

## **СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ ВТОРИЧНЫХ МАТЕРИАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ И ЗА РУБЕЖОМ**

Н.В. Черная<sup>1</sup>, профессор, к.х.н.

И.И. Карпунин<sup>2</sup>, д.т.н., профессор

В.В. Кузьмич<sup>2</sup>, зав. кафедры, д.т.н., профессор

<sup>1</sup>Учреждение образования «Белорусский государственный технологический университет», Минск, Беларусь

<sup>2</sup>Учреждение образования «Белорусский национальный технический университет», Минск, Беларусь

*К перспективным проклеивающим веществам относятся высокосмоляные канифольные дисперсии. Эффективность их применения значительно повышается при смещении процесса проклейки волокнистых суспензий из традиционного режима гомокоагуляции в более эффективный режим гетероадагуляции пептизированных частиц, что позволяет сэкономить 20-40 % проклеивающего вещества, сократить расходы электролита и упрочняющего вещества в 1,5-2,0 и 1,6-1,8 раза, а также уменьшить энергозатраты на производство высококачественной бумажной и картонной продукции на 2-3 % за счет снижения температуры ее сушки на 15-20 °С.*

Современная тенденция развития целлюлозно-бумажной промышленности Республики Беларусь и за рубежом характеризуется постоянным наращиванием объемов переработки различных марок макулатуры. Этот вид волокнистых полуфабрикатов относится к вторичным материальным ресурсам. В настоящее время макулатура является незаменимым волокнистым полуфабрикатом в технологии бумаги и картона. Ее использование способствует удовлетворению высокого потребительского спроса на выпускаемую бумажную и картонную продукцию во всем мире, что диктует необходимость совершенствования технологий ее переработки.

Организации сбора макулатуры и повышению эффективности ее переработки для производства широкого ассортимента бумажной и картонной продукции в каждой стране уделяется большое внимание. Это связано прежде всего с дефицитностью и высокой стоимостью первичного волокнистого сырья, представляющего собой различные виды целлюлозы, полученной из хвойных и лиственных пород древесины

сульфитным, щелочным и комбинированным способами [1,2]. Дальнейшая отбелка и облагораживание выпускаемых видов небеленой целлюлозы расширяет области ее применения, что позволяет производить разнообразные виды бумажной и картонной продукции для различных отраслей промышленности – полиграфической, фармацевтической, пищевой, строительной, автомобильной, автотракторной и т. д. [3,4].

Макулатура уступает целлюлозе по бумагообразующим свойствам из-за неоднородного фракционного состава, ухудшающегося при увеличении цикличности ее переработки, а также из-за сокращения длины и толщины волокон и снижения их адсорбционных свойств. В то же время высоким промышленным спросом пользуются все марки макулатуры. В разных странах количество установленных сортов (марок) макулатурного сырья изменяется от 4 до 41, что отражается на конкретных условиях производства бумажной и картонной продукции [5-7]. В некоторых странах Европы, например в Польше, согласно стандарту PN EN 643 существует 4 сорта макулатуры, в Чешской Республике по стандарту CSN EN 643 – 7, в Великобритании – 11, в странах СНГ – 12, в Финляндии – 20, в Германии – 41 [8].

Количество марок макулатурного сырья связано с количеством видов бумажной и картонной продукции, которые необходимо утилизировать. Поэтому в каждой стране определена группа критериев по организации сбора макулатуры и глубине ее переработки. Постоянно растущее производство бумаги и картона из вторичных материальных ресурсов (макулатуры) характерно не только для Республики Беларусь, но во всем мире. Наиболее активно этот вид сырья перерабатывается за рубежом, тыс. т/год: в США – 30 000, Японии – 16 000, Германии – 14 773, Финляндии – 10 442, Швеции – 9 018, Франции – 8 531, Италии – 6 954, Великобритании – 6 188, Испании – 3 767, Австрии – 3 653, России – 3 212, Голландии – 2 988, Бельгии – 2 096, Польше – 1 524, Швейцарии – 1 461, Норвегии – 1 461, Португалии – 1 026, Китае – 9 100, Чешской республики – 726, Словакии – 521, Словении – 399, Венгрии – 353, Греции – 352 [4]. В Республике Беларусь большинство предприятий целлюлозно-бумажной промышленности перерабатывают 5 видов макулатурного сырья, из которого производят широкий ассортимент бумаги и картона.

