

Научная статья

УДК 676.164.2: 019.264

## ПРИМЕНЕНИЕ ДИСПЕРГАНТОВ ПРИ СУЛЬФАТНОЙ ВАРКЕ КОМПОЗИЦИИ ЛИСТВЕННЫХ ПОРОД ДРЕВЕСИНЫ

Алеся Валерьевна Вураско<sup>1</sup>, Иван Александрович Губанов<sup>2</sup>,  
Виктория Асхатовна Михеева<sup>3</sup>, Алексей Леонидович Шерстобитов<sup>4</sup>

<sup>1-4</sup> Уральский государственный лесотехнический университет,

Екатеринбург, Россия

<sup>1</sup> vuraskoav@m.usfeu.ru

<sup>2</sup> ivan.gubanov03@mail.ru

<sup>3</sup> miheevava@m.usfeu.ru

<sup>4</sup> sherstobitoval@m.usfeu.ru

**Аннотация.** Исследование влияния диспергирующих добавок на выход, степень делигнификации и количественное содержание смолы при сульфатных варках смеси щепы из древесины осины и березы. Исследование проводилось на примере различных образцов диспергаторов (ПАВ). Все исследованные диспергирующие добавки способствуют снижению экстрактивных веществ в технической целлюлозе и устранению возможности образования капсулированной смолы. Некоторые образцы диспергаторов также демонстрируют увеличение выхода и снижение жесткости целлюлозы. В целом, исследование позволяет определить наиболее эффективные диспергаторы для использования при варке композиции лиственных пород древесины.

**Ключевые слова:** диспергирующие добавки, древесина осины, древесина березы, делигнификация, экстрактивные вещества

**Для цитирования:** Применение диспергантов при сульфатной варке композиции лиственных пород древесины / А. В. Вураско, И. А. Губанов, В. А. Михеева, А. Л. Шерстобитов // Эффективный ответ на современные вызовы с учетом взаимодействия человека и природы, человека и технологий = Effective reaction to modern challenges of the interaction between human and nature, human and technologies : материалы XVI Международной научно-технической конференции. Екатеринбург : УГЛТУ, 2025. С. 402–410.

Original article

## THE USE OF DISPERSANTS IN SULFATE DIGESTION OF HARDWOOD COMPOSITIONS

Alesia V. Vurasko<sup>1</sup>, Ivan A. Gubanov<sup>2</sup>, Victoria A. Mikheeva<sup>3</sup>, Alexey L. Sherstobitov<sup>4</sup>

<sup>1-4</sup> Ural State Forest Engineering University, Ekaterinburg, Russia

<sup>1</sup> vuraskoav@m.usfeu.ru

<sup>2</sup> ivan.gubanov03@mail.ru

<sup>3</sup> miheevava@m.usfeu.ru

<sup>4</sup> sherstobitoval@m.usfeu.ru

**Abstract.** The effect of dispersing additives on the yield, degree of delignification and quantitative content of resin during sulfate cooking of a mixture of chips from aspen and birch wood has been studied. The study was conducted on the example of various samples of dispersants (surfactants). All the studied dispersing additives contribute to the reduction of extractive substances in industrial cellulose and eliminate the possibility of formation of capsulated resin. Some dispersant samples also show an increase in yield and a decrease in cellulose hardness. In general, the study allows us to determine the most effective dispersants for use in cooking hardwood compositions.

**Keywords:** dispersing additives, aspen wood, birch wood, delignification, extractive substances

**For citation:** Primenenie dispergantov pri sul'fatnoj varke kompozicii listvennykh porod drevesiny [The use of dispersants in sulfate digestion of hardwood compositions] (2025) A. V. Vurasko, I. A. Gubanov, V. A. Mikheeva, A. L. Sherstobitov. Effektivnyi otvet na sovremennye vyzovy s uchetom vzaimodeistviya cheloveka i prirody, cheloveka i tekhnologii [Effective reaction to modern challenges of the interaction between human and nature, human and technologies] : proceedings of the XVI International Scientific and Technical Conference. Ekaterinburg : USFEU, 2025. P. 402–410. (In Russ).

В настоящий момент в целлюлозно-бумажной промышленности наблюдается неуклонное увеличение потребления лиственной древесины. Применение современных технологий делигнификации позволяет одновременно перерабатывать различные породы древесины. В Российской Федерации для совместной варки используют древесину березы и осины. Эти породы отличаются плотностью (береза 460...570 кг/м<sup>3</sup>; осина – 370...400 кг/м<sup>3</sup>), компонентным составом, морфологическим и анатомическим строением, в частности длиной волокон [1]. Как отмечено в работе [2]

в начале варочного процесса осиновая щепка из-за меньшей плотности поглощает больше щелочи по сравнению с березовой щепкой, 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. Такое различие при делигнификации приводит к снижению выхода целлюлозы. Вторым неприятным моментом является, то что в составе экстрактивных веществ древесины березы высока доля неомыляемых нейтральных веществ, которые плохо растворяются в щелочных растворах. Это приводит к затруднению проникновения варочного раствора не только в щепку из древесины березы, но и в щепку из древесины осины. Следствием является образование смоляных затруднений по всему технологическому потоку.

