

Сопоставляя полученные зависимости характеристик механической прочности с вязкостью и белизной целлюлозы, следует отметить, что в исследованном интервале значений расхода реагента, температуры и продолжительности обработки не наблюдается существенной деструкции волокна и влияния данных факторов на механические свойства лиственной сульфатной целлюлозы.

Таким образом, режим отбеливания на ступени ЦП₂, обеспечивающий высокий уровень большинства характеристик прочности, белизны и вязкости, определяется следующими параметрами: концентрация массы 6 %, расход пероксида водорода 10 ... 15 кг/т, температура обработки 70 ... 80 °С, продолжительность 2 ч, расход щелочи 7 кг/т (рН 11 ... 12).

Архангельский государственный технический университет

Поступила 23.02.2000 г.

*T.A. Koroleva, V.I. Komarov, A.A. Milovidova, G.V. Komarova,
Ya.V. Kazakov*

Influence of Hydrogen Peroxide Bleaching on Physical-and-mechanical Properties of Hardwood Sulphate Pulp

The optimum mode for the IV stage of bleaching of hardwood sulphate pulp by hydrogen peroxide in the alkaline condition has been established providing preservation of fiber strength and their binding with high brightness at the same time.

УДК 676.1.023.1

*А.М. Кряжев, Ф.В. Шпаков, Л.К. Звездина,
О.Л. Зарудская, А.И. Глазунов, А.В. Аввакумова*

Кряжев Анатолий Максимович родился в 1949 г., окончил в 1972 г. Ленинградскую лесотехническую академию, кандидат химических наук, ведущий научный сотрудник ВНИИБ. Имеет около 50 печатных трудов в области создания технологий и оборудования для механохимического обессмоливания сульфатной целлюлозы, отбеливания целлюлозы.



Шпаков Федор Васильевич родился в 1953 г., окончил в 1975 г. Ленинградскую лесотехническую академию, кандидат технических наук, заведующий лабораторией белых полуфабрикатов ВНИИБ. Имеет свыше 100 печатных трудов в области разработок новых экологически безопасных технологий получения полуфабрикатов различного назначения.



Звездина Лариса Константиновна родилась в 1952 г., окончила в 1974 г. Ленинградский технологический институт ЦБП, кандидат технических наук, старший научный сотрудник ВНИИБ. Имеет более 70 печатных трудов в области разработок новых экологически безопасных технологий получения полуфабрикатов различного назначения и методик по определению показателей сточных вод.



Зарудская Ольга Леонидовна родилась в 1941 г., окончила в 1963 г. Ленинградскую лесотехническую академию, кандидат технических наук, старший научный сотрудник ВНИИБ. Имеет около 80 печатных трудов в области исследования экологически безопасных технологий отбелки различных видов целлюлозы.



Глазунов Александр Иванович родился в 1929 г., окончил в 1955 г. Ленинградский военно-механический институт, ведущий научный сотрудник ВНИИБ. Имеет около 70 печатных трудов в области создания нового аппаратного оформления механохимической обработки лигноцеллюлозных материалов для экологически безопасных технологий получения беленых полуфабрикатов различного назначения, теоретических и прикладных исследований, направленных на повышение эффективности процессов отбелки целлюлозы.



Аввакумова Альбина Васильевна родилась в 1946 г., окончила в 1971 г. Ленинградский технологический институт ЦБП, кандидат технических наук, старший научный сотрудник ВНИИБ. Имеет около 60 печатных трудов в области разработки технологии отбелки ECF и TCF различных видов целлюлозы.



ИССЛЕДОВАНИЯ И ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ В ОБЛАСТИ ОТБЕЛКИ СУЛЬФИТНОЙ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ ДЛЯ БУМАГИ

В схеме отбелки сульфитной целлюлозы TCF рассмотрены современные технологические приемы: механохимическое обессмоливание, делигнифицирующая обработка молекулярным кислородом и пероксидом водорода, отбелка пероксидом водорода при высокой концентрации массы, обеспечивающие высокие показатели качества беленого полуфабриката и позволяющие уменьшить сброс загрязнений от отбельной установки на внеплощадочные очистные сооружения.

Одними из наиболее значительных достижений 70–90-х годов XX века в области производства беленых полуфабрикатов являются отказ при отбелке от использования молекулярного хлора и переход к обработке целлюлозной суспензии при средней концентрации (8 ... 18 %). Эти решения, а также применение в схемах отбелки промывных прессов, работающих

при концентрации поступающей массы до 10 %, внесли свой вклад в улучшение экологической обстановки, повышение экономической эффективности обработки целлюлозы и послужили основой для создания в промышленных условиях первых замкнутых циклов водооборота в отбельных цехах [13].

Наиболее бурное развитие исследований в области полностью бесхлорных технологий отбелики целлюлозы (ТСФ) произошло в последнее десятилетие XX века.

В данной статье рассмотрены технические решения, разработанные на основе результатов научно-исследовательских работ лаборатории белевых полуфабрикатов АО ВНИИБ в области отбелики сульфитной целлюлозы для бумаги.