Объемы перерабатываемой макулатуры во многих странах напрямую зависят от ее потребности, определяемой ассортиментом выпускаемых видов бумаги и картона. Поэтому макулатура является предметом экспорта и импорта. Считается, что высокие значения показателя уровня переработки макулатуры являются престижными, поскольку этот показатель отражает уровень технического и культурного

развития конкретной страны, а также подчеркивает приоритетность охраны природы на территории этой страны.

Сложность переработки макулатуры объясняет повышенный интерес ученых и производителей к технологиям, обеспечивающим качество макулатурных видов бумаги и картона на уровне, соответствующему целлюлозосодержащим видам продукции. Промышленная реализация этого основного требования сдерживает тот факт, что высококачественная продукция, полученная из целлюлозы или макулатуры, должна обладать одновременно водоотталкивающими (гидрофобными) свойствами и необходимой прочностью.

Получение клееных видов бумаги и картона основано на том, что в волокнистую суспензию последовательно вводят проклеивающее и упрочняющее вещества. Применяемые химические вещества представляют собой бинарную систему, от состава которой и содержания присутствующих веществ зависят гидрофобность и прочность бумаги и картона.

Эффективность применения каждого вида бинарных систем «проклеивающее вещество – упрочняющее вещество» во многом зависит от характера коллоидно-химических взаимодействий, протекающих между компонентами бумажной массы, и проявления конкретных механизмов гидрофобизации и упрочнения. Для целлюлозных и макулатурных суспензий конечные результаты (положительные эффекты) должны быть идентичными. Однако способы их достижения для целлюлозных и макулатурных суспензий, как правило, существенно отличаются. Это можно объяснить отличительными особенностями бумагообразующих свойств волокон, на которые влияют степень фибрилляции, размеры (длин и толщина), равномерность распределения на поверхности отрицательно заряженных активных центров (гидроксильных групп) и их количество, адсорбционная способность и характер взаимодействия этих центров с частицами проклеивающего вещества и макромолекулами упрочняющего вещества.

Важное значение имеют коллоидно-химические, химические и электростатические взаимодействия, поскольку бумажные массы содержат различные волокна (целлюлозные или макулатурные) и разнообразные компоненты бинарной системы «проклеивающее вещество – упрочняющее вещество». Все это отражается на механизмах гидрофобизации и упрочнения бумаги и картона, изготовленных из целлюлозных или макулатурных волокон.

Для придания бумаге и картону требуемой степени гидрофобности применяют два основных класса соединений: 1) различные виды модифицированной канифоли; 2) синтетические (преимущественно на основе



димеров алкилкетенов (далее – АКД) и ангидрида алкенилянтарной кислоты (далее – АСА)). Достижимые эффекты гидрофобизации объясняют различными механизмами. В каждом случае неоспоримым фактом является то, что процессы гидрофобизации и упрочнения являются конкурирующими. Это связано с тем, что повышение степени гидрофобизации бумаги и картона сопровождается, как правило, нежелательным снижением их прочности. Поэтому для компенсации потери прочности клееных видов бумаги и картона в их проклеенные бумажные массы вводят различные полимерные соединения. Это усложняет технологический процесс получения клееных видов бумаги и картона и повышает себестоимость производимой продукции.

На эффективность процесса проклейки волокнистых суспензий (целлюлозных и макулатурных) большое влияние оказывает последовательность введения в них применяемых химических веществ, каждое из которых оказывает влияние на характер протекающих взаимодействий (коллоидно-химических, химических, электростатических и т. д.).

Для целлюлозных суспензий достаточное количество химических веществ может оказаться минимальным, поскольку применяют проклеивающее вещество и при определенных условиях добавляют упрочняющее вещество. При необходимости в композиции бумажных масс вводят различные вещества, позволяющие, с одной стороны, придать бумаге и картону требуемую влагопрочность, белизну, зольность и другие необходимые свойства и, с другой стороны, уменьшить отрицательное воздействие на окружающую среду за счет повышения удержания волокна в структуре бумаги и картона.