Краткий обзор наиболее значимых работ по влиянию поверхностно-активных веществ (ПАВ) на сульфатную варку листовых пород древесины и их композиции позволяет отметить, что все используемые для варки и пропитки ПАВ не изготовлены специально для варочных процессов с учетом температуры и давления, и не исключают элемент «случайного» эффекта от ПАВ; ПАВ особенно важны на стадии пропитки и начальном этапе варки для снижения поверхностного натяжения варочного раствора, ускорения проникновения варочного раствора в плотные слои клеток древесины березы, ускоряя стадию пропитки; ПАВ необходимо эффективно взаимодействовать со смолистыми веществами лучевой паренхимы и не допускать их перехода во «вредную» смолистость, большинство применяемых в работах ПАВ являются импортными [3–8].

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

*Методика исследования.* Подготовка сырья для сульфатной варки. В качестве сырья использовали щепку из древесины осины и березы, полученную в производственных условиях. В лаборатории технологическую щепку 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 щепку древесины березы и осины (вперемешку по 31 г а. с. щепы каждой породы, суммарно 62 г а.с.д.). Варки проводили по одинаковому температурному и временному режиму: подъем температуры до 175...40 мин, варка при 175 °С – 180 мин. [2]. Расход активной щелочи на варку – 15 % ед. Na<sub>2</sub>O от а.с.д. Сульфидность белого щелока 25 %. Гидромодуль варки – 4,0.

Расход ВДД 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 – высокоэффективные добавки для варки целлюлозы и пропитки щепы. В процессе варки целлюлозы ускоряют проникновение варочного раствора в древесную щепу, способствуя более равномерному провару и сокращению отходов. Содержат запатентованную композицию ПАВ, разработанную для диспергирования древесных смол, что способствует обессмоливанию целлюлозы;
2. Синалаб 74418SR – 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;
3. Синалаб 63602 – смесь ПАВ и диспергаторов, разработанная для диспергирования загрязняющих смоляных веществ в системах производства целлюлозы и бумаги;
4. Синалаб 74393 – смесь ПАВ и диспергаторов, специально разработанная для диспергирования загрязняющих смоляных веществ в системах производства целлюлозы. Реагент эффективен для удаления экстрактивных веществ на стадиях промывки целлюлозы;
5. Синалаб PP10-3152 – представляет собой маловязкую смесь неионных и анионных ПАВ и хелатирующих агентов, разработанных для борьбы с широким спектром загрязняющих веществ. Обладает высокой эффективностью в предотвращении отложений древесной смолы, органических липких загрязнений и загрязнений, вызванных использованием вторичного волокна;
6. СИНАЛАБ® 8683 – экспериментальные диспергаторы для производства целлюлозы, бумаги и картона.
7. Синалаб 74415
8. Синалаб 74415BX
9. Синалаб 72101
10. Синалаб 72151

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 рН.

Анализ технической целлюлозы. Определение жесткости целлюлозы по перманганатному числу 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 [9] и оценке ее дисперсионного состояния. В соответствии с дисперсностью частиц смолу распределяли на группы: диспергированные, коагулированные, внутриволоконные [6].

Результаты эксперимента представлены в таблице.

Результаты сульфатных варок смеси древесины лиственных пород  
(50 щепы из березы и 50 % щепы из осины)  
с диспергирующими добавками

№	Образец	Выход технической целлюлозы, % от а. с. с.	Жесткость, ед. Каппа	Содержание экстрактивных веществ, % от а. с. с.
	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

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

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

Из представленных результатов (таблица) 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. ц.). Однако результаты по выходу технической целлюлозы и жесткости неоднозначны.

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 позволил 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, 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 активной 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.

У образцов 8 (Синалаб 74415ВХ), 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 непровар, 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 РР10-3152).

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.

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

Выявлено, что при использовании образцов 10 (Синалаб 72151), 7 (Синалаб 74415) и 6 (СИНАЛАБ® 8683) целлюлозная масса содержит преимущественно коагулированную и в незначительных количествах диспергированную смолу. Применение образцов 8 (Синалаб 74415ВХ), 9 (Синалаб 72101), 2 (Синалаб 74418SR) способствует образованию коагулированной и диспергированной смолы в различных соотношениях. При использовании добавки Синалаб 74418 (образец 1) целлюлоза содержит только диспергированную смолу. Анализ дисперсного состава смолистых веществ при использовании образцов 3 (Синалаб 63602) и 4 (Синалаб 74393) показывает, что наряду с диспергированной, обнаруживается коагулированная смола различных размеров на поверхности волокон.