Известно, что отбелика сульфитной целлюлозы только пероксидом водорода по технологии 80-х годов не позволяет достигнуть уровня показателя белизны более 80 ... 84 %. Кроме того, стояла задача повышения эффективности использования дорогостоящего реагента – пероксида водорода, по сравнению с молекулярным хлором – основным реагентом, применяемым по традиционной технологии отбелики целлюлозы.

Как показали проведенные нами исследования [8, 10–12], белимость целлюлозы пероксидом водорода зависит от содержания металлов переменной валентности в реакционной системе отбелики целлюлозы и жесткости небеленой целлюлозы, поступающей на отбелку. Кроме того, эффективность процесса обеспечивается максимально возможным использованием наиболее дешевого отбеливающего реагента – молекулярного кислорода, и сокращением числа ступеней отбелики.

Распад пероксида водорода в щелочной среде реакционной системы, протекающий по ионному механизму, приводит к образованию основной отбеливающей частицы – аниона гидропероксида HOO^- . Металлы переменной валентности оказывают каталитическое воздействие на распад пероксида водорода по радикальному механизму с образованием исключительно реакционноспособных радикалов: гидроксильного $\text{HO}\bullet$ и супероксид-аниона $\text{O}_2\bullet^-$. В частности, окислительный потенциал гидроксильного радикала в водном растворе (нейтральная среда) составляет 2,32 В и является наибольшим из всех известных для отбельной системы окислителей. Из-за высокого окислительного потенциала гидроксильный радикал имеет короткую продолжительность жизни и практически мгновенно вступает в реакцию со всеми компонентами лигноуглеводной матрицы целлюлозного волокна на месте своего образования, что и приводит к снижению механических свойств беленой целлюлозы.

Проведенные исследования [10, 11] позволили экспериментально установить максимально допустимый уровень содержания металлов переменной валентности в реакционной системе отбелики (железо – 0,0020 %, медь – 0,0001 %, марганец – 0,0001 %), который обеспечивает преимущественное разложение пероксида водорода с образованием ангидропероксидного иона HOO^- . Как показали результаты исследований и опытно-промышленных

испытаний, превышение «безопасного уровня» содержания зольных компонентов (Cu, Fe, Mn) в реакционной системе может быть связано как с дополнительным их поступлением за счет оборудования, так и с химикатами, водой и оборотными фильтратами, что предъявляет более высокие требования к подготовке свежей воды и состоянию трубопроводов и оборудования.

С целью сокращения потерь пероксида водорода на разложение и сохранения механической прочности беленой целлюлозы для связывания в реакционной системе металлов переменной валентности предложено [12] применять относительно дешевый отечественный препарат фиолент.

Экономическая и инвестиционная ситуация в России не позволяет в настоящее время рассчитывать на значительные объемы капитальных вложений. Поэтому для модернизации существующих отбельных цехов сульфит-целлюлозных предприятий необходимо использовать технологические решения, позволяющие поэтапно и с минимальными капитальными вложениями обеспечивать конкурентоспособность российских беленых целлюлозных полуфабрикатов и повышать экологическую безопасность технологических процессов.

Снижение содержания массовой доли смол и жиров в сульфитной целлюлозе и исключение «смоляных затруднений» в процессе ее производства на российских предприятиях является актуальной задачей и в настоящее время.

Известно, что обработка сульфитной целлюлозы в щелочной среде благоприятно влияет на снижение массовой доли смол и жиров. Однако эффективность обработки целлюлозы при низкой и средней концентрации недостаточна. Повышение эффективности такой обработки достигается при концентрации массы 20 ... 40 % [5]. Исследования по разработке технологии и созданию аппаратного оформления процесса механохимического обессмоливания были начаты в АО ВНИИБ еще в середине 80-х годов и завершились разработкой и испытанием аппарата МХО [4]. В АО «Петрозаводскмаш» для этих целей успешно прошел испытания промышленный аппарат трения [2].

По технологии, разработанной АО ВНИИБ [9], более пяти лет на Светогорском ЦБК эффективно работала установка механохимического обессмоливания с использованием аппарата «Фротапульпер». Данная установка позволила отказаться от применения узла отделения мелкого волокна, снабженного смолоотделителями «Аттис», и обеспечить низкий уровень массовой доли смол и жиров в вязкой и ацетатной сульфитной целлюлозе.

Изучение методом электронной микроскопии субмикроструктуры целлюлозы показало более глубокую степень разработки структуры клеточной стенки волокон, прошедших механохимическую обработку. Однако в связи с экономическим кризисом данные технические решения не были реализованы в промышленности.