Для макулатурных суспензий использование бинарной системы «проклеивающее вещество – упрочняющее вещество» является обязательным условием, выполнение которого гарантирует получение бумажной и картонной продукции, гидрофобность и прочность которой не уступают уровню аналогичных показателей, достигнутых при переработке первичных волокнистых полуфабрикатов – целлюлозы. Однако, вид и расход компонентов бинарной системы и последовательность введения их в макулатурную суспензию может существенно отличаться от технологии их применения в целлюлозных суспензиях.

Научные публикации и практический опыт работы предприятий целлюлозно-бумажной промышленности свидетельствует о том, что на протяжении последних десяти лет основное предпочтение отдается синтетическим проклеивающим эмульсиям АКД и АСА, и в меньшей степени – дисперсиям модифицированной канифоли.

Одной из основных причин постоянного наращивания объемов использования синтетических проклеивающих веществ (в особенности

различных видов эмульсий АКД) является упрощенный способ их введения в волокнистые суспензии благодаря использованию стандартных дозирующих насосов.

Основным сдерживающим фактором применения известных пас-тообразных видов модифицированной канифоли является, по нашему мнению, необходимость дополнительного их разбавления водой для получения дисперсий с рабочей концентрацией 2-12 %.

На необходимость создания синтетических эмульсий и дисперсий модифицированной канифоли, используемых в товарном виде, обратили внимание многие ученые и производственники. В настоящее время одним из крупнейших производителей таких продуктов в Европе и странах СНГ является ООО «СКИФ Специал Кемикалз» (далее – фирма «СКИФ»). Это российское предприятие выпускает препарат Ультрасайз КА в виде товарных продуктов Ультрасайз КА-250А и Ультрасайз КА-300А. В Республике Беларусь создана дисперсия модифицированной с торговым названием ТМВС-2Н. По своей эффективности она превосходит импортный аналог Sacocell-309 и не уступает препарату Ультрасайз КА [9].

Однако потребительский спрос на различные виды синтетических эмульсий АКД и ASA продолжает доминировать над другими видами проклеивающих веществ в целом и канифольными дисперсиями в частности. Поэтому в настоящее время во многих странах продолжают активно развиваться технологии, направленные на расширение ассортимента эмульсий АКД и ASA за счет использования различных сырьевых компонентов и изменения условий синтеза и стабилизации частиц дисперсной фазы.

Масштабное производство реакционно-активных синтетических эмульсий АКД и ASA организовано в Финляндии (компания Kemira Oyj), России (ООО «СКИФ Специал Кемикалз») и других европейских странах. Широкое применение нашли российские (марки Ультрасайз 200 и Флоусайз 200) и финские (Fennosize KD 225 YP, Fennosize-KV-150NH и Dumar VP 738) эмульсии АКД, полученные на основе димеров алкилкетенов. Среди разновидностей эмульсий ASA улучшенными гидрофобизирующими свойствами обладает продукт марки Ультрасайз R-ASA.

Механизм придания бумаге и картону гидрофобизирующего эффекта эмульсиями АКД и ASA заключается в химической реакции присутствующих в них активных функциональных групп с гидроксильными группами целлюлозных волокон. Отличие проклейки эмульсиями АКД и ASA заключается в скорости протекающих реакций (скорости «созревания» проклейки): проклейка эмульсиями АКД требует длительного времени «созревания» и достигает 20-40 %, а проклейка эмульсиями ASA – 80-100 %.

