



ISSN 1029-5151
ISSN 1029-5143 (online)



ХИМИЯ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ

3 • 2023

УДК 676:547

«РУКОПИСИ НЕ ГОРЯТ... И НЕ СТАРЕЮТ...»**рецензия на книгу доктора химических наук, профессора Эдуарда Имериховича Чупки «ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫЕ ПРЕВРАЩЕНИЯ ЛИГНИНА И УГЛЕВОДОВ ПРИ ЩЕЛОЧНЫХ ОБРАБОТКАХ ДРЕВЕСИНЫ»***

© Э.Л. Аким

*Санкт-Петербургский государственный университет
промышленных технологий и дизайна, ул. Большая Морская, 18, Санкт-
Петербург, 191186 (Россия), e-mail: Akim-Ed@mail.ru*

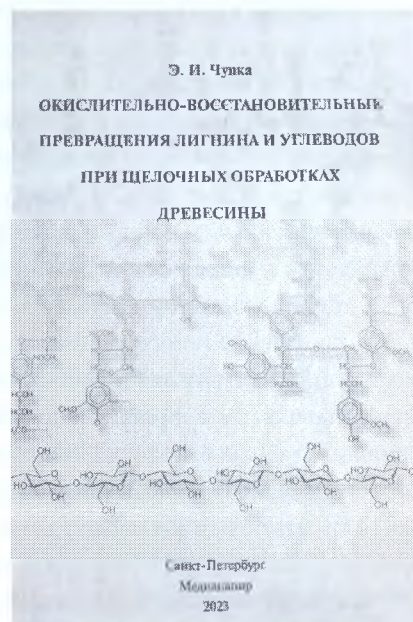
В статье дана подробная рецензия на книгу Э.И. Чупки «Окислительно-восстановительные превращения лигнина и углеводов при щелочных обработках древесины». Приведены факты истории становления научной школы Э.И. Чупки и ее влияние на современные исследования в области химии древесины.

Ключевые слова: рецензия, книга, щелочная обработка древесины.

К моменту выхода этой рецензии пройдет 30 лет со времени смерти доктора химических наук, профессора Эдуарда Имериховича Чупки, но его книга [1], написанная свыше 30 лет назад, а опубликованная лишь в 2023 г., остается и сегодня полностью актуальной.

Прежде всего считаю необходимым выразить огромную благодарность Александру Дмитриевичу Сергееву, Надежде Геннадьевне Сухопаровой (главному редактору Единой Газеты Группы Илим), ученикам и соратникам Эдуарда Имериховича Чупки, и всем тем, кто взял на себя огромный труд по подготовке книги к изданию. Особые слова благодарности за само издание этой книги руководству Группы Илим – Захару Давидовичу Смушкину, Ксении Николаевне Сосниной, Александру Анатольевичу Позднякову, Сергею Николаевичу Кривошапкину.

Мы родились с Эдуардом Имериховичем Чупкой в один 1936 г., прошли аспирантуру на одной и той же кафедре «Химии древесины и целлюлозы» в Лесотехнической академии (Санкт-Петербург), я – у Николая Игнатьевича Никитина, который создал отечественную школу химии древесины и целлюлозы, а Эдуард Имерихович – у Виктора Михайловича Никитина. Эти две научные школы в значительной мере определили важнейшие направления развития химии древесины и целлюлозы, и технологии ЦБП на многие десятилетия. Из школы Николая Игнатьевича вышли Нина Ивановна Кленкова, Геннадий Александрович Петропавловский, Эдуард Львович Аким, Нина Ефимовна Котельникова, Александр Михайлович Бочек и многие другие ученые, а из школы Виктора Михайловича Никитина – Гарри Львович Аким, давший миру кислородную отбелку, и Эдуард Имерихович Чупка... Теплые слова



*Аким Эдуард Львович – заведующий кафедрой
технологии целлюлозы и композиционных материалов
Высшей школы технологии и энергетики, доктор
технических наук, профессор, e-mail: Akim-Ed@mail.ru*

и Эдуард Имерихович Чупка... Теплые слова

* Данная статья имеет электронный дополнительный материал (приложение), который доступен читателям на сайте журнала. DOI: 10.14258/jcprm.20230313031s

хочется сказать и об Артемиде Валентине Оболенской, которая не просто была великолепным ученым и сказочным методистом, но и умела блестяще интегрировать эти две научные школы в одновременную работу над монографией Николая Игнатьевича Никитина «Химия древесины и целлюлозы» и вышедшей под редакцией Виктора Михайловича Никитина книги «Практические работы по химии древесины и целлюлозы».