С целью демонстрации возможностей аппарата трения, разработанного и изготовленного АО «Петрозаводскмаш», в январе 1998 г. сотрудни-

**Показатели качества образцов целлюлозы до и после обработки
на аппарате трения***

Целлюлоза	Жесткость, п. ед.	Белизна, %	Массовая доля смол и жиров, %
Небеленая: образец I	71	63,0	1,25
образец II	35	61,3	2,00
После МХО: образец I	55	50,0	0,55
образец II	30	60,6	0,67

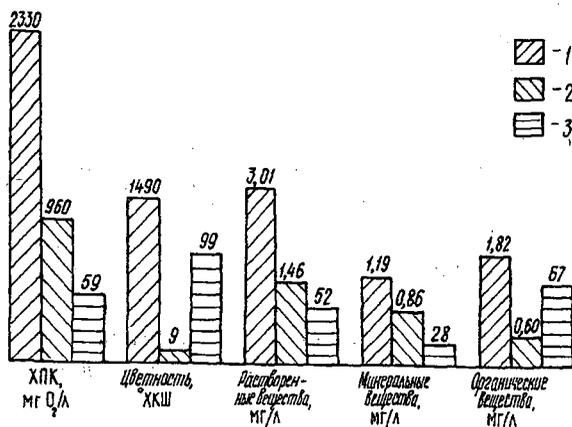
* После обработки промывку целлюлозы осуществляли горячей водой.

ками опытной базы завода, расположенной на Кондопожском ЦБК, совместно с сотрудниками лаборатории беленых полуфабрикатов АО ВНИИБ проведены экспериментальные работы по механохимическому обессмоливанию промышленных образцов сульфитной целлюлозы.

Образцы целлюлозы обрабатывали на аппарате трения производительностью до 10 т/сут. по абс. сухому веществу. Рабочие органы аппарата – два шнека диаметром 175 мм, витки которых входят друг в друга с некоторым фиксированным зазором. Шнеки вращаются в противоположных направлениях с приводом от двух синхронно вращающихся валов, связанных через общий редуктор с электродвигателем постоянного тока мощностью 108 кВт. Целлюлозную массу, предварительно смешанную со щелочью (расход NaOH – 15 кг/т) и нагретую до температуры 70 °С, пропускали через аппарат. После обработки образцы промывали водой. В таблице приведены показатели качества целлюлозы после ступени механохимической обработки (МХО), показывающие возможность достижения высокой эффективности обессмоливания (~ 60 %).

Реализация данного способа обессмоливания на предприятиях отрасли создаст основу не только повышения конкурентоспособности отечественной белой сульфитной целлюлозы, но и организации максимально замкнутого водооборота, что является необходимым условием экологической безопасности производства. Это связано с возможностью проведения

Рис. 1. Характеристика загрязненности фильтрата ступени МХО (1) и очищенной воды (2) после локальной очистки (степень очистки (3) по показателям приведена в процентах)



локальной очистки загрязненных фильтратов от ступени МХО. На рис. 1 представлена характеристика фильтратов до и после локальной очистки. Очищенный фильтрат возвращается в производство, а выделенный осадок может быть направлен на сжигание в корьевого котел, что обеспечит снижение нагрузки на очистные сооружения.

Известно, что уровень показателей жесткости и белизны целлюлозы как после варочного процесса, так и после делигнифицирующих обработок небеленой целлюлозы оказывает существенное влияние на последующий расход отбеливающих реагентов, прирост показателя белизны по ступеням отбелки, количество ступеней отбелки и конечную белизну целлюлозного полуфабриката. Поэтому представляло интерес провести сравнение способов делигнификации небеленой целлюлозы, обеспечивающих снижение жесткости и эффективный прирост белизны.

Одним из приемов делигнификации небеленой целлюлозы является кислородно-щелочная обработка (КЩО). Для повышения ее эффективности используют добавки пероксида водорода в количестве 5 ... 7 кг/т (ступень КЩО/П). Применяют также способ делигнификации небеленой целлюлозы с использованием только пероксида водорода (П_д), проводимый без избыточного давления. Совместная обработка целлюлозы пероксидом водорода и кислородом может осуществляться под давлением как в течение всего (60 мин) процесса (ПО), так и кратковременно (10 ... 15 мин) в реакционной колонке (ЩОП), когда последующая отбелка пероксидом водорода протекает при атмосферном давлении. Делигнификация с применением ступени ПО или ЩОП принципиально отличается от КЩО/П тем, что основным делигнифицирующим реагентом на ступенях ПО и ЩОП является пероксид водорода, расход которого в зависимости от жесткости поступающей целлюлозы колеблется от 15 до 35 кг/т абс. сухого волокна.