Эмульсии АКД и АСА являются эффективными для гидрофобизации бумаги и картона, изготовленных преимущественно из целлюлозных суспензий. Процесс проклейки проводят, как правило, в нейтральной (рН 6,5-7,2) и слабощелочной (рН 7,3-7,5) средах. Эффективность использования АКД и АСА в макулатурных суспензиях снижается из-за невозможности формирования на поверхности волокон равномерно распределенных гидрофобных бета-кетозэфиров, образующихся при температуре 130-135 °С, когда происходит сушка бумаги и картона. На целлюлозных волокнах такие эфиры образуются благодаря химическому взаимодействию их гидроксильных групп с димерами алкилкетенов, присутствующими в эмульсиях АКД и АСА. Количество образовавшихся гидрофобных бета-кетозэфиров у макулатурных волокон меньше, чем у целлюлозных; кроме того, они распределяются на волокне неравномерно («точечно»). Основной причиной является «блокирование» большинства гидроксильных групп макулатурных волокон частицами или макромолекулами ранее введенных химических веществ. Поэтому для достижения требуемой степени гидрофобности для макулатурных видов бумаги и картона приходится повышать расход эмульсий АКД (АСА), что, с одной стороны, снижает их прочность и, с другой стороны, приводит к удорожанию готовой продукции.

Неоднородный и постоянно изменяющийся состав различных марок макулатуры по волокну не позволяет установить закономерности влияния расходов применяемых синтетических эмульсий АКД и АСА на удержание их в структуре бумаги и картона. Поэтому до сих пор не решена основная научная проблема – повышение эффективности химического взаимодействия частиц дисперсной фазы АКД и АСА с макулатурными волокнами.

Нерешенными техническими проблемами являются:

1) для эмульсий АКД – повышение устойчивости при хранении (даже при температуре 24°С) и предотвращение разрушения при сильном охлаждении, а также повышенная чувствительность к ионам алюминия, незначительный избыток которых приводит к ухудшению гидрофобности бумаги и картона;

2) повышение удержания частиц дисперсной фазы эмульсий АКД и АСА в структуре бумаги и картона за счет оптимизации их расходов даже в целлюлозных суспензиях в зависимости от степени их помола.

К перспективным способам решения проблем, возникающих при проклейке волокнистых суспензий (целлюлозных и макулатурных) с использованием синтетических эмульсий АКД и АСА, относится способ, основанный, во-первых, на повышении равномерности распределения



на волокнах образовавшихся гидрофобных эфиров и, во-вторых, на максимальном сохранении первоначальной прочности клееных видов бумаги и картона или на компенсации ее потери за счет дополнительного использования минимального (оптимального) количества полимерных соединений, оказывающих на их структуру упрочняющее действие.

Температурный режим сушки бумаги (картона) влияет на скорость и полноту химических реакций, протекающих между димерами алкилкетенов (АКД) и гидроксильными группами целлюлозных волокон. Эти реакции начинают протекать при температуре 110-120 °С и ускоряются при температуре 130-135 °С. Однако они полностью завершаются на протяжении 1-3 сут., когда бумаге (картону) дают возможность «отлежаться». Это связано с тем, что скорость взаимодействия АКД с гидроксильными группами целлюлозы не очень высокая. Поэтому эффект созревания бумаги и картона достигается за счет увеличения продолжительности их хранения. Эта особенность проявляется при выпуске большинства видов бумажной и картонной продукции.

Эффективность применения эмульсий АКД зависит от следующих основных факторов: композиционный состав бумажной массы по волокну, место введения АКД в основной технологический поток, рН волокнистой суспензии до и после введения АКД, вид и расход других химических веществ, щелочность проклеенной бумажной массы, присутствие сульфата алюминия (глинозема, квасцов и др.) и температурный режим сушки бумаги (картона).

По убыванию эффективности проклейки волокнистых суспензий с использованием АКД волокнистые полуфабрикаты располагаются в следующем порядке: целлюлоза из лиственных пород древесины > целлюлоза хвойная > термомеханическая масса > древесная масса > целлюлоза с повышенным содержанием альфа-целлюлозы > макулатура. По виду целлюлозы обращает на себя внимание следующая убывающая последовательность: сульфатная > нейтрально-сульфитная > сульфитная.

Вид и расход других функциональных (упрочняющих, влагопрочных и других добавок, а также наполнителей, отбеливателей, красителей и т. д.) при определенных условиях может способствовать для частиц эмульсии АКД достижению следующих положительных эффектов: увеличение удержания в мокрой части бумагоделательной (картоноделательной) машины, улучшение распределения в межволоконном пространстве и повышение равномерности ориентации по отношению к гидроксильным группам целлюлозы.