Эдуард Имерихович занимался научной деятельностью на кафедре химии древесины и целлюлозы ЛТА. В 1971 г. ему была присуждена ученая степень кандидата химических наук, а в 1975 г. – доктора химических наук. С 1976 г. его жизнь была связана с Сибирским научно-исследовательским институтом целлюлозы и картона, где он возглавлял лабораторию физико-химических методов делигнификации древесины, а в 1979-1986 гг. занимал должность заместителя директора по научной работе. С 1986 г. Эдуард Имерихович работал заведующим отделом физико-химических методов исследований во ВНИИБе, в который я пришел Генеральным директором в 1992 году.

Эдуард Имерихович Чупка посвятил книгу памяти Михаила Ивановича Олонцева, Героя Социалистического Труда, директора Братского ЛПК, организовавшего Сибирский научно-исследовательский институт целлюлозы и картона. В посвящении Чупка справедливо отмечает, что выполнение большей части представленных работ стало возможным благодаря усилиям и поддержке М.И. Олонцева.

Об обстановке на кафедре и в целом в Лесотехнической Академии прекрасно рассказывает вышедшая в 1969 г. в научно-популярной серии издательства «Наука» книга Н.И. Никитина «На пути научного работника – химика». Она уникальна сочетанием своей научной глубины и высокой художественности изложения. Это очень интересный документ эпохи, не потерявший своей актуальности и сегодня.

В 2020 г. к 90-летию Высшей школы технологии и энергетики (СПб ГУПТД), к 120-летию юбилею со дня рождения и 45-летию смерти Н.И. Никитина, а также к 90-летию Института химической переработки биомассы дерева и техносферной безопасности Лесотехнического университета, в котором Н.И. Никитин проработал около полувека, было приурочено третье издание книги Н.И. Никитина «На пути научного работника – химика. Очерки из прошлого» [2]. Книга была издана в качестве учебного пособия для курса «Дополнительные главы по курсу «Химия древесины и целлюлозы» для магистров и аспирантов Института технологии ВШТЭ. Именно в этом учебном пособии дается история всего развития курса химии древесины и целлюлозы, развития отечественной науки в этой области, и она представляется мне весьма целесообразным ценным учебным пособием и для наших магистров, и для наших аспирантов. Доктор химических наук профессор Лесотехнического университета, родной внук Николая Игнатьевича Никитина – Дмитрий Андреевич Пономарев, много лет возглавлявший в нашем университете Государственную экзаменационную комиссию (ГЭК) при защите нашими магистрами своих работ, не только дал согласие на переиздание книги Н.И. Никитина, но и написал вступление к 3-му изданию.

Эти две научные школы (Николая Игнатьевича Никитина и Виктора Михайловича Никитина) встретились снова в 2010 г. при выполнении проекта «Лиственница».

В 2010 г. ОАО «Группа «Илим» и СПб ГТУ РП вышли в победители по первому открытому конкурсу, проводившемуся в рамках Постановления Правительства РФ № 218. Они выступали с проектом «Разработка инновационной технологии комплексной переработки древесины лиственницы (с выводом на мировые рынки нового вида товарной целлюлозы)». В результате ОАО «Группа «Илим» и СПб ГТУ РП выполнили в 2010–2014 гг. крупнейший в лесном комплексе России инновационный проект. Возможный ежегодный объем заготовки в России древесины лиственницы (сибирской и даурской) может составить 105 млн кубометров. Более 97% лиственницы сосредоточено в Сибирском и Дальневосточном федеральном округах. Одним из эффективных направлений ее использования может быть комплексная переработка с организацией производства новых продуктов, востребованных на мировых и российских рынках.