На рис. 2 представлены показатели качества целлюлозы после проведения ступени делигнификации различными методами. Как видно из диаграммы, содержание массовой доли смол и жиров в целлюлозе после ступени П_д почти в два раза выше, чем после проведения других делигнифицирующих обработок (ПО и КЩО). Поэтому с целью дополнительного снижения содержания экстрактивных веществ исследовали применение механохимической обработки небеленой целлюлозы. Из диаграммы (рис. 3) вид-

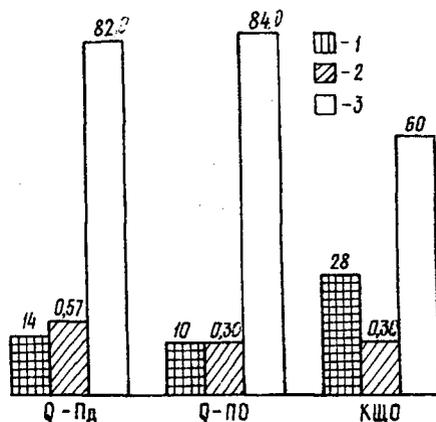
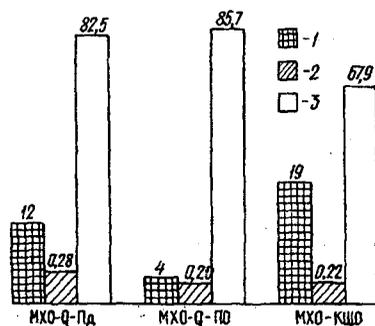


Рис. 2. Сравнение различных методов делигнификации сульфитной целлюлозы из хвойных пород древесины (показатели качества небеленой целлюлозы: жесткость 71 п. е.; массовая доля смол и жиров 1,15 %; белизна 59,8 %): 1 – жесткость, 2 – массовая доля смол и жиров, 3 – белизна

Рис. 3. Сравнение различных методов делигнификации сульфитной целлюлозы с дополнительной механической обработкой (показатели качества небеленой целлюлозы: жесткость 71 п. ед.; массовая доля смол и жиров 1,15 %; белизна 59,8 %): 1 – жесткость, 2 – массовая доля смол и жиров, 3 – белизна



но, что предварительная механохимическая обработка для ступени П_д способствовала существенному (в два раза) снижению массовой доли смол и жиров. Следует также отметить положительное влияние механохимической обработки на показатели качества целлюлозы, обработанной по технологии ПО и КЩО (рис. 3).

Полученные результаты показывают, что узел МХО совместно с делигнификацией П_д, проводимой на существующем оборудовании отбелного цеха, может рассматриваться как первый возможный этап перевода схемы отбелики сульфитной целлюлозы на технологию ECF. Однако следует подчеркнуть, что для сохранения экономической эффективности производства необходимо осуществить мероприятия по снижению жесткости небеленой целлюлозы до 60 п. ед. при одноступенчатом способе варки и до 45 п. ед. при двухступенчатом.

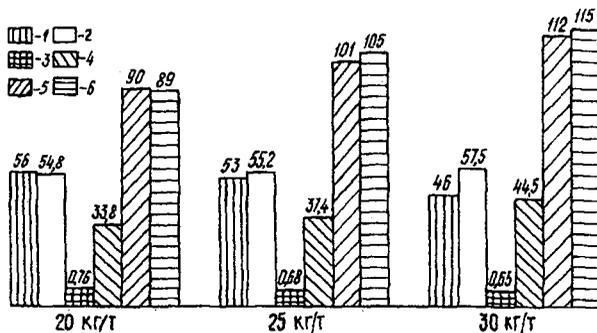


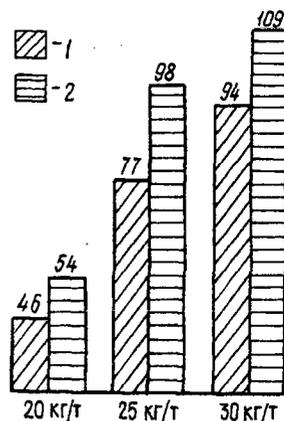
Рис. 4. Изменение показателей качества сульфитной целлюлозы (1 – жесткость, п. ед.; 2 – белизна, %; 3 – массовая доля смол и жиров, %) и загрязненности фильтратов (4 – цветность, кг/т абс. сухой целлюлозы; 5 – ХПК, кгО₂/т; 6 – растворенные вещества, кг/т) после проведения ступени КЩО (условия: температура 95 °С, продолжительность 1 ч, давление кислорода 0,5 МПа, концентрация массы 10 %, расход сульфата магния 1 кг/т) с различным расходом (20, 25, 30 кг/т) гидроксида натрия (показатели качества небеленой целлюлозы: жесткость 72,5 п. ед., массовая доля смол и жиров 1,27 %, белизна 61,0 %, разрывная длина 11 200 м, сопротивление излому 840 ч. д. п., сопротивление раздиранию 320 мН)

Вторым этапом модернизации может стать переход от делигнификации по технологии П_д в схеме ЕСF к более эффективной технологии с применением молекулярного кислорода и установкой необходимого оборудования.

Совместное использование молекулярного кислорода и пероксида водорода оправдано общим механизмом их воздействия в щелочной реакционной системе на остаточный лигнин небеленой целлюлозы [7]. Кроме того, это позволит сократить число ступеней отбелки и даст экономию гидроксида натрия.