Ангидрид алкенилтантарной кислоты (ASA) применяют в тех случаях, когда волокнистая суспензия получена из первичных волокнистых полуфабрикатов — различных видов беленой целлюлозы. Для макулатурных

волокон этот препарат является менее эффективным, поскольку значительно сокращается количество свободных гидроксильных групп, способных участвовать в химических реакциях с молекулами этого реактивного проклеивающего вещества. В целлюлозных суспензиях эта химическая реакция протекает быстро и развитие проклейки завершается, как правило, уже на бумагоделательной (картоноделательной) машине. Благодаря химической связи и высоким водоотталкивающим свойствам образовавшихся гидрофобных групп олефинов, эмульсия ASA является одним из самых эффективных проклеивающих веществ, уступая незначительно эмульсии АКД. Особенностью использования эмульсии ASA для гидрофобизации бумаги и картона является способность ее частиц взаимодействовать не только с целлюлозой, но и с водой. Однако после полного гидролиза частиц эмульсии ASA теряет свою проклеивающую способность. Это взаимодействие идет тем интенсивнее, чем выше температура эмульгирующего (крахмального) вещества. Поэтому очень важно подать такую эмульсию в бумажную массу сразу после ее приготовления.

Основными преимуществами эмульсии ASA по сравнению с АКД являются быстрое взаимодействие ее частиц с гидроксильными группами волокон и практически полное созревание проклейки на накате бумагоделательной (картоноделательной) машины, а также более экономичная транспортировка (концентрированный безводный продукт) и допускаемые условия хранения при слабо отрицательных температурах.

Следовательно, эффективность применения синтетических эмульсий АКД и ASA зависит от многих технологических факторов. Оптимальное их сочетание позволяет придать бумаге и картону требуемую гидрофобность при минимальных расходах проклеивающего вещества. Однако существующие технологические режимы проклейки волокнистых суспензий (преимущественно целлюлозных) не решают существующую актуальную проблему, заключающуюся в предотвращении снижения прочности бумаги и картона и компенсации ее потери. Особенно заметно эта проблема является актуальной при замене целлюлозных волокон на макулатурные.

*Канифольные дисперсии* можно использовать для проклейки волокнистых суспензий (целлюлозных и макулатурных) в кислой (рН 4,8-5,5), нейтральной (рН 6,5-7,2) и слабощелочной (рН 7,3-7,5) средах. К перспективным видам канифольных дисперсий относятся высокосмоляные. Они способны придавать бумаге и картону высокую гидрофобность в нейтральной и слабощелочной средах при невысоких расходах. Заслуживает одобрения направление по дальнейшему совершенствованию



технологии получения высокосмоляных дисперсий модифицированной канифоли. Эффективность их применения зависит от структуры, дисперсности и электрокинетического потенциала проклеивающих комплексов, образующихся при электролитной коагуляции.

Проклеивающие комплексы, полученные по существующей технологии (в бумажную массу вводят, по нашему мнению, избыточное количество электролита), являются крупнодисперсными и разновеликими и не способны равномерно распределяться и прочно фиксироваться на поверхности волокон. Это объясняет протекание процесса проклейки в режиме гомокоагуляции. Гидрофобная пленка на поверхности волокон образуется после плавления и спекания таких комплексов при температуре 115-120 °С, когда происходит сушка бумаги и картона. Однако неравномерность этой пленки снижает гидрофобность бумаги и картона, а ее повышенная толщина приводит к уменьшению межволоконных связей, что объясняет ухудшение прочности полученной продукции. В этом случае необходимо увеличивать расход упрочняющего вещества в 1,2-2,0 раза в зависимости от требований, предъявляемых к прочности производимой продукции.