В 2010 г. по инициативе руководителей Группы «Илим» – председателя Советов директоров Захара Давидовича Смушкина и генерального директора Пола Херберта начинается проект «Лиственница» (научный руководитель проекта «Лиственница» – д.т.н. проф. Э.Л. Аким), который успешно завершился в 2014 г. И основным нашим партнером стал СибНИИЦК, который возглавлял Александр Дмитриевич Сергеев, ученик и соратник Эдуарда Чупки. С ноября 2014 г. Братский филиал ОАО «Группы «Илим» начал и осуществляет выпуск серийной продукции по инновационной технологии, позволяющей перерабатывать лиственницу в любом соотношении в смеси с другими породами. В 2014–2017 гг. Братский филиал ОАО «Группа «Илим» переработал несколько миллионов кубометров лиственницы, выпустил по инновационной технологии свыше

2 млн т сульфатной беленой целлюлозы из смеси хвойных пород, на сумму свыше 60 млрд руб. Доля экспорта составила 86%.

Теоретической основой всех рассматриваемых ниже работ являлась концепция об определяющей роли релаксационного состояния целлюлозы в процессах ее выделения из растительных тканей и последующей переработке.

Несмотря на фундаментальные работы Н.И. Никитина и его сотрудников, до проекта «Лиственница» в мире отсутствовали методы промышленного крупнотоннажного производства сульфатной беленой целлюлозы из древесины лиственницы сибирской и лиственницы даурской. Процесс варки затрудняли специфические особенности этих пород древесины: высокое содержание в них водорастворимого полисахарида – арабиногалактана (от 5 до 30%) и высокая плотность древесины (480–520 кг/м³). В результате в промышленности существовало ограничение при варке – содержание лиственничной щепы, поступающей в варочный котел, не должно было превышать 10%.

Для решения технологических проблем биорефайнинга древесины лиственницы было необходимо решить ряд фундаментальных и теоретических задач. В основе созданной в проекте «Лиственница» технологии варки лежит предварительное извлечение арабиногалактана в полимерной форме, а также разработка методов его квалифицированного использования. Так, было необходимо проанализировать релаксационное состояние арабиногалактана как полимерного компонента древесины лиственницы, изучить распределение арабиногалактана в морфологической структуре и наноструктуре древесины. Некоторые результаты наших теоретических и фундаментальных исследований, рассматривающих проблемы биорефайнинга древесины лиственницы, а также технологических исследований, были представлены в специальном сборнике, выпущенном в Женеве под эгидой ЕЭК ООН. На основании фундаментальных исследований структуры древесины лиственницы впервые было установлено, что в древесине лиственницы арабиногалактан (АГ) присутствует в виде аквакомплексов, находящихся в жидком состоянии. Это позволило предложить инновационные методы как получения волокнистых полуфабрикатов, так и извлечения из щепы арабиногалактана. Такие методы были апробированы в лабораторных и в промышленных масштабах, после чего и были освоены в рамках промышленных технологий.

Детище Олонцева и Чупки, Сибирский научно-исследовательский институт целлюлозы и картона, во главе с А.Д. Сергеевым принимал участие во всех этапах проекта, так же, как и кафедра химии древесины и целлюлозы в Лесотехнической академии, возглавляемая доктором химических наук, профессором Виктором Ивановичем Роциным.

Теоретическим фундаментом для выполнения проекта «Лиственница», крупнейшего научно-исследовательского проекта в лесном секторе России за последние десятилетия, выполнявшемся в нашем университете в 2010–2014 годах по Постановлению Правительства РФ № 218, послужили фундаментальные работы Н.И. Никитина в области исследования древесины лиственницы даурской и лиственницы сибирской.

Параллельно с фундаментальными исследованиями проводились и технологические, которые позволили создать промышленную технологию и осуществить патентную защиту инновационных технических решений, разработанных при выполнении данного проекта (всего 19 патентов РФ). Одними из таких решений являются способы получения сульфатной целлюлозы из древесины лиственницы, включающие экстракцию щепы (водой, черным щелоком или двухступенчатую экстракцию) и последующую варку.

К выполнению исследований по проекту были привлечены институты РАН (ИВС, ИХФ, ЦЭПЛ, ИКИ), ВУЗы (СПб ГТУ РП, СПб ГУТД, СПб ГЛТУ и др.), отраслевые институты, зарубежные университеты и компании. В выполнении НИР и НИОКР в рамках проекта приняли участие свыше 100 студентов и аспирантов.

Дальше я буду комментировать скупые строчки об Эдуарде Имериновиче Чупке, которые известны многим.