На рис. 4 показано, как в зависимости от расхода NaOH, при прочих равных условиях проведения процесса, изменяются показатели качества целлюлозы и загрязненность фильтратов. Однако величина ХПК фильтратов КЦО зависит не только от расхода щелочи, но и от уровня содержания металлов переменной валентности (рис. 5), что еще раз подчеркивает необходимость наблюдения за уровнем содержания зольных компонентов в реакционной системе.

Рис. 5. Влияние расхода гидроксида натрия (кг/т) на ХПК (кг О₂/т абс. сухой целлюлозы) фильтратов ступени КЦО (жесткость небеленой сульфитной целлюлозы 73 п.ед.; условия ступени КЦО: температура 105 °С, продолжительность 60 мин, давление кислорода 0,5 МПа) при различной массовой доле зольных компонентов: 1 – 0,010 % Fe, 2 – 0,002 % Fe



Теоретическое обоснование влияния на эффективность протекания процесса отбелки целлюлозы пероксидом водорода таких параметров, как температура и давление в реакционной системе, приведено в статье [6]. Для разработки технологических приемов совместной обработки целлюлозы пероксидом водорода и молекулярным кислородом представляло интерес определить необходимую величину давления, а также продолжительность его воздействия на эффективность процесса делигнификации. На рис. 6 показан прирост белизны сульфитной целлюлозы в зависимости от продолжительности совместной обработки под давлением и с последующим проведением отбелки пероксидом водорода при атмосферном давлении. Как видно из рис. 7, технологические приемы (ЩОП – 5 ... 10 мин обработки под давлением и ПО – 60 мин обработки под давлением) по достигаемому показателю белизны для сульфитной целлюлозы являются равнозначными.

Кроме того, совместное использование кислорода и пероксида водорода по сравнению с обработкой П_д (рис. 7), при прочих равных условиях,

позволяет сократить в 2–3 раза продолжительность процесса, необходимую для достижения одного и того же уровня белизны.

Полученные экспериментальные данные можно объяснить с позиций массопереноса в трехфазной реакционной системе, где результирующая скорость взаимодействия целлюлозы с кислородом и пероксидом водорода может определяться диффузионным сопротивлением на границах раздела фаз газ – жидкость и жидкость – твердое тело.

Повышенное давление увеличивает растворимость кислорода в воде и, следовательно, способствует росту его концентрации в жидкой фазе, что обуславливает диффузионный поток O_2 на границе жидкость – поверхность волокна. По-видимому, этим ограничивается основное влияние избыточного давления. Однако при наличии в сетке волокон и в самих волокнах замкнутых полостей (пор и капилляров) их объем при увеличении внешнего давления пропорционально сокращается, что также улучшает условия диффузии как кислорода, так и пероксида водорода в суспензии за счет некоторого увеличения площади поверхности раздела жидкость – твердое тело. Это предположение основано на результатах работы [1], где показано, что при давлении 0,5 МПа в целлюлозной суспензии вытесняются все пустоты, препятствующие прохождению ультразвука.

Проведение делигнификации сульфитной целлюлозы пероксидом водорода по отработанным технологическим параметрам позволяет достигать не только низких значений показателя жесткости целлюлозы, массовой доли смол и жиров, но и высоких значений белизны (82 ... 85 %). Можно предположить, что такой уровень белизны делигнифицированной целлюлозы должен обеспечить при последующей одноступенчатой отбелке пероксидом водорода в беленом полуфабрикате белизну порядка 87 ... 89 %. Таким образом, третьим этапом реконструкции схемы отбелки сульфитной целлюлозы может стать переход от схемы ECF к схеме TCF.

Дальнейшие исследования были посвящены проблемам выбора эффективной технологии отбелки сульфитной целлюлозы пероксидом водорода.

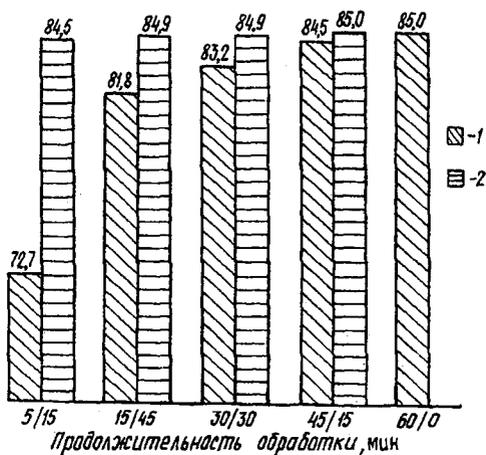


Рис. 6. Прирост белизны сульфитной целлюлозы в зависимости от продолжительности совместной обработки пероксидом водорода и молекулярным кислородом под давлением и последующей доделки пероксидом водорода при атмосферном давлении с общей продолжительностью процесса 60 мин: 1 – избыточное давление, 2 – атмосферное давление