Таким образом, оценка полученных результатов позволяет сделать следующие выводы:

- все диспергирующие добавки способствуют снижению экстрактивных веществ в технической целлюлозе в 1,25...2 раза по сравнению с контрольной варкой (1,0 % от а.с.ц.) и устраняют возможность образования капсулированной смолы;

- образцы 10 (Синалаб 72151), 7 (Синалаб 74415) и 6 (СИНАЛАБ® 8683) способствуют одновременному увеличению выхода и снижению жесткости. Применение этих диспергаторов наиболее перспективно при варках композиции листовых пород древесины;

- применение образцов 8 (Синалаб 74415ВХ), 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 РР10-3152). Для улучшения результатов необходим подбор условий пропитки, варки, промывки, расхода диспергирующей добавки и соотношения композиционного состав по породам;

- использование образцов 3 (Синалаб 63602) и 4 (Синалаб 74393) при варке приводит к снижению избирательности по лигнину, но достигается высокая доля удаления экстрактивных веществ на 0,4 и 0,5 %, соответственно, по сравнению с контролем. Данные добавки эффективнее использовать при промывке.

### *Список источников*

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

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

3. Ковтун Т. Н., Хахимов Р. Р. Использование обессмоливающих веществ при варке лиственной сульфатной целлюлозы // Химия растительного сырья. 2009. № 1. С. 37–41.
4. Влияние добавок диспергантов на изменение состояния смолы и содержание экстрактивных веществ в лиственной сульфатной целлюлозе / Т. Б. Печурина, Л. А. Миловидова, Г. В. Комарова, В. И. Комаров // ИВУЗ. «Лесной журнал». 2003. № 2–3. С. 68–75.
5. Особенности образования и механизм извлечения остаточного лигнина и смолы при сульфатной варке березовой и осиновой целлюлозы / Г. Ф. Прокшин, М. А. Гусакова, Н. И. Афанасьев [и др.]. // Химия растительного сырья. 2008. № 2. С. 5–10.
6. Смит Р. А., Демьянцева Е. Ю., Андранович О. С. Анализ состояния смолы при обессмоливании сульфатной лиственной целлюлозы // Лесн. журн. 2019. № 4. С. 168–178. (Изв. высш. учеб. заведений). DOI: 10.17238/issn0536-1036.2019.4.168.
7. Исследование влияния ПАВ на сульфатную варку целлюлозы / М. В. Теплоухова, А. Л. Ладин, Д. Д. Столяров, Д. О. Голдобина // Химия. Экология. Урбанистика. 2020. Т. 4. С. 174–177.
8. Обессмоливание лиственной сульфатной целлюлозы на стадии варки / Ф. Х. Хахимова, Р. Р. Хахимов, С. А. Шевелева, О. С. Серебряков : Инновации – основа развития целлюлозно-бумажной и лесоперерабатывающей промышленности // Сборник материалов VI Всероссийской отраслевой научно-практической конференции. 2018. С. 66–73.
9. Селиванов Е. В. Красители в биологии и медицине : справочник. Барнаул : Азбука, 2003. 40 с.

## *References*

1. Azarov V. I., Burov A. V., Obolenskaya A. V. Chemistry of wood and synthetic polymers : textbook. St. Petersburg : SPbLTA, 2010. 624 p.
2. Production of fibrous semi-finished products from hardwood / A. I. Bobrov, M. G. Mutovina, T. A. Bondareva, V. K. Malyshkina. M. : Lesn.prom-st, 1984. 248 p.
3. Kovtun T. N., Khakimov R. R. The use of desalting agents in the cooking of deciduous sulfate cellulose. Chemistry of vegetable raw materials. 2009. № 1. P. 37–41.
4. The effect of dispersant additives on the change in the resin state and the content of extractives in deciduous sulfate cellulose / T. B. Pechurina, L. A. Milovidova, G. V. Komarova, V. I. Komarov // IVOR. “Forest Magazine”. 2003. № 2–3. P. 68–75.
5. In particular, the formation and mechanism of attraction of residual lignin and resin during sulfate cooking of birch and aspen cellulose / G. F. Prokshin,



M. A. Gusakova, N. I. Afanasyev [et al.] // Chemistry of vegetable raw materials. 2008. № 2. P. 5–10.

6. Smith R. A., Demyantseva E. Yu., Andranovich O. S. Analysis of the resin state during desalination of sulfate deciduous cellulose // Forestry Journal. 2019. № 4. P. 168–178. (Izv. higher. studies. establishments). DOI: 10.17238/issn0536-1036.2019.4.168.

7. Investigation of the effect of surfactants on sulfate cooking of cellulose / M. V. Teploukhova, A. L. Ladin, D. D. Stolyarov, D. O. Goldobina // Chemistry. Ecology. Urbanistics. 2020. Vol. 4. P. 174–177.

8. Desalination of deciduous sulfate cellulose at the cooking stage. In the collection: Innovations are the basis for the development of the pulp and paper and timber processing industries / F. H. Khakimova, R. R. Khakimov, S. A. Sheveleva, O. S. Serebryakov // Collection of materials of the VI All-Russian branch scientific and practical conference. 2018. P. 66–73.

9. Selivanov E. V. Dyes in biology and medicine : handbook. Barnaul : Azbuka, 2003. 40 p.