Э.И. Чупка был признанным авторитетом в области совершенствования щелочных способов делигнификации и стабилизации свойств готовой продукции. Под его руководством в СибНИИЦКе и ВНИИБе были выполнены пионерские работы по фотофизике и фотохимии лигнина, хемиллюминесценции при окислении компонентов древесины, подбору ингибиторов при делигнификации древесины, применению электрохимической отбелки целлюлозы, по свето- и термостабилизации целлюлозных материалов. Э.И. Чупка – автор более 280 научных трудов, в том числе 14 изобретений.

Созданная им научная школа признана в нашей стране и за рубежом, о чем свидетельствуют многочисленные связи с зарубежными научными центрами, участие в международных конференциях и совещаниях,

частое использование его разработок. Под руководством Э.И. Чупки подготовлено к защите и защищено свыше 20 кандидатских работ и одна докторская диссертация.

Эдуарда Имериховича отличала широкая эрудиция, незаурядные организаторские способности, принципиальность, чуткость, доброта и внимательное отношение к людям.

Судьба отмерила ему всего 58 лет жизни, но яркий след, оставленный Эдуардом Имериховичем Чупкой, сохранится на многие десятилетия, а предлагаемая читателю книга будет полезна как молодым, так и опытным ученым нашей отрасли, т.к. является уникальным примером монографии по одному из важнейших проблем сегодняшнего лесного комплекса.

В книге дана характеристика электронно-акцепторных и фотофизических свойств хромофоров лигнина с кратким изложением методов исследований. Представлены квантово-химические расчеты значительного числа модельных соединений структурного звена лигнина в молекулярной и ионной формах, некоторых хинонов, хинонметидов в основном, синглетном и триплетном состояниях. В монографии обобщены результаты по потенциалам окисления и восстановления лигнина и модельных соединений. Даны результаты и методы исследования фотофизических и фотохимических свойств хромофоров лигнина в различных энергетических состояниях, кинетика затухания флуоресценции и фосфоресценции, особенности химического тушения. Автором описаны исследования кинетики и некоторых аспектов механизма превращений лигнина, модельных соединений, углеводов и древесины при щелочных обработках. Обобщены результаты по использованию различных добавок с целью совершенствования щелочных способов делигнификации древесины.

Книга предназначена для научных работников целлюлозно-бумажной промышленности, преподавателей и аспирантов вузов.

Книга Э.И. Чупки включает 14 глав. Условно она состоит из двух частей: в первой (главы с 1 по 7) – обобщены основные методы исследования и физико-химические свойства лигнина, во второй (главы с 8 по 14) – приводятся экспериментальные данные по исследованию поведения древесины и ее компонентов, преимущественно лигнина, в окислительных процессах при щелочных обработках, на стадиях предгидролиза и варки, а также влияния различных видов добавок как на ход окислительных превращений компонентов древесины, так и на селективность делигнификации и увеличение выхода, а в некоторых случаях – на качество готовой продукции. Учитывая специфическую направленность книги, автор счел необходимым в разделах, связанных с физико-химическими свойствами лигнина и других компонентов древесины, конспективно изложить ряд нетрадиционных для химии древесины методов исследования.

В первой главе обобщены квантово-химические расчеты электронной структуры различных модельных соединений структурного звена лигнина – в основном, и в электронно-возбужденном состояниях для молекулярной формы, фенолят-анионов, соответствующих хинонов, хинонметидов и радикалов. Эти расчеты до настоящего времени уникальны, так как впервые дают информацию об изменении реакционной способности ряда структурных элементов лигнина в различных энергетических состояниях и предсказывают нетипичные для основного состояния направления химических реакций.

Вторая глава посвящена исследованию окислительно-восстановительных свойств лигнина и его модельных соединений методами полярографии, анодной вольт-амперометрии и обобщению основных данных, характеризующих электронно-донорно-акцепторные свойства лигнина, а в некоторых случаях и всего древесного комплекса.

Глава третья является, по мнению автора, одной из наиболее дискуссионных. В ней обобщены данные зарубежных ученых и результаты собственных исследований парамагнитных свойств лигнина, дан критический анализ полученных результатов, указано на явно ошибочную трактовку рядом авторов имеющейся информации по парамагнитным свойствам лигнина.