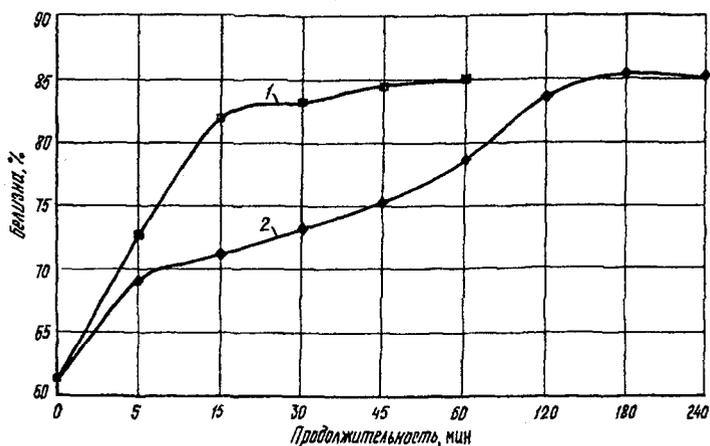


Рис. 7. Влияние продолжительности отбеливания на белизну сульфитной целлюлозы при использовании пероксида водорода Q-П и при совместном использовании пероксида и молекулярного кислорода Q-ПО (условия проведения процесса отбеливания на ступени Q: расход фиолента – 3 кг/т абс. сухой целлюлозы, температура – 50 °С, продолжительность – 60 мин, концентрация массы – 10 %; на ступени П (1): расход H_2O_2 – 25 кг/т абс. сухой целлюлозы, расход $NaOH$ – 20 кг/т, расход Na_2SiO_3 – 5 кг/т, расход $MgSO_4$ – 1 кг/т, температура – 90...95 °С, продолжительность – до 240 мин, концентрация массы – 10 %; на ступени ПО (2): продолжительность – до 60 мин (остальные условия совпадают со ступенью П))

На основании закона действия масс скорость химической реакции в текущий момент времени прямо пропорциональна произведению молярных концентраций реагирующих веществ. Однако скорость технологического процесса отбеливания целлюлозы определяется результирующей скоростью не только химических реакций, но и процессов доставки реагентов и вывода продуктов реакции за счет молекулярной и турбулентной диффузий. Следовательно, технологические приемы должны обеспечивать создание высокого градиента концентрации отбеливающих реагентов у реакционной поверхности целлюлозного волокна, что будет увеличивать скорость химических процессов в реакционной системе отбеливания целлюлозы. Естественно, необходимо учитывать и другие известные факторы [6], оказывающие влияние на реакционную систему (например pH, температура процесса, уровень содержания металлов переменной валентности и т. д.).

Для увеличения скорости отбеливания в кинетической области (химические реакции) необходимо обеспечить повышение температуры проведения процесса с 70 ... 80 до 95 ... 110 °С.

В зависимости от способа доставки реагента к реакционной поверхности технологические решения строятся на применении массы средней или высокой концентрации.

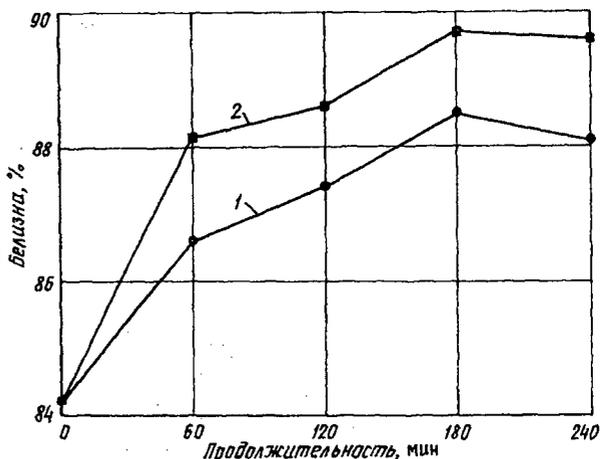
Псевдооживление целлюлозной массы средней концентрации, создаваемое в современных динамических смесителях, разрушает сетку волокон и, тем самым, создает условия для повышения концентрации отбеливающего реагента в слое жидкой фазы, прилегающем ко всей поверхности целлюлозного волокна. Однако такое повышение концентрации отбеливающего реагента будет ограничено его средней концентрацией в данной реакционной системе отбеливания целлюлозы. Следует подчеркнуть, что после завершения процесса перемешивания (в динамическом смесителе целлюлоза в зоне смешения находится 0,05 с) при дальнейшей выдержке целлюлозной суспензии с реагентом процесс массопереноса вновь перейдет в область внешней диффузии. Поэтому помимо интенсивного перемешивания при использовании целлюлозной суспензии средней концентрации с целью улучшения в реакционной системе условий для диффузии пероксида водорода к поверхности волокна необходимо применять также избыточное внешнее давление, способствующее сокращению объема пор и капилляров (пустот) как в целлюлозной суспензии, так и в самих волокнах.

Одним из возможных путей интенсификации массообмена внутри волокна может являться деформация самого волокна [5], которая приводила бы к изменению параметров его капиллярно-пористой структуры и, как следствие, к относительному движению раствора реагента, содержащегося в нем. Такую деформацию за счет механических методов можно осуществить путем воздействия твердых поверхностей на частицы волокнистой массы, в которых волокна находятся в контакте друг с другом, т. е. при высокой концентрации целлюлозной суспензии.

