

Министерство образования и науки Российской Федерации

Алтайский государственный технический
университет им. И.И.Ползунова



НАУКА И МОЛОДЕЖЬ

3-я Всероссийская научно-техническая конференция
студентов, аспирантов и молодых ученых

СЕКЦИЯ

ХИМИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

ПОДСЕКЦИЯ

ХИМИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ ВЫСОКОМОЛЕКУЛЯРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Барнаул – 2006

ББК 784.584(2 Рос 537)638.1

3-я Всероссийская научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых "Наука и молодежь". Секция «Химические технологии». Подсекция «Химия и технология высокомолекулярных соединений» / Алт.гос.техн.ун-т им. И.И.Ползунова. – Барнаул: изд-во АлтГТУ, 2006. – 20с.

В сборнике представлены работы научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, проходившей в апреле 2006 г.

Организационный комитет конференции:

Максименко А.А., проректор по НИР – председатель, Марков А.М., зам. проректора по НИР – зам. председателя, Арзамарсова А.А. инженер Центра НИРС и молодых учёных – секретарь оргкомитета, Вихарев А.В., декан факультета химических технологий АлтГТУ – руководитель секции «Машиностроительные технологии и оборудование», Балашов А.В. – редактор.

ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССА СИЛИЛИРОВАНИЯ ДРЕВЕСИНЫ БЕРЕЗЫ

ГОРДЕЕВА Е.С. – СТУДЕНТ
КОМАРОВА Н.Г. - РУКОВОДИТЕЛЬ

В последние годы усилия многих ученых направлены на поиск эффективных способов переработки многотонажных древесных отходов. Все большее значение приобретают работы по химическому модифицированию древесного комплекса в целом. Однако, химическое модифицирование древесины кремнийорганическими соединениями по имеющимся литературным данным сводится лишь к пропитке, то есть лишь к поверхностному модифицированию [1]. Данные о глубоком химическом модифицировании древесины кремнийорганическими соединениями в литературе практически отсутствует. Имеется работа, посвященная силилированию лигноцеллюлозных материалов [2]. В данной работе была поставлена цель - изучить процесс силилирования древесины березы винилтрихлорсиланом: влияние условий химического модифицирования на прирост массы, на содержание присоединенного кремния.

Для исследования использовали измельченную древесину березы, просеянную на ситах, отобрана фракция 0,32 – 0,63. Удаление экстрактивных веществ проводили в аппаратах Сокслета спиртобензольной смесью (соотношение 1:1) [3] в течение 8 часов. Затем опилки подвергали предгидролизу 1% - ым раствором H_2SO_4 для удаления гемицеллюлоз древесины. Полученный материал силилировали винилтрихлорсиланом.

Очевидно что модифицирование винилтрихлорсиланом протекает по следующей схеме:
 $Dr - OH + CH_2 = CHSiCl_3 \rightarrow Dr - OSiCl_2CH = CH_2 + HCl \uparrow$

Для этого навески древесины помещали в двугорлые круглодонные колбы, наполняли систему азотом и выдерживали на масляной бане при определенной температуре в течение определенного времени. Затем высаживали продукт в петролейный эфир, промывали водой до отрицательной реакции на свободные ионы хлора, отфильтровывали через стеклянные фильтры и подсушивали до постоянной массы. Были определены привесы массы, которые представлены в таблице.

Таблица – Влияние температуры и продолжительности силилирования на прирост массы, %

Время, ч	Температура, °С			
	40	50	60	70
2	90,0*	17,7	6,6	10,5
4	10,8	16,4	10,5	10,1
6	2,8	6,7	14,0	4,92
8	-	-	-	90,0*

* Выход продукта от массы исходной навески в данных условиях

Из данных таблицы видно, что при 40° С наибольший прирост массы наблюдается при продолжительности силилирования в течение 4 часов, который составляет 10,8 %, при 50° С, 70° С – 2 часа (17,7 % и 10,5 % соответственно), при 60° С – 6 часов (14,0%). Из полученных результатов следует, что при увеличении продолжительности процесса от 2 до 8 часов и температуре процесса от 40 до 70° С значения прироста массы проходят через максимум. Увеличение продолжительности силилирования более 2 часов и повышение температуры выше 50° С приводит к деструктивным процессам продуктов силилирования древесины. В результате чего прирост массы продуктов снижается. Таким образом, оптимальными условиями силилирования древесины березы (по приросту массы) являются время 2 часа и температура 50° С, при которых достигнут прирост массы 17,7 %.