К перспективным способам устранения негативного влияния процесса проклейки на прочность бумаги и картона относится, по нашему мнению, способ, основанный на увеличении дисперсности проклеивающих комплексов, повышении равномерности распределения их на поверхности волокон и снижении толщины образующейся гидрофобной пленки [10]. Наиболее простым технологическим решением является «дробное» введение раствора электролита: первая порция обеспечивает получение пептизирующихся коагулятов, образующихся в первой области электролитной коагуляции; вторая порция способствует пептизации (дезагрегированию) коагулятов с образованием новых проклеивающих комплексов в виде мелкодисперсных положительно заряженных пептизированных частиц, способные равномерно распределяться монослоем и прочно фиксироваться на поверхности не только отрицательно заряженных целлюлозных волокон, но и макулатурных, являющихся, как правило, электронейтральными или частично имеющих отрицательно заряженные участки. Поэтому осуществление процесса проклейки в режиме гетероадагуляции пептизированных частиц позволяет не только максимально сохранить первоначальную прочность бумаги и картона, но и минимизировать расход упрочняющего вещества.

Разработанный режим процесса проклейки с использованием канифольной дисперсии в режиме гетероадагуляции пептизированных частиц обеспечивает формирование на поверхности волокон равномерной гидрофобной пленки, сформированной из монослоя мелкодисперсных

проклеивающих комплексов (пептизированных частиц). Для получения такой гидрофобной пленки необходимо последовательно осуществить в волокнистых суспензиях (целлюлозных и макулатурных) следующие стадии и обеспечить протекание необходимых процессов и коллоидно-химических взаимодействий, включающих принципиально новые:

– на первой стадии после введения в волокнистую суспензию, содержащую частицы дисперсной фазы ВДМК, первой порции раствора электролита, имеющего  $\text{pH } 2,0 \dots 4,3$ , протекают коллоидно-химические взаимодействия между частицами дисперсной фазы канифольной дисперсии и  $\text{Al}(\text{OH})_6^{3+}$ ,  $\text{Al}(\text{H}_2\text{O})_5(\text{OH})^{2+}$  и  $\text{Al}(\text{H}_2\text{O})_4(\text{OH})_2^+$ ; образовавшиеся коагуломы агрегируются и формируют *коагуляты, способные к пептизации (деагрегированию)*;

– на второй стадии после последующего введения второй порции электролита протекает *процесс пептизации коагулятов*; образуются новые проклеивающие комплексы в виде мелкодисперсных положительно заряженных пептизированных частиц; пептизирующее действие на коагуляты оказывают гексаакваалюминиевые ионы  $\text{Al}(\text{OH})_6^{3+}$ ;

– на третьей стадии пептизированные частицы равномерно распределяются монослоем и прочно фиксируются на поверхности волокон за счет электростатического взаимодействия; этот процесс представляет собой *гетероадагуляцию пептизированных частиц*;

– на четвертой стадии по стандартным технологиям осуществляются процессы сначала обезвоживания проклеенной массы, а затем прессования;

– на пятой стадии, когда происходит сушка бумаги (картона) и их термообработка при  $115\text{--}120^\circ\text{C}$ , сначала завершается процесс удаления воды из их структуры, а затем протекают процессы спекания и плавления мелкодисперсных пептизированных частиц с образованием на поверхности волокон *равномерной тонкой гидрофобной пленки* [11,12].

Достоинствами применения процесса проклейки волокнистых суспензий в режиме гетероадагуляции пептизированных частиц вместо режима гомокоагуляции являются достигаемые два положительных практических эффекта. Первый эффект является ресурсосберегающим, поскольку снижаются расходы канифольных дисперсий на 20–40 % и электролита в 1,5–2,0 раза, а также сокращается расход упрочняющего вещества в 1,6–1,8 раза. Второй эффект характеризуется как энергосберегающий благодаря снижению температуры сушки бумаги и картона на  $15\text{--}20^\circ\text{C}$ .