Перемешивание при высокой концентрации осуществляется путем создания условий, при которых суспензия подвергается деформациям сжатия и сдвига. При этом происходит разрушение волокнистой структуры суспензии и ее последующее пластическое течение, значение напряжения может быть достаточно большим, чтобы вызывать деформацию самих волокон. В этом случае основную роль будет играть сдвиговая деформация, характеризующаяся градиентом относительной скорости смещения слоев суспензии. Касательные напряжения, возникающие в этих слоях, при достаточной величине напряжений и будут обуславливать деформацию волокон. Это создает условия для практически мгновенной доставки реагентов к внутренним структурным элементам волокон и поддержания высокой концентрации реагентов у реакционной поверхности.

Подобные условия создаются [3], например, при продавливании суспензии через узкие отверстия или протирании ее между твердыми поверхностями.

Рис. 8. Изменение белизны сульфитной целлюлозы из хвойных пород древесины в процессе отбели (продолжительность 240 мин) пероксидом водорода на ступени Π_2 при концентрации массы 10 (кривая 1) и 30 % (2)



В соответствии с приведенными выше рассуждениями рассмотрим технологические решения отбели сульфитной целлюлозы с использованием целлюлозных масс средней (8 ... 18 %) и высокой (20 ... 40 %) концентраций.

На рис. 8 представлено сравнение показателей белизны целлюлозы, полученной в результате отбели по схеме МХО-Q- Π_1 - Π_2 , где на ступени отбели пероксидом водорода (Π_2) использована масса концентрацией 10 и 30 %. Смещение массы высокой концентрации с химикатами осуществляли в специально разработанном шнек-прессе. На рис. 9 представлена диаграмма изменения показателя белизны и массовой доли смол и жиров по ступеням отбели TCF сульфитной целлюлозы из хвойных пород древесины, откуда видно, что разработанные технологические решения позволяют в два и более раз снизить содержание смол и жиров на ступени МХО, а в белом полуфабрикате обеспечить их содержание на уровне 0,2 ... 0,4 %. Показатель белизны целлюлозы после первой ступени отбели сульфитной целлюлозы пероксидом водорода составляет 82 ... 85 %, а после второй – 86 ... 89 %.

Результаты исследований показали, что отбели сульфитной целлюлозы по схеме TCF может проводится в три ступени (включая ступень обработки хелатирующим реагентом). Как следует из рис. 10, уровень белизны полубеленой целлюлозы

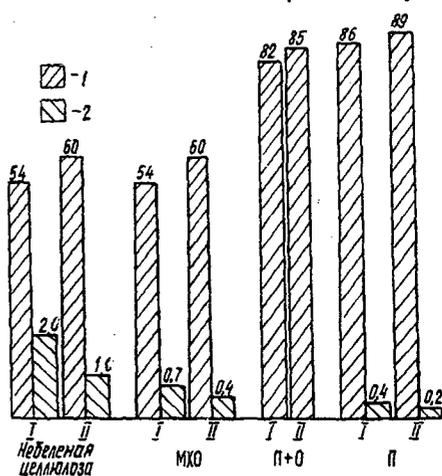


Рис. 9. Изменение белизны и массовой доли смол и жиров по ступеням отбели TCF образцов (I и II) сульфитной целлюлозы из хвойных пород древесины: 1 – белизна, %; 2 – массовая доля смол и жиров, %

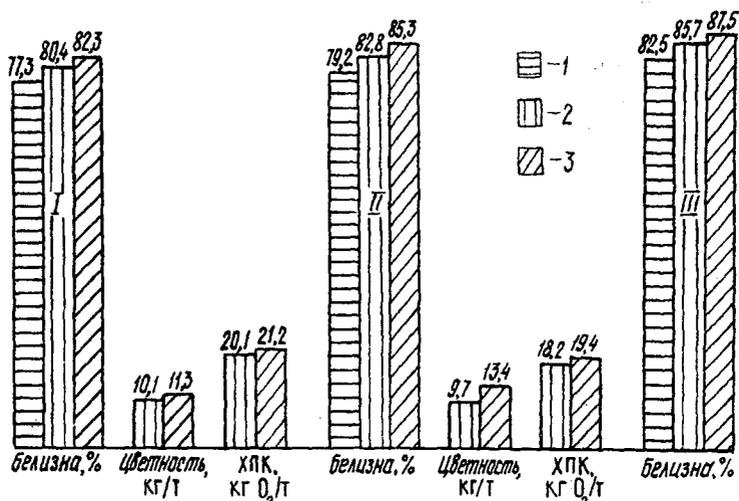


Рис. 10. Изменение белизны сульфитной целлюлозы и загрязненности фильтратов (цветность, ХПК) после отбелки пероксидом водорода трех образцов (I – III) полубеленой целлюлозы с различным начальным уровнем белизны (77,3; 79,2; 82,5 %) и концентрацией массы при отбелке: 1 – исходный образец; 2, 3 – образцы, обработанные при концентрации массы 10 и 25 %

