

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
**«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ПРОМЫШЛЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ДИЗАЙНА»**

ВЫСШАЯ ШКОЛА ТЕХНОЛОГИИ И ЭНЕРГЕТИКИ



ПРОГРАММА

**вступительного испытания
по специальной дисциплине**

**для поступающих на обучение по программам подготовки
научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре**

**научная специальность
2.6.11. Технология и переработка синтетических
и природных полимеров и композитов**

Санкт-Петербург

2022

ФИЗИКО-ХИМИЯ ДРЕВЕСИНЫ И ЦЕЛЛЮЛОЗЫ

1. Макроскопическое строение ствола дерева; сердцевина, ксилема, камбий, кора. Годичные кольца, ранняя и поздняя древесина. Заболонная и ядровая древесина.
2. Микроскопическое (анатомическое) строение древесины хвойных и лиственных пород.
3. Классификация компонентов древесины и принципы их разделения при химическом анализе древесины.
4. Химический состав древесины хвойных и лиственных пород.
5. Химическое строение целлюлозы.
6. Конформационные превращения и форма макромолекул целлюлозы (в растворах и в древесине); конформация мономерных звеньев. Роль внутри- и межмолекулярных водородных связей в формировании структуры целлюлозы.
7. Надмолекулярная структура целлюлозы; особенности аморфного и кристаллического состояния полимеров. Кристаллическое строение нативной целлюлозы. Строение целлюлозных микрофибрилл.
8. Строение и химический состав клеточной стенки древесных волокон (слои клеточной стенки и распределение в ней химических компонентов; ультраструктура слоев клеточной стенки).
9. Релаксационные состояния полимеров древесины и их роль в процессах механической и химической переработки древесины и целлюлозных волокнистых полуфабрикатов.
10. Пластификация полимеров. Вода как пластификатор полимеров древесины и ее роль в процессах производства волокнистых полуфабрикатов и бумаги.
11. Древесина как анизотропный капиллярно-пористый материал. Пористость древесины. Плотность древесного вещества и древесины; мягкие и твердые древесные породы.
12. Влажность древесины и взаимодействие древесины с водой. Водопоглощение и гигроскопичность древесины. Свободная и связанная (гигроскопическая) вода в древесине. Влажностные состояния древесины.
13. Углеводная часть древесины. Классификация и номенклатура нецеллюлозных полисахаридов. Состав и методы выделения холоцеллюлозы. Количественное определение целлюлозы в древесине. Методы выделения и исследования состава и строения гемицеллюлоз.
14. Гемицеллюлозы древесины хвойных и лиственных пород; строение и свойства.
15. Водорастворимые полисахариды древесины: глюканы, галактаны, арабинаны. Арабиногалактан. Пектиновые вещества.
16. Гидролитическая деструкция полисахаридов в кислой среде. Легко- и трудногидролизуемые полисахариды древесины.
17. Деструкция полисахаридов в щелочной среде (деполимеризация, окислительная и гидролитическая деструкция).

18. Действие растворов щелочей на целлюлозу. Мерсеризация, щелочная целлюлоза. Механизм химического взаимодействия целлюлозы со щелочами. Набухание целлюлозы в растворах щелочей. Растворимость технической целлюлозы в растворах щелочей.

ТЕХНОЛОГИЯ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ

1. Древесные биржи. Производство, хранение, транспортировка и сортирование щепы.

2. Техническая целлюлоза и ее свойства.

2.1. Природная и техническая целлюлоза. Классификация технических целлюлоз по выходу и степени делигнификации (полуцеллюлоза, целлюлоза высокого выхода, целлюлоза нормального выхода). Идеальный процесс делигнификации (растворения лигнина), понятие об избирательности (селективности) делигнификации.

2.2. Области применения целлюлозы

Небелёная и белёная целлюлозы. Применение целлюлозы для производства бумаги, картона, химической переработки. Свойства технической целлюлозы и показатели ее качества: жесткость (содержание лигнина), содержание пентозанов, смолы, физико-механические (прочностные) свойства, оптические свойства и др.

3. Особенности технологии волокнистых полуфабрикатов высокого выхода.

3.1 Технология древесной (механической массы). Основные стадии технологии ТММ, ХТММ, БХТММ. Требования к щепе, влияние сроков хранения на качество полуфабриката. Подготовка щепы к размолу, (пропарка, пропитка), используемые химикаты с описанием их влияния на размол древесной массы.