Таким образом, при переработке вторичных материальных ресурсов (макулатуры) на предприятиях целлюлозно-бумажной промышленности Республики Беларусь и за рубежом используют технологии, основанные, во-первых, на замене дорогостоящих и дефицитных первичных волокнистых полуфабрикатов (различных видов целлюлозы) на более дешевые и доступные вторичные (макулатуру) и, во-вторых, на экономии проклеивающих и упрочняющих веществ. Получение высококачественных видов бумаги и картона базируется на проявлении наиболее эффективных механизмов проклейки макулатурных масс и применении наилучших бинарных систем «проклеивающее вещество – проклеиваемое вещество». К перспективным проклеивающим веществам относятся высокосмоляные канифольные дисперсии. Эффективность их применения значительно повышается при смещении процесса проклейки волокнистых суспензий (в особенности макулатурных) из традиционного режима гомокоагуляции в более эффективный режим гетероадагуляции пептизированных частиц, что позволяет сэкономить 20–40 % проклеиваемого вещества, сократить расходы электролита и упрочняющего вещества в 1,5–2,0 и 1,6–1,8 раза, а также уменьшить энергозатраты на производство высококачественной бумажной и картонной продукции на 2–3 % за счет снижения температуры ее сушки на 15–20°C.

### Список литературы

1. Черная, Н.В. Технология производства сульфитной целлюлозы : учеб. пособие для студентов учреждений образования по специальности «Химическая технология переработки древесины» / Н.В. Черная // Минск : БГТУ, 2012. – С. 351.
2. Черная, Н.В. Технология производства щелочной целлюлозы : учеб. пособие для студентов учреждений образования по специальности «Химическая технология переработки древесины» / Н.В. Черная, Н.В. Жолнерович // – Минск : БГТУ, 2015. – В 2 ч. – Ч. 1. – 268 с.
3. Черная, Н.В. Технология производства бумаги и картона : учеб. пособие для студентов учреждений образования по специальности «Химическая технология переработки древесины» / Н.В. Черная, В.Л. Колесников, Н.В. Жолнерович // – Минск : БГТУ, 2013. – С.435.
4. Технология целлюлозно-бумажного производства. В 3 т. – Т. 1. Сырье и производство полуфабрикатов / Всерос. науч.-исслед. ин-т целлюлозно-бумажной пром-сти. – СПб.: Политехника, 2004. – 316 с.
5. Дулькин, Д.А. Мировые тенденции в развитии техники и технологии переработки макулатуры / Д.А. Дулькин // Архангельск: АГТУ, 2002. – С.109.



6. Cesar, M. Recovered Paper in Eastern Europe: Challenges and Opportunities / M. Cesar // East European Paper Recycling Symposium, Symposium proceedings papers, 1997. – Warsaw, Poland. – AII-1 – AII-12.

7. Черная, Н.В. Сбор вторичного сырья и его переработка в целлюлозно-бумажной промышленности по ресурсосберегающим и импортозамещающим технологиям / Н.В. Черная, И.И. Карпунин, В.В. Кузьмич // Научно-технический прогресс в жилищно-коммунальном хозяйстве : материалы I Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 3–4 октября 2019 г. : в 3 ч. – Минск : БГТУ, 2019. – Ч. 1. – С. 280–289.

8. Макулатура бумажная и картонная: ГОСТ 10700-89. – М.: Изд-во стандартов, 1989. – С. 8.

9. Пат. 4847, РБ. Способ получения клеевой канифольной композиции для гидрофобизации бумаги и картона в нейтральной среде / А.И. Ламоткин, Н.В. Черная [и др.] // патентообладатель – БГТУ; заявл. 13.11.1998; опубл. 29.08.2002.

10. Черная, Н.В. Концептуальное развитие теории и технологии проклейки бумаги и картона гидродисперсиями модифицированной канифоли в режиме гетероадагуляции пептизированных частиц / Н.В. Черная // Полимерные материалы и технологии, 2015, т. 1. – № 1. – С. 76–90.

11. Chernaya, N.V. The creation and implementation of the resource-conserving technology of paper and paperboard sizing with hydro-dispersions of modified rosin in mode of hetero-adagulation of peptized particles / N.V. Chernaya, V.L. Fleisher, N.V Zholnerovich // Applied ecology. Urban development, 2017. – no 2. – p. 87–101.

12. Chernaya, N.V. Reduction of energy consumption of paper- and cardboard machines while production of glued paper and cardboard / N.V. Chernaya, V.L. Fleisher, N.I. Bogdanovich // Лесной журнал. – 2019. – № 5. – С. 188–193.