оказывает решающее влияние на белизну готового полуфабриката независимо от концентрации массы (10 или 25 %) на ступени отбелки пероксидом водорода. Следовательно, снижение жесткости и повышение белизны на ступени делигнификации является неперемным условием успешной отбелки сульфитной целлюлозы по схемам TCF.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. А. с. № 258849, СССР. Автоматический регулятор концентрации целлюлозной, древесной и бумажной массы / И.А. Христюк, В.П. Петров, К.И. Образцов // Открытия. Изобрет. – 1970. – № 1.
2. Аппарат двухшнековый АТ – эффективное средство обессмоливания сульфитной целлюлозы / А.А. Вдовин, Т.И. Петриченко, А.М. Кряжев и др. // Сб. информ. сообщений V Международной конф. ПАП-ФОР-98, 16–17 ноября 1998 г. – С.–Петербург, 1998. – С. 22–23.
3. Барамбойм Н.К. Механохимия высокомолекулярных соединений. – М.: Химия, 1971. – 364 с.
4. Интенсификация процессов производства белых полуфабрикатов / А.М. Кряжев, А.И. Глазунов, Л.И. Столярова и др. // Бум. пром-сть. – 1990. – № 11. – С. 23–24.
5. Кряжев А.М. Физические и химические аспекты механохимической обработки целлюлозы – основа интенсификации технологических процессов // Сб. пленарных докладов V Междунар. конф. ПАП-ФОР-98, 16–17 ноября 1998 г. – С.–Петербург, 1998. – С. 189–198.

6. *Кряжев А.М., Шпаков Ф.В., Мусинский С.В.* Схемы отбелики сульфитной целлюлозы для бумаги // *Целлюлоза. Бумага. Картон.* – 1998. – № 7–8. – С. 34–38.
7. *Непенин Ю.Н.* Технология целлюлозы: В 3 т. – М.: Экология, 1994. – Т. 3. – 590 с.
8. Основные направления совершенствования технологии производства беленых полуфабрикатов в России на пороге XXI века / *Ф.В. Шпаков, В.Ф. Неволин, А.М. Кряжев, А.А. Вдовин* // *Сб. пленарных докл. V Междунар. конф. ПАП-ФОР-98, 16–17 ноября 1998 г.* – С.-Петербург, 1998. – С. 74–84.
9. Отбелика сульфитной вискозной целлюлозы ECF и TCF без ступени кислородно-щелочной отбелики / *А.М. Кряжев, Ф.В. Шпаков, А.И. Глазунов и др.* // *Целлюлоза. Бумага. Картон.* – 1996. – № 5–6. – С. 12–15.
10. Удаление металлов переменной валентности из целлюлозы в схемах отбелики ECF и TCF. Часть 1. Исследование влияния параметров процесса «ступени Q» на степень удаления металлов переменной валентности / *А.М. Кряжев, Л.К. Звездина, Ф.В. Шпаков и др.* // *Целлюлоза. Бумага. Картон.* – 1996. – № 11–12. – С. 12–15.
11. Удаление металлов переменной валентности из целлюлозы в схемах отбелики ECF и TCF. Часть 2. Определение уровня содержания металлов переменной валентности в целлюлозе, не оказывающего влияния на процесс отбелики пероксидом водорода и озоном / *А.М. Кряжев, Л.К. Звездина, О.Л. Зарудская и др.* // *Целлюлоза. Бумага. Картон.* – 1997. – № 1–2. – С. 20–22.
12. Удаление металлов переменной валентности из целлюлозы в схемах отбелики ECF и TCF. Часть 3. Испытания нового отечественного композиционного препарата для удаления из целлюлозы металлов переменной валентности / *Н.Е. Ковалева, А.В. Аввакумова, А.М. Кряжев и др.* // *Целлюлоза. Бумага. Картон.* – 1997. – № 5–6. – С. 12–13.
13. *Хадебров С., Линдгвист Б., Сондел К.* Опыт работы сульфитного завода «Domsjö» с технологией отбелики TCF и замкнутым водооборотом // *Целлюлоза. Бумага. Картон.* – 1997. – № 5–6. – С. 14–16.

АО ВНИИБ

Поступила 04.04.2000 г.

*A.M. Kryazhev, F.V. Shpakov, L.K. Zvezdina, O.L. Zarudskaya,
A.I. Glazunov, A.V. Avvakumova*

Research and Technical Solutions in Bleaching Sulphite Pulp for Paper

Modern operating methods are viewed in the bleaching sequence for sulphite pulp (TCF) treatment, among them, mechanical-and-chemical tar extraction, delignification treatment with molecular oxygen and hydrogen peroxide, bleaching with hydrogen peroxide at high mass concentration, providing high values of the bleached semifinished product quality and allowing reduction of contaminants discharge from the bleaching device on the treating facility outside the operating area.