Для количественного определения кремния высушенные до постоянной массы образцы сжигали на воздухе в платиновом тигле в муфельной печи при $T = 900 - 950^\circ C$. Содержание кремния (%) в образце рассчитывается по формуле [4]:

$$[Si] = K \times m_2 / m_1,$$

где m_2 – масса остатка после сжигания

m_1 – масса образца до сжигания

Продукты модифицирования винилтрихлорсиланом содержат кремний и связанный хлор, что подтверждено качественными реакциями [5-6].

Список литературы

1. Тельшева Г. М., Панкова Р. Е., Хрол Ю. С. Модифицирование древесины органоциclosилаксанами // Химия древесины. – 1991. № 1, - С. 31 – 37
2. Всероссийская научно-техническая конференция студентов аспирантов профессорско-преподавательского состава. ХТФ/ Алт.гос.техн.ун-т им. И.И. Ползунова. – Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2005. – С.56
3. Мусько Н.П., Чемерис М.М. Химический анализ древесины: Методические указания по химии древесины. Алт.гос.техн.ун-т им. И.И. Ползунова. – Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2004. – С.36
4. Баландина В. А., Гуревич Д. Б. и др. Анализ полимеризационных пластмасс. – Л.: Химия, 1965. – 512 с.
5. Крешков А. П. Основы аналитической химии. Теоретические основы. Качественный анализ. Книга 1. – М. Химия, 1976. – С.404.
6. Чемерис М.М., Коньшин В.В., Люкшова Н.В., Мозуленко Л.М., Беушев А.А. Лабораторный практикум по органической химии. – Барнаул, 2005. – С.30

ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕССА СИЛИЛИРОВАНИЯ ДРЕВЕСИНЫ СОСНЫ

Горлова А.П. – студент

Комарова Н.Г. - руководитель

Из литературных данных известно, что кремнийорганические соединения улучшают прочностные свойства, огнестойкость, погодоустойчивость, формоустойчивость и износостойкость, повышают антифрикционные свойства изделий из древесины [1]. В настоящей работе была поставлена цель - изучить процесс химического модифицирования древесины сосны винилтрихлорсиланом.

Для исследований использовали измельченную древесину сосны, просеянную на ситах. Была отобрана фракция 0,32 – 0,63. Удаление экстрактивных веществ проводили в аппарате Сокслета спиртобензольной смесью в течение 8 часов. Далее опилки подвергали предгидролизу 1% - ым раствором H_2SO_4 (для удаления гемицеллюлоз древесины) [2]. Полученный лигноцеллюлозный материал перед силилированием выдерживали над $CaCl_2$. Синтез проводился в двугорлых круглодонных колбах, снабженных обратным холодильником и вводом азота, при постоянном помешивание. Реакцию проводили в среде толуола в присутствии пиридина (для связывания выделяющегося HCl). Продукты высаживали в петролейный эфир, отфильтровывали, промывали водой до отрицательной реакции на свободные ионы Cl^- , высушивали до постоянной массы. Полученный продукт содержит кремний и связанный хлор, что было подтверждено качественными реакциями на хлор и на кремний [3-4].

Были определены прирост массы образцов, которые приведены в таблице.

Таблица – Влияние температуры и продолжительности силилирования винилтрихлорсиланом на прирост массы, (%)

Время, ч	Температура, °С			
	40	50	60	70
2	2,5	11,2	20,6	24,3
4	4,0	16,2	11,3	17,0
6	5,4	15,9	18,8	7,7
8	-	-	-	6,4

Из данных таблицы следует, что при 40° - 50° С наибольший прирост массы, который составляет 16,2 % наблюдается при продолжительности реакции 4 часа, а при 60° – 70° С наибольший прирост (24,3 %) достигается за 2 часа.

Было определено содержание лигнина по Комарову в исходной древесине и предгидролизованной древесине и составило 27,0 % и 34,8 % соответственно [2]. По литературным данным содержание лигнина в древесине осины 22,0 % [5]. В работе посвященной силилированию лигноцеллюлозных материалов [6] было изучено влияние условий (температура и продолжительность) силилирования древесины осины и отмечено, что оптимальными условиями силилирования древесины осины является продолжительность 3 – 4 часа и температура 60° С, при этом прирост массы составил 31,1 %. Как видно из таблицы, наибольший прирост массы при силилировании древесины сосны при 60° С составил 20,6 %, при 70° С – 24,3 %, что значительно меньше прироста массы древесины осины в оптимальных условиях. Таким образом, большее содержание лигнина в древесине хвойных пород приводит к необходимости увеличения температуры модифицирования.