3.2. Технология отбеливания древесной массы. Задачи отбеливания ТММ/ХТММ. Отбеливание древесной массы при использовании различных отбеливающих реагентов, их плюсы и минусы.

ТЕХНОЛОГИЯ БУМАГИ, КАРТОНА И ЦЕЛЛЮЛОЗНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

1. Бумага и картон: основные понятия, классификация бумаги и картона, характеристики и свойства.

2. Бумагообразующие свойства волокнистых полуфабрикатов, виды, влияние выхода, породы древесины, технологии производства.

3. Межволоконные связи в бумажной массе и бумажном листе, влияние размолла, отлива, прессования, сушки.

4. Размол волокнистых полуфабрикатов: технология и оборудование, основные факторы процесса размолла.

5. Использование макулатуры: виды макулатуры, ее характеристика как волокнистого материала, схемы очистки и облагораживания.

6. Подготовка бумажной массы: состав и задачи подготовительных отделов, основное оборудование, очистка, сортирование, деаэрация.
7. Канифольная проклейка бумаги и картона, виды клеев, химизм канифольной проклейки, основные факторы проклейки. Проклейка в нейтральной и слабощелочной среде, виды клеев, преимущества нейтральной проклейки.
8. Роль соединений алюминия в технологии бумаги и картона: фиксация частиц, флокуляция, обезвоживание.
9. Наполнение бумаги и картона. Виды наполнителей и их свойства, влияние наполнителей на свойства продукции. Удерживаемость наполнителей, реагенты для повышения удерживаемости.
10. Крашение и отбеливание бумаги и картона. Виды красителей, механизм фиксации, подцветка бумаги, оптическое отбеливание.
11. Химические вспомогательные вещества в производстве бумаги и картона. Классификация, цели использования, влияние на процессы производства и свойства продукции.
12. Процесс напуска бумажной массы. Функции напускных устройств, потокораспределители, виды напорных ящиков.
13. Роль концентрации бумажной массы в производстве бумаги и картона. Размол, перемешивание и транспортировка. Напуск и отлив, формование из массы повышенной концентрации и из пенной среды.
14. Влияние формования на свойства продукции. Удерживаемость компонентов бумажной массы, изменение сухости в процессе формования, формирование макроструктуры и показателей прочности бумаги.
15. Формование картона. Виды формирующих устройств, формование на цилиндрах и плоской сетке с верхними формирующими устройствами, преимущества многослойного формования.
16. Формование бумажного полотна на сетчатом столе. Факторы формования, виды и роль обезвоживающих элементов, сетки бумагоделательных машин (БДМ).
17. Формование бумажного полотна между двух сеток. Фактор обезвоживания, виды формирующих свойств, влияние на свойства бумаги, преимущества двухстороннего обезвоживания.
18. Процесс прессования бумаги и картона. Факторы прессования, изменение сухости в процессе прессования, влияние прессования на свойства продукции.
19. Интенсификация прессования бумаги и картона. Безобрывная проводка, роль прессовых сукон, виды прессовых валов, прессование с широкой зоной захвата, горячее прессование.
20. Процесс сушки бумаги и картона. Факторы процесса сушки, температурный график сушки и изменение сухости бумаги и картона, влияние сушки на свойства продукции. Интенсификация процесса сушки. Работа сушильных цилиндров, роль сукон и сеток. Схемы проводки полотна, сушильные группы по приводу и по пару, вентиляция и теплорекуперация.
21. Одежда машин в производстве бумаги и картона. Формирующие

сетки, прессовые сукна, сушильная одежда машин, функции одежды машин, кондиционирование одежды машин.

22. Каландрирование бумаги и картона. Машинный каландр, суперкаландр, мягкое каландрирование, влияние на свойства бумаги и картона.

23. Поверхностная проклейка и мелование бумаги и картона, устройства для нанесения покрытий, виды клеев и меловальных паст, влияние покрытий на свойства бумаги и картона.

24. Намотка, резка и упаковка бумаги и картона. Виды накатов, устройство продольно-резательных и упаковочных станков, требования к качеству резки и упаковки.

25. Использование оборотной воды в производстве бумаги и картона, короткая и длинная схемы водооборота, массоулавливающая аппаратура, стоки и промой.