Глава четвертая посвящена краткому изложению основ хемилюминесцентного метода анализа и его использования при исследовании окислительных превращений древесины, лигнина. Явление хемилюминесценции при исследовании окислительных превращений компонентов древесины было впервые обнаружено Э.И. Чупкой и подробно исследовано в ряде работ, которые привели его к убеждению, что этот метод не только ставит вопросы по исследованию электронно-возбужденных состояний хромофоров и их участию в окислительных превращениях лигнина, но и дает уникальную информацию при исследовании эффективности различных добавок при ингибированном окислении древесины, углеводов, лигнина, а также позволяет осуществлять подбор эффективных ингибиторов и композиций.

Благодаря использованию хемилюминесценции автором была получена уникальная информация об автокаталитических процессах, основные результаты исследования которых изложены в главе 4. Поскольку свойства электронно-возбужденных состояний не зависят от способа их генерации, именно данные по хемилюминесценции поставили вопрос об исследовании фотофизических и фотохимических свойств хромофоров лигнина, результаты которого обсуждены в пятой главе книги.

В главах с 6 по 14 обобщены основные результаты исследований окислительных превращений древесины и ее компонентов на стадии предгидролиза, варки, особенностей начальных стадий окисления, вопросов образования и регулирования активных форм кислорода, появления автокатализа и влияния различных добавок на превращения лигнина, а также рассмотрены вопросы стабилизации полисахаридов при щелочных способах делигнификации древесины.

В шестой главе представлены результаты совместных работ с Институтом химической физики (А.И. Михайлов) в области полихронной кинетики для натронной, сульфатной, полисульфидной варок и окислительных способов делигнификации. Целью данной работы была оценка влияния породного состава и способа варки на неоднородность в делигнификации древесины и, как следствие этого, на предсказуемые различия в неоднородности технических целлюлоз после варки.

В седьмой главе предложены методы оценки кинетической неоднородности технических целлюлоз по скорости растворения в ЖВНК и показана возможность использования данных методов для оценки неоднородности целлюлоз на различных стадиях технологического потока производства целлюлозы.

В восьмой главе Эдуард Имерихович Чупка обобщает результаты по исследованию процессов окисления компонентов древесины на стадии предгидролиза. Экспериментальный материал, представленный в данной главе, впервые указал на важную роль радикальных реакций при окислительно-основном катализе окислительно-восстановительных процессов на стадии предгидролиза в режимах получения целлюлозы для химической переработки.

Э.И. Чупка пишет:

«В течение ряда лет на Братском ЛПК предпринимались попытки производства вискозной целлюлозы из древесины лиственных и хвойных пород совмещением стадии предгидролиза и варки в аппарате непрерывного действия типа «Камюр». Ранее работы по производству вискозной целлюлозы непрерывным способом были выполнены на заводе «Руоцелл» в Бразилии. Специалисты «Руоцелла» во избежание образования и отложения «карамели» на ситах предлагали между зонами предгидролиза и варки поддерживать переходную область введением белого щелока. Попытки производства целлюлозы для химической переработки на Братском ЛПК оказались безуспешными и основным препятствием в данной технологии явилось интенсивное образование «карамели» – сложного сополимера, включающего фенольные соединения и продукты гумификации углеводов; отложения ее на ситах, забивание их нарушает всю гидродинамическую обстановку в котле и приводит к необходимости останова и выполнения операций по извлечению «карамели» из котла. Положение осложняется тем, что имеет место не предусмотренный технологией частый переброс варочного раствора из зоны варки в зону предгидролиза, что приводит, с одной стороны, к повышению pH в зоне предгидролиза, а с другой – вследствие взаимодействия кислых предгидролизатов с щелочным варочным раствором – к коагуляции лигнина при уменьшении pH, выпадению его из раствора и отложению как на щепе, так и на ситах. Таким образом, подщелачивание предгидролизатов в процессе предгидролиза приводит к аварийной ситуации. Этим объясняется необходимость исследования механизма окислительных превращений компонентов древесины в широком интервале pH.