Список литературы

1. Тельшева Г. М., Панкова Р. Е., Хрол Ю. С. Модифицирование древесины орнаноциклосилаксанами // Химия древесины. – 1991. № 1, - С. 31 – 37
2. Мусько Н.П., Чемерис М.М. Химический анализ древесины: Методические указания по химии древесины. Алт.гос.техн.ун-т им. И.И. Ползунова. – Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2004. – С.36
3. Крешков А. П. Основы аналитической химии. Теоретические основы. Качественный анализ. Книга 1. – М. Химия, 1976. – С.404.
4. Чемерис М.М., Коньшин В.В., Люкшова Н.В., Мозуленко Л.М., Беушев А.А. Лабораторный практикум по органической химии. – Барнаул, 2005. – С.30
5. Азаров В.И., Буров А.В., Оболенская А.В. Химия древесины и синтетических полимеров: учебник для вузов. – СПб.: СПбЛТА, 1999. – С.35
6. Всероссийская научно-техническая конференция студентов аспирантов профессорско-преподавательского состава. ХТФ / Алт.гос.техн.ун-т им. И.И. Ползунова. – Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2005. – С.56

ИЗУЧЕНИЕ СМОЛЫ, ВЫДЕЛЯЮЩЕЙСЯ ПРИ ПОЛУЧЕНИИ АКТИВНЫХ УГЛЕЙ, ПРИ ПОМОЩИ ИК-СПЕКТРОСКОПИИ

Исаков А.В. - студент
Карчевский Д.Ф. – аспирант
Беушев А.А. – руководитель
Чемерис М.М. – руководитель

Активированные угли являются очень удобным адсорбентом, широко применяемым, как в повседневной жизни людей, так и во многих отраслях промышленности. Однако практически все известные способы получения активированных углей сопряжены с большими энергозатратами и требуют очень сложного аппаратного оформления, т.к. пиролиз должен проходить без доступа кислорода [1-3]. Авторами [4] был описан метод получения активированных углей в режиме самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС), достоинствами которого являются простота аппаратного оформления, низкие энергозатраты на проведение процесса, и высокие адсорбционные и механические свойства получаемых активных углей.

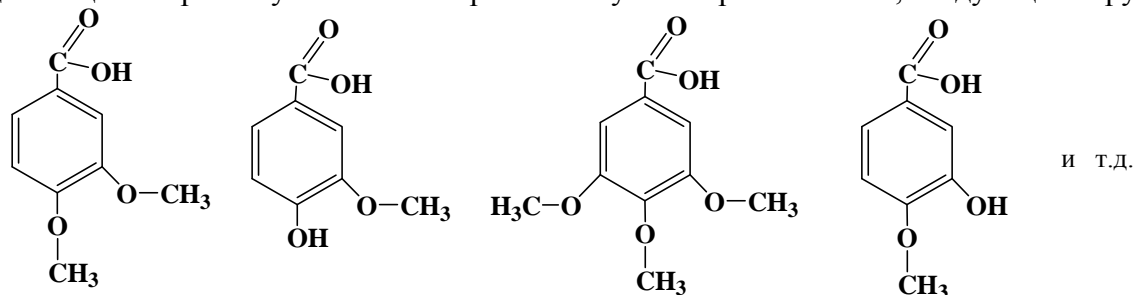
В данной работе была исследована смола, выделяющаяся при получении активированных углей в режиме СВС из древесины березы. Смола была обработана раствором соды для разделения на сильноокислую и слабоокислую фракции. При экстракции диэтиловым эфиром сильноокислая фракция остается в водном растворе в виде натриевых солей, а слабоокислая фракция переходит в эфир, который затем отгонялся под вакуумом. Выделенную таким образом слабоокислую фракцию исследовали методом ИК-спектроскопии (рисунок 1).



Рисунок 1 – ИК-спектр смолы, выделяющейся при получении активированных углей

Исследование ИК-спектра показало наличие полос в области 3500 см^{-1} , характерных для валентных колебаний свободных гидроксильных групп, которые могут присутствовать как самостоятельно, так и в составе карбоксильных групп. В пользу присутствия карбоксильных групп, также свидетельствует наличие полос в области 1740 см^{-1} . Поглощения в области 1680 см^{-1} , показывает присутствие карбонильных групп. На присутствие в полученных соединениях ароматических структур указывают колебания: 1567 , 1518 и 1464 см^{-1} , а также полоса в области 3140 см^{-1} , характерная для С-Н связей в ароматическом кольце. Полосы в области 2930 , 2855 , 2825 , 2710 см^{-1} отнесены нами к валентным колебаниям С-Н в алифатических структурах. Полосы 1394 и 1367 см^{-1} , характерны для колебаний метоксильных групп.