26. Производство писчепечатных видов бумаги. Основы технологии, свойства бумаги, требования к качеству бумаги.

27. Тароупаковочные виды бумаги и картона. Гофрокартон, коробочный картон, мешочная бумага. Основы технологии, свойства продукции.

28. Использование макулатуры в производстве бумаги и картона. Свойства макулатуры и бумажной массы из неё. Влияние макулатуры на характеристики бумаги и картона.

29. Рациональное водопользование в производстве бумаги и картона. Пути создания максимально замкнутого водооборота и безотходной технологии.

30. Классификация оборудования для производства бумаги и картона. Перспективы развития технологии и оборудования. Типизация бумаго- и картоноделательного оборудования; основные принципы расчета, конструирования, повышение его производительности и надежности. Особенности прочностных расчетов. Конструкционные материалы в производстве бумаги и картона. Автоматизация процесса производства бумаги и картона; производственный контроль. Охрана труда.

ПОДГОТОВКА БУМАЖНОЙ МАССЫ

1. Теория связеобразования. Межволоконные связи и их роль в формировании характеристик бумажного листа. Теоретические основы размола волокнистых полуфабрикатов. Изменение свойств волокна в процессе размола, внутреннее и внешнее фибриллирование целлюлозных волокон. Способы оценки результатов размола волокнистых полуфабрикатов.

2. Роспуск волокнистых полуфабрикатов, обратного брака, макулатуры. Сортирование, фракционирование, размол, флотация, очистка и облагораживание макулатуры Принципы составления композиции бумаги и картона. Факторы, влияющие на размол волокнистых материалов и физико-

механические свойства бумаги и картона.

3. Классификация прессов и их оптимальные конструктивные параметры. Методика расчета прессовых валов на прочность, жесткость и критическую скорость. Бомбировка прессовых валов и ее технологическое назначение Конструкции валов срегулируемым прогибом. Технологический расчет прессов. Пути совершенствования прессовой части.

4. Сушка бумаги и картона. Теоретические основы процесса сушки. Факторы процесса сушки. Системы безобрывной проводки полотна. Роль сушильной одежды для машин.

5. Формование характеристик бумаги и картона в процессе сушки. Пути интенсификации сушильного процесса.

6. Системы пароснабжения и отвода конденсата. Тепло- и массообмен при сушке бумажного полотна. Цилиндры большого диаметра (янки-цилиндры), их конструкции. Новые методы процесса сушки: инфракрасными лучами, ТВЧ, СВЧ, прососом воздуха через полотно, сушка на воздушной подушке. Техничко-экономическая эффективность методов сушки. Колпаки скоростной сушки. Технологическое назначение холодильных цилиндров. Методика расчета вентиляционного оборудования сушильной части.

7. Отделка бумаги на БДМ. Теоретические основы каландрирования. Функции каландрирования. Мягкое каландрирование.

8. Поверхностная проклейка, пигментация и мелование на машине. Теоретические основы поверхностной обработки. Химикаты для поверхностной обработки. Изменение свойств бумаги и картона в процессе поверхностной обработки Отделка бумаги на БДМ. Клеильные прессы. Микрокрепирование.

9. Каландр, технологическое назначение, теория каландрирования. Влияние его на качество бумаги. Методика расчета валов каландра. Обоснование выбора конструкционных материалов. Требования к точности монтажа, чистоте поверхности валов, точности геометрических форм валов, жесткости станин. Причины возникновения колебаний каландра и огранки валов. Методы борьбы со статическим электричеством. Мягкие и наклонные каландры.

10. Накат. Основные конструкции, динамика наматывания рулона. Уравнение и плотность намотки Требования к конструкции цилиндра наката к тамбурным валам.

11. Одежда машины. Виды металлических и синтетических сеток, прессовых сукон и сушильных сеток. Принцип действия автоматической сетко- и сукноправкн. Промывка сеток и сукон.

12. Привод БДМ. Технологические требования к приводу в зависимости от вытяжки или усадки бумажного полотна, композиция бумаги. Характеристика инерционности процессов. Обеспечение безобрывности бумажного полотна. Требования к диапазону регулирования общей скорости машин в зависимости от вида вырабатываемой бумаги и необходимая точность поддержания соотношения скоростей между секциями бумагоделательной машины. Многодвигательные приводы. Оценка

конструктивных и технологических достоинств и недостатков привода. Методики расчета потребляемой мощности БДМ. Переработка мокрого и сухого бумажного брака. Применение оборотной, осветленной и свежей воды в производстве бумаги и картона. Переход на максимально замкнутый цикл водопользования Нормы водопотребления и требования к технологической воде при изготовлении различных видов бумаги и картона. Технико-экономические показатели производства бумаги и картона.