Процесс образования «карамели», срывающий технологический цикл производства, явился причиной для проведения исследований состава «карамели», а также кинетики и механизма ее образования. Несколько забегаю вперед, следует сказать, что через выяснение механизма образования, точнее, установление класса химических реакций, лимитирующих этот процесс, мы попытались наметить хотя бы принципиальные возможности регулирования и предотвращения этого процесса. В ходе исследования было установлено, что окислительно-восстановительные радикальные реакции лимитируют образование «карамели». Неожиданным, но весьма интересным явилось экспериментальное доказательство того, что в условиях предгидролиза в разрушении полисахаридной части наряду с гидролитической существенная роль принадлежит окислительной деструкции полисахаридов. Ингибирование окислительной деструкции полисахаридов и образования полимерных веществ, играющих негативную роль в процессе производства на стадии предгидролиза (обра-

зование «карамели»), приводит одновременно к стабилизации полисахаридного комплекса, к предотвращению окислительной деструкции при последующей щелочной варке. Следовательно, предварительное ингибированное окисление на стадии предгидролиза непосредственно связано с глубиной окисления древесного комплекса при варке. Это еще одна из причин, объясняющая включение главы по предгидролизу в состав книги.

Исследованию механизма процессов образования «карамели» посвящено сравнительно небольшое число работ. Получение целлюлозы для химической переработки **требует проведения предварительного гидролиза**, создающего наиболее благоприятные условия для последующего процесса делигнификации за счет увеличения пористости древесины, улучшения растворимости связанных с целлюлозой гемицеллюлоз. Влияние предгидролиза на свойства целлюлозы сказывается в повышении содержания α -целлюлозы и реакционной способности в результате действия кислотной обработки на наружные слои клеточных стенок. Включение в общую технологическую схему стадии предгидролиза снижает общий расход щелочи на варку (за счет исключения части кислых продуктов, образующихся при распаде гемицеллюлоз и отщеплении ацетильных групп, снижающих рН предгидролизата до 3,4–3,5), позволяет более полно использовать древесину путем выращивания дрожжей на предгидролизатах. В результате предгидролиза в раствор переходит 18–22 % древесного вещества. В первую очередь гидролизу подвергается гемицеллюлозы, перешедшие в предгидролизат в виде полисахаридов — пентозанов и гексозанов».

В связи с этой проблемой целесообразно вернуться к проекту «Лиственница» и к тому, как нам удалось в рамках проекта уйти от данных проблем. Как указывалось выше, в основе разработанной в проекте «Лиственница» технологии варки лежит предварительное извлечение арабиногалактана в полимерной форме, а также разработка методов его квалифицированного использования. Таким образом, разработанные в рамках выполнения проекта «Лиственница» инновационные технологии включают принципиально новую стадию — **стадию экстракции**. Как известно, в древесине лиственницы гемицеллюлозы представлены в основном водорастворимым полисахаридом арабиногалактаном (АГ). Его содержание, в зависимости от части ствола, может колебаться от 5 до 30%. При проведении сульфатной варки древесины лиственницы (или ее смесей с другими породами) важнейшей новой стадией, как уже отмечалось выше, является извлечение арабиногалактана из древесины лиственницы перед варкой. Это необходимо для того, чтобы выровнять состав щепы разных пород и за счет этого добиться сходных условий варки и глубины химической обработки щепы. Являясь одним из видов предварительной гидротермической обработки древесной щепы перед сульфатной варкой, экстракция имеет ряд специфических особенностей (и отличий от широко известных процессов предварительного гидролиза). Благодаря этим особенностям при использовании экстракции можно не только перерабатывать древесину лиственницы, но и совместно варить древесину лиственницы с другими породами. Иными словами, речь идет также об осуществлении направленной нивелирующей обработки, позволившей создать гибкую технологию, нивелирующую различия в свойствах перерабатываемой древесины.

Совершенно иные цели у процесса предварительного гидролиза (предгидролиза). Этот процесс был разработан для получения так называемой растворимой целлюлозы, т.е. целлюлозы для химической переработки при сульфатном способе варки. Основной целью предварительного гидролиза (предгидролиза) является удаление из древесины легкогидролизуемых гемицеллюлоз. Эта цель достигается путем достаточно полного осуществления химической реакции — гидролитической деструкции гемицеллюлоз. Кроме того, при предгидролизе ослабляются связи между устойчивыми пентозанами и целлюлозой и происходит частичное разрушение надмолекулярной структуры клеточных стенок. Последнее облегчает удаление пентозанов во время последующей сульфатной варки и повышает реакционную способность целлюлозы, предназначенной для химической переработки.

