602 and Sinalab 74393 samples during cooking leads to a decrease in lignin selectivity, but a high proportion of extractive substances removal is achieved. These additives are more effective to use when rinsing.

Keywords: sulfate cooking, cooking and dispersing additives, surfactants, birch wood, aspen wood, cellulose yield, cellulose stiffness, extractive substances, the dispersed state of the resin.

ВУРАСКО Алеся Валерьевна – профессор кафедры технологий целлюлозно-бумажных производств и переработки полимеров Уральского государственного лесотехнического университета, доктор технических наук, профессор.

620100, ул. Сибирский тракт, д. 37, г. Екатеринбург, Россия. E-mail: vurasko2010@yandex.ru

VURASKO Alesya V. – DSc (Technical), Professor of the department technology of pulp and paper industries and polymer processing of the Ural State Forest Engineering University.

620100. Siberian tract str. 37. Yekaterinburg. Russia. E-mail: vurasko2010@yandex.ru

ПЕПЕЛИН Михаил Анатольевич – региональный представитель ООО «Компания НАЛКО».

196084, ул. Заставская, д. 22, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: mikhail.pepelin@cinalab.ru

PEPELIN Mikhail A. – District Representative, LLC «NALCO Company».

196084. Zastavskaya str. 22. St. Petersburg. Russia. E-mail: mikhail.pepelin@cinalab.ru

ПЕРМЯКОВ Александр Николаевич – региональный руководитель ООО «Компания НАЛКО».

196084, ул. Заставская, д. 22, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: aleksandr.permiakov@cinalab.ru

PERMIAKOV Aleksandr N. – Area Manager, LLC «NALCO Company».

196084. Zastavskaya str. 22. St. Petersburg. Russia. E-mail: aleksandr.permiakov@cinalab.ru

АТАЕВА Юлия Григорьевна – инженер-химик ООО «Компания НАЛКО».

420097, ул. Зинина, д. 8, г. Казань, Россия. E-mail: julia.ataeva@cinalab.ru

АТАЕВА Julia G. – Chemist Engineer, LLC «NALCO Company»

420097. Zinina str. 8. Kazan. Russia. E-mail: julia.ataeva@cinalab.ru

САМОРОДОВ Сергей Анатольевич – Руководитель направления продуктового маркетинга, ООО «Компания НАЛКО»

115114, ул. Летниковская, д. 10, стр. 4, г. Москва, Россия. E-mail: sergey.samorodov@ecolab.com

SAMORODOV Sergey A. – Product Marketing Manager, LLC «NALCO Company».

115114. Letnikovskaya str. 10, bld. 4. Moscow. Russia. E-mail: sergey.samorodov@ecolab.com

АГЕЕВ Максим Аркадьевич – доцент кафедры технологий целлюлозно-бумажных производств и переработки полимеров Уральского государственного лесотехнического университета, кандидат технических наук, доцент.

620100, ул. Сибирский тракт, д. 37, г. Екатеринбург, Россия. E-mail: ageevma@m.usfeu.ru

AGEEV Maksim A. – PhD (Technical), Associate Professor of the department technology of pulp and paper industries and polymer processing of the Ural State Forest Engineering University.

620100. Siberian tract str. 37. Yekaterinburg. Russia. E-mail: ageevma@m.usfeu.ru

ШЕРСТОБИТОВ Алексей Леонидович – ассистент кафедры технологий целлюлозно-бумажных производств и переработки полимеров Уральского государственного лесотехнического университета.

620100, ул. Сибирский тракт, д. 37, г. Екатеринбург, Россия. E-mail: sherstobitov@m.usfeu.ru

SHERSTOBITOV Aleksey L. – Assistant of the Department of Technologies of Pulp and Paper Production and Polymer Processing of the Ural State Forestry University

620100. Siberian tract str. 37. Yekaterinburg. Russia. E-mail: sherstobitov@m.usfeu.ru

СИВАКОВ Валерий Павлович – профессор кафедры технологических машин и технологии машиностроения Уральского государственного лесотехнического университета, доктор технических наук, профессор. ResearcherID: AAC-6084-2021. ORCID: 0000-0002-9387-1512.

620100, Сибирский тракт, д. 37, г. Екатеринбург, Россия, E-mail: siva-kovvp@m.usfeu.ru

SIVAKOV Valeriy P. – DSc (Technical), Professor of the Department of Technological Machines and Mechanical Engineering Technology, Ural State Forest Engineering University.

620100. Siberian tract str. 37. Yekaterinburg. Russia. E-mail: siva-kovvp@m.usfeu.ru

ГУБАНОВ Иван Александрович – техник-лаборант кафедры технологий целлюлозно-бумажных производств и переработки полимеров Уральского государственного лесотехнического университета.

620100, ул. Сибирский тракт, д. 37, г. Екатеринбург, Россия. E-mail: gubanovia@m.usfeu.ru

GUBANOV Ivan A. – Laboratory technician at the Department of Technologies of Pulp and Paper Production and Polymer Processing of the Ural State Forestry University.

620100. Siberian tract str. 37. Yekaterinburg. Russia. E-mail: gubanovia@m.usfeu.ru