13. Особенности производства картона. Производство листового картона. Изготовление одно-, двух- и многослойного рулонного картона. Особенности прессования, сушки и отделки рулонного картона. Новые типы картоноделательных машин. Производство гофрированного картона.

14. Гидроразбиватели, дисковые, конические и пульсационные мельницы, дефиораторы.

15. Современное размалывающее оборудование и тенденции развития процесса размола. Конструкционные материалы и их обоснование. Геометрия размольных органов и их выбор в зависимости от вида полуфабрикатов Энергетические характеристики процесса размола. Технология и оборудование роспуска и размола волокнистых полуфабрикатов полусухим и сухим способом.

16. Химия производства бумаги и картона. Теория проклейки бумаги канифольным клеем. Производство бумаги в нейтральной и слабощелочной среде. Системы фиксации компонентов бумажной массы. Вопросы нейтральной проклейки и придание влагопрочности.

17. Наполнение бумаги, характеристики наполнителей. Теория процесса наполнения бумаги. Проблемы реализации процесса наполнения с повышенной удерживаемостью компонентов. Современные химические вспомогательные вещества.

18. Крашение и подсветка бумаги. Использование оптических отбеливателей. Особенности подготовки волокнистых полуфабрикатов при получении бумаги сухим способом и при формовании полотен из синтетического волокна.

19. Сортирование и очистка бумажной массы. Основные рабочие органы сортирующих машин. Сортировки вибрационные, центробежные и с гидродинамическими лопастями. Вихревые очистители, декулаторы. Гидротранспорт волокнистых суспензий; насосное оборудование.

ИЗГОТОВЛЕНИЕ БУМАГИ И КАРТОНА НА БУМАГО- И КАРТОНОДЕЛАТЕЛЬНЫХ МАШИНАХ

Теория формования, обезвоживания и связеобразования в сеточной части бумагоделательной машины (БДМ). Функции напускных устройств. Использование вспомогательных химических веществ для ускорения обезвоживания, повышения удерживаемости, регулирования формования. Рациональное водопользование в процессе отлива. Значение короткой схемы

водооборота. Технология производства бумаги с сокращенным расходом воды, отлив из массы повышенной концентрации, пенный способ формования картонного полотна. Многослойное формование картонов. Напускные и формирующие устройства для картонного полотна.

Особенности конструкций картоноделательных машин и пресспатов (сушильных машин). Особенности формования полотна бумаги между двумя сетками, конструкции сеточных столов.

Классификация напорных ящиков БДМ. Особенности их конструирования в зависимости от типа продукции и скорости машины. Диспергирующие устройства напорных ящиков и гидродинамическое обоснование выбора их конструкций. Конструкции потокораспределителей.

Теоретические основы процесса обезвоживания на регистровых валиках, гидропланках, мокрых и сухих отсасывающих ящиках, отсасывающем гауч-вале. Эффективность различных формирующих устройств. Основы теории расчета вакуумного хозяйства сеточной части. Методы безобрывной проводки бумажного полотна по БДМ.

Прессовая часть. Теоретические основы процесса обезвоживания на прессах. Влияние прессования на свойства бумаги. Функции прессовых сукон, их кондиционирование. Процесс прессования с расширенной зоной захвата. Горячее прессование.

Особенности переработки макулатуры, способы переработки, роспуск, очистка и облагораживание, применяемое оборудование. Техно-экономические показатели переработки макулатуры.

Особенности изготовления товарной целлюлозы на пресспатах (сушильных машинах).

Параметры современных БДМ. Технологическое и конструктивное сходство и различие БДМ и картоноделательных машин. Прогноз развития на ближайшую перспективу.

Технология и оборудование получения бумаги сухим способом. Пути обеспечения межволоконных связей.

Охрана труда при эксплуатации бумаго- и картоноделательных машин. Пути снижения вибрации, шума, тепловыделения и других вредных воздействий при разработке и эксплуатации бумаго- и картоноделательных машин.