Как известно, предварительный гидролиз осуществляют путем обработки древесной щепы разбавленными минеральными кислотами или водой. В последнем случае роль катализатора, ускоряющего гидролиз гемицеллюлоз, выполняют образующиеся при водной обработке при высокой температуре (варке) органические кислоты, главным образом уксусная и муравьиная. В некоторых случаях вместо водной обработки применяют глубокую пропарку щепы «мокрым» водяным паром. Все эти виды обработок вместе с обычно используемыми при сульфатной варке пропаркой (и/или пропиткой щепы) могут быть объединены в группу «гидротермических обработок».

К этой же группе обработок могут быть отнесены и процессы экстракции из капиллярно-пористой структуры щепы древесины лиственницы находящегося в жидком состоянии аквакомплекса «арабиногалактан – вода». Таким образом, основная идея новой технологии, разработанной в ходе выполнения проекта

«Лиственница», – предварительная **экстракция** из щепы арабиногалактана. При этом, однако, осуществляется не химическая реакция деструкции полимера – гемицеллюлоз до мономеров и олигомеров, а физико-химический процесс экстракции полимерного комплекса «арабиногалактан – вода» в полимерной форме, практически без его деструкции. Именно это обуславливает возможность проведения экстракции при существенно более низких температурах – от 80 до 120 °С, т.е. процесс экстракции может, в принципе, проводиться и при атмосферном давлении. Особо следует отметить, что комплекс «арабиногалактан – вода» представляет собой не только глубокий эвтектический растворитель (ГЭР), открытый уже в XXI в. и исследованию которого посвящены сотни работ, но и глубокий эвтектический пластификатор, впервые описанный в нашей статье с С.З. Роговиной и академиком А.А. Берлиным [3].

Таким образом, эта глава монографии Э. Чупки перекликается с нашими работами в рамках проекта «Лиственница», показывая одновременно, как фундаментальные исследования позволяют по-новому решать сложные технологические проблемы.

В девятой главе монографии Чупки представлены результаты по исследованию начальных стадий окисления древесины при щелочных обработках. В десятой главе подробно разобраны с использованием микроанометрического метода, метода остановленной струи и по изменению хромофорного состава кинетика и механизм начальных стадий окисления лигнина в щелочных средах, описаны результаты по исследованию образования активных форм кислорода, гидроксильного радикала при окислении лигнина, древесины и углеводов.

Одиннадцатая глава посвящена описанию автокаталитических явлений при окислении лигнина в щелочных растворах. В ней рассматриваются автокаталитические явления, связанные с продуктами окисления лигнина, с активными формами кислорода, а также автокатализ на стадии электронно-возбужденных состояний. Впервые в химии древесины представлены экспериментальные материалы по колебательным процессам, развивающимся при окислении древесины и ее основных компонентов.

Двенадцатая глава посвящена роли окислительных реакций при увеличении молекулярной массы в условиях щелочных обработок. Приведены данные, показывающие, что окисление лигнина представляет собой пример ступенчатых процессов.

Тринадцатая глава посвящена обобщению экспериментального материала, полученного при окислении углеводов в щелочных растворах при делигнификации. В данной главе рассматриваются вопросы о роли радикальных процессов при окислении углеводов, приводятся имеющиеся результаты по исследованию динамики образования активных форм кислорода в процессе окисления углеводов, анализируются данные по эффективности стабилизации полисахаридов при щелочных обработках.

Четырнадцатая глава обобщает результаты по исследованию механизма и эффективности влияния добавок ингибиторов радикальных реакций на кинетику и избирательность делигнификации при щелочных способах варки. В данной главе не только систематизирован материал по действию ингибиторов, но и дана их классификация по эффективности ингибирования процессов окисления лигнина и древесины (антагонистические, аддитивные, синергические). Указана возможность подбора синергических композиций, отличающихся более высокой эффективностью по сравнению с антрахиноном, а также приводятся материалы по использованию окисленного лигнина и окисленного черного щелока в качестве катализатора делигнификации древесины.