ОТДЕЛКА, РЕЗКА И УПАКОВКА БУМАГИ И КАРТОНА

Отделочные машины, их роль в повышении качества бумаги. Суперкаландры, основные узлы. Основы теории супер каландрирования. Характеристика физико-механических процессов в зоне контакта «бумажного» и металлического валов. Радиальная деформация валов, деформация сдвига в зоне площадки деформации и их влияние на качественные характеристики бумаги.

Продольно-резательные и перемоточные станки. Конструктивная и

технологическая компоновка узлов. Натяжение бумаги. Принципы автоматизации, регулирования и управления работой станка. Особенности новых видов и специальных станков. Анализ причин обрывности и брака бумаги на продольно-резательных станках. Бобинорезательные, гильзосклеенные и гильзорезательные станки. Рулоноупаковочные и бумагорезательные машины, их типы. Механизмы продольной и поперечной резки. Конвейеры и листоукладчики. Анализ причин брака бумаги. Транспорт и хранение готовой продукции. Внутрицеховой транспорт и упаковка целлюлозы. Упаковка и транспорт рулонов бумаги и картона. Средства механизации погрузо-разгрузочных работ. Погрузо-разгрузочные машины, их классификация.

СВОЙСТВА БУМАГИ И КАРТОНА

Основы метрологии и квалиметрии бумаги и картона. Бумагообразующие свойства различных волокнистых материалов. Структура бумаги и картона. Сопротивление разрыву и удлинение до разрыва (растяжимость). Сопротивление надрыву, раздиранию, излому и продавливанию. Жесткость, влагопрочность, упруго-релаксационные свойства. Пластификация бумаги. Торцевая жесткость картона.

Капиллярные и гигроскопические свойства бумаги. Впитывающая способность, остаточная деформация и деформация при увлажнении. Оптические свойства бумаги, светопроницаемость и прозрачность. Белизна и ее стабильность. Печатные свойства, мягкость бумаги, структура ее поверхности. Взаимодействие печатной краски с бумагой. Бумага как диэлектрик и проводник электрического тока. Особые свойства бумаги и методы их достижения, долговечность, биостойкость, огнестойкость, односторонняя гладкость. Барьерные свойства: газо-, паро-, водо-, жиронепроницаемость.

Дефекты бумаги. Скручиваемость и волнистость. Пылимость и выщипываемость с поверхности. Электризация, разносторонность, воздушные пузыри и пятна.

ОСНОВЫ МОНТАЖА И РЕМОНТА БУМАГОДЕЛАТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Специфические особенности основного технологического оборудования - поточность и непрерывность технологических процессов, крупные геометрические размеры и вес оборудования, большая протяженность инженерных коммуникаций.

Основные допуски на точность монтажа бумагоделательных и картоноделательных машин и их обоснование. Характер деформации фундаментов, действующих силовых и температурных факторов при эксплуатации машин. Предельно допустимые осадки и деформации фундаментов машин в процессе эксплуатации. Основные принципы научной

организации ремонтной службы на предприятиях целлюлозно-бумажной промышленности.

Литература

Махотина, Л. Г. Технология целлюлозных композиционных материалов. Современные тенденции в технологии мелованных видов бумаги и картона: учеб. пособие / Л. Г. Махотина. СПб.: ВШТЭ СПбГУПТД, 2021. – 76 с.

Forest Products. Annual Market Review FAO UN, 2020–2021. – Geneva, 2021. – 85 p.

Материалы II Международной научно-технической конференции молодых ученых и специалистов ЦБП «Современная целлюлозно-бумажная промышленность. Актуальные задачи и перспективные решения» (Санкт-Петербург, 23 ноября 2020 года) / Отв. ред. О. В. Фёдорова; ред. А. Г. Кузнецов; СПб.: ВШТЭ СПбГУПТД, 2021. – Том II. – 86 с.

Иванов, Ю. С. Технология целлюлозы. Периодическая сульфатная варка с рекуперацией тепла черного щелока: учеб. пособие / Ю. С. Иванов, А. Г. Кузнецов, В. Н. Селезнёв. – СПб.: СПбГУПТД ВШТЭ, 2020. – 63 с.