В заключении к книге Эдуард Имерихович Чупка:

– благодарил своих коллег, чьи экспериментальные работы легли в основу данной книги: Г.В. Чуйко, Н.Г. Московцева, Л.П. Алексеєву, В.М. Бурлакова, Т.А. Московцеву, А.Ф. Гоготова, В.С. Стрельского, А.Д. Сергеева, А.А. Заказова, О.В. Шадынскую, В.В. Вершаля, В.Н. Гвоздева, Т.М. Рыкову, Г.И. Стромскую, Э.И. Евстигнеева, Н.А. Николаеву, С.В. Стромского, Ф.М. Гизетдинова, И.М. Лужанскую, Н.А. Мещерову, Пак Чи Суни, Б.А. Моисеева, за помощь в оформлении материалов – Н.В. Тарададе, М.М. Крунчак, Н.В. Ходыреву, П.И. Зеликман;

– сформулировал основные направления, по мнению автора, наиболее перспективные в прикладном и теоретическом аспектах;

– отмечает, что будет считать свою миссию выполненной, если представленная книга поможет систематизации разрозненных экспериментальных данных и стимулирует энтузиастов в области химии древесины к выбору новых направлений научных исследований.

Завершая эту рецензию на уникальную монографию Эдуарда Имериховича Чупки, я хочу еще раз подчеркнуть, что она является прекрасным образцом не только для молодежи, но и для серьезных ученых, призывая их думать над сложными проблемами лесного комплекса, как первого сектора глобальной экономики, полностью вписывающегося в концепцию циркулярной биоэкономики и углеродной нейтральности.

Список литературы

1. Чупка Э.И. Окислительно-восстановительные превращения лигнина и углеводов при щелочных обработках древесины: монография. СПб., 2023. 497 с.
2. Никитин Н.И. На пути научного работника – химика. Очерки из прошлого. 3-е изд. СПб., 2020. 248 с.
3. Аким Э.Л., Роговина С.З., Берлин А.А. Усталостная прочность древесины и релаксационное состояние ее полимерных компонентов // Доклады РАН. Химия, науки о материалах. 2020. Т. 491. С. 73–76. DOI: 10.31857/S268695352002017X.

Поступила в редакцию 6 июня 2023 г.

Принята к публикации 20 июня 2023 г.

Для цитирования: Аким Э.Л. «Рукописи не горят... и не стареют...» Рецензия на книгу доктора химических наук, профессора Эдуарда Имериховича Чупки «Окислительно-восстановительные превращения лигнина и углеводов при щелочных обработках древесины» // Химия растительного сырья. 2023. №3. С. 353–360. DOI: 10.14258/jcprm.20230313031.

Akim E.L. MANUSCRIPTS DO NOT BURN... AND DO NOT AGE... REVIEW OF THE BOOK OF DOCTOR OF CHEMISTRY, PROFESSOR EDUARD IMERIKHOVICH CHUPKA "REDOX TRANSFORMATIONS OF LIGNIN AND CARBOHYDRATES DURING ALKALINE TREATMENTS OF WOOD"

St. Petersburg State University of Industrial Technologies and Design, st. Bolshaya Morskaya, 18, St. Petersburg, 191186 (Russia), e-mail: Akim-Ed@mail.ru

The article provides a detailed review of the book by E.I. Chupka "Redox transformations of lignin and carbohydrates in alkaline wood processing". The facts of the history of the formation of the scientific school of E.I. Chupka and its influence on modern research in the field of wood chemistry.

Key words: review, book, alkaline treatment of wood.

References

1. Chupka E.I. *Okislitel'no-vosstanovitel'nyye prevrashcheniya lignina i uglevodov pri shchelochnykh obrabotkakh drevesiny*. [Oxidation-reduction transformations of lignin and carbohydrates during alkaline wood processing: monograph]. Saint Petersburg, 2023, 497 p. (in Russ.).
2. Nikitin N.I. *Na puti nauchnogo rabotnika – khimika. Ocherki iz proshlogo*. [On the path of a scientist - a chemist. Essays from the past.]. 3 ed. Saint Petersburg, 2020, 248 p. (in Russ.).
3. Akim E.L., Rogovina S.Z., Berlin A.A. *Doklady RAN. Khimiya, nauki o materialakh*, 2020, vol. 491, pp. 73–76. DOI: 10.31857/S268695352002017X. (in Russ.).

Received June 6, 2023

Accepted June 20, 2023

For citing: Akim E.L. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2023, no. 3, pp. 353–360. (in Russ.). DOI: 10.14258/jcprm.20230313031.