Материалы II Международной научно-технической конференции молодых учёных и специалистов ЦБП «Современная целлюлозно-бумажная промышленность. Актуальные задачи и перспективные решения» (Санкт-Петербург, 23 ноября 2020 года); / Отв. ред. О. В. Фёдорова; ред. А. Г. Кузнецов; сост.: К. К. Пензина, Е. В. Проскурина, О. К. Соколова. СПб.: ВШТЭ СПбГУПТД, 2020. – Том I. – 118 с.

Мидуков, Н. П. Гидродинамика волокнистых суспензий: учеб. пособие / Н. П. Мидуков, В. С. Куров. СПб.: ВШТЭ СПбГУПТД, 2020. – 88 с.

Химия древесины и целлюлозы. Микроскопическое исследование древесины целлюлозных волокон: учебное пособие / сост. Л. Г. Махотина, Л. Ю. Бабкина, С. В. Хоробрых, В. В. Новожилов. СПб.: ВШТЭ СПбГУПТД, 2020. – 50 с.

Иванов, Ю. С. Подготовка древесины. Варка целлюлозы. Технологические расчеты. Ч. 1: учеб. пособие. / Ю. С. Иванов, А. Г. Кузнецов, В. В. Новожилов. СПб.: ВШТЭ СПбГУПТД, 2019. – 122 с.

Иванов, Ю. С. Технология целлюлозы. Промывка и отбелка целлюлозы. Регенерация химикатов. Технологические расчеты. Ч. II: учеб. пособие / Ю. С. Иванов, А. Г. Кузнецов, В. В. Новожилов. СПб.: ВШТЭ СПбГУПТД, 2019. – 86 с.

Иванов, Ю. С. Материальный и тепловой баланс периодической сульфатной варки: учеб. пособие / Ю. С. Иванов, А. Б. Никандров, А. Г. Кузнецов. СПб.: ВШТЭ СПбГУПТД, 2018. – 65 с.

Материалы Международной научно-технической конференции молодых ученых, специалистов в области целлюлозно-бумажной промышленности, посвященной памяти В. А. Чуйко (Санкт-Петербург, 12 ноября 2018 года). Ч. II / сост. А. Г. Кузнецов. СПб.: ВШТЭ СПбГУПТД,

2018. – 129 с.

Материалы Международной научно-технической конференции молодых ученых, специалистов в области целлюлозно-бумажной промышленности, посвященной памяти В.А. Чуйко (Санкт-Петербург, 12 ноября 2018 года) Ч. III / сост. А. Г. Кузнецов. СПб.: ВШТЭ СПбГУПТД, 2018. – 152 с.

Производство целлюлозы, древесной массы, бумаги, картона. Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям. – М.: Бюро НДТ, 2015. – 479 с.

Прогноз развития лесного сектора Российской Федерации до 2030 года. ФАО ООН. – Рим, 2012. – 86 с.

Кугушев И. Д., Терентьев О. А., Куров В. С., Кокушин Н. Н. и др. Бумагоделательные и картоноделательные машины. (Под научн. ред. В. С. Курова, Н. Н. Кокушина). 2-е издание, переработанное и дополненное. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2011. – 598с.

Технология целлюлозно-бумажного производства. В 3 т. СПб, 2002–2012 гг.

Азаров В. П., Буров А. В., Оболенская А. В. Химия древесины и синтетических полимеров. – СПб.: СПбЛТА, 1999. – 628 с.

Непенин Н. Н., Непенин Ю. Н. Технология целлюлозы. В 3 томах. Т. 3. Очистка, сушка и отбелка целлюлозы. Прочие способы производства целлюлозы. В 3 томах. – М.: Экология, 1994.

Непенин Ю. Н. Технология целлюлозы. В 3 томах. Т. 2. Производство сульфатной целлюлозы. – М. Лесная промышленность, 1990. – 600 с.

Переработка сульфатного и сульфитного щелоков: учебник для вузов / под ред. Б. Д. Богомолова и С. А. Сапотницкого. – М.: Лесная промышленность, 1989.

Кларк Дж. Технология целлюлозы. – М.: Лесная промышленность, 1983.

Чичаев В. А., Васильев А. А., Васильев И. А. и др. Оборудование целлюлозно-бумажной промышленности. В двух томах. Т. 1. Оборудование для производства волокнистых полуфабрикатов / Под ред. В. А. Чичаева. – М. Лесная промышленность, 1981.

Непенин Н. Н. Технология целлюлозы. В 3 томах. Т. 1. Производство сульфитной целлюлозы. – М.: Лесная промышленность, 1976.