Анализ ИК-спектра позволяет предположить наличие в слабокислой фракции смолы, выделяющейся при получении активированных углей в режиме СВС, следующих структур:



Дальнейшая работа по данному направлению предполагает выделение и исследование сильнокислой фракции смолы, а также более подробное исследование обеих фракций.

Список литературы

1. Козлов В.Н. Пиролиз древесины. Под ред. Академика И.П.Бардина. АН СССР, М., 1952.-258с.
 2. Оффман К.Б., Петров В.С., Ефремов А.А. Закономерности пиролиза скорлупы кедровых орехов с образованием древесного угля в интервале температур $200 - 500\text{ }^{\circ}\text{C}$. Химия растительного сырья. 1999, №2, 61-64 с.
 3. Фенелонов В.Б. Пористый углерод. Новосибирск: ИК СО РАН, 1995.-513с.
- Карчевский Д.Ф., Беушев А.А., Чемерис М.М. Изучение свойств активных углей, полученных в проточном реакторе, в режиме самораспространяющегося синтеза // Ползуновский альманах: Горизонты образования. г. Барнаул. - 2005 г. – с. 50-53.

ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССА АЦИЛИРОВАНИЯ ЛИГНОЦЕЛЛЮЛОЗНЫХ МАТЕРИАЛОВ МОЛОЧНОЙ КИСЛОТОЙ

Каспирович А.В. - студент

Коньшин В.В. - руководитель

В настоящее время одним из приоритетных направлений в научно-исследовательской и производственной технологии, является разработка новых методов переработки лесных ресурсов. Одной из таких методик является этерификация активных компонентов древесины системой “тионилхлорид - молочная кислота - трифторуксусная кислота (ТФУК)”. С целью получения пластичных биodeградируемых материалов осуществлено высаживание полученных продуктов в изопропиловый спирт.

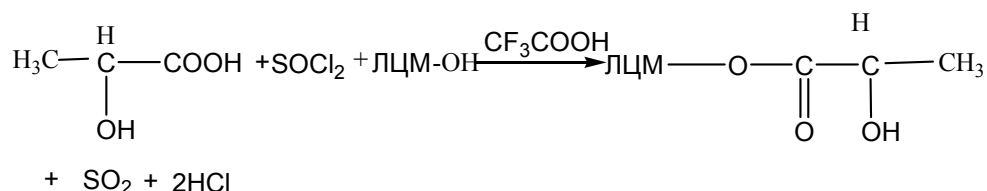
В качестве неводного растворителя целлюлозы в настоящее время большое значение приобретает ТФУК. Основным достоинством ТФУК является то, что она в процессе ацилирования целлюлозы и целлюлозосодержащего сырья может использоваться как активирующий агент [1-3], катализатор [4,5] и реакционная среда. Получаемые в среде ТФУК производные целлюлозы обладают хорошими эксплуатационными свойствами.

Хорошая растворимость целлюлозы в ТФУК позволяет использовать этот органический растворитель для реакций с участием древесного комплекса, что в свою очередь позволяет проводить процесс ацилирования древесного комплекса в гомогенной среде.

Для исследований использовали измельченную древесину осины, просеянную на ситах и отобранную с фракцией 0,40-0,75мм. Удаление экстрактивных веществ проводили в аппарате Сокслета спиртобензойной смесью (соотношение 1:1 по объему по методике приведенной в работе [6]) в течении 8 часов. Для удаления гемицеллюлоз древесины опилки подвергали предгидролизу 0,5-1%-ным раствором H_2SO_4 (модуль 1:50). Полученный лигноцеллюлозный материал (ЛЦМ) перед ацилированием выдерживали в эксикаторе над $CaCl_2$ в течение недели.

Синтез проводился в круглодонной колбе, снабженной механической мешалкой, форштосом и обратным холодильником. В колбу помещали рассчитанное количество опилок древесины осины, и заливали предварительно приготовленной ацилирующей смесью, состоящей из МК, ТФУК и ТХ и термостатировали в течении 6 часов.

Ниже приведена схема реакции.



Для полученных продуктов определяли выход(B) по следующей формуле:

$$B = \frac{m_1}{m_2} * 100\%$$

m_1 - масса ацилированного ЛЦМ после реакции.

m_2 – масса исходных опилок до реакции.

Содержание связанной М.К методом потенциометрического титрования, по методике приведенной в работе[7]. Результаты представлены в таблице 1.

Из полученных результатов видно что наибольшее количество прореагировавших ОН-групп в ацилированных ЛЦМ смесью “молочная кислота – тионилхлорид – трифторуксусная кислота” наблюдается для продуктов высаженных в ацетон и изопропиловый спирт, а выход в изопропиловый спирт и в воду. В связи с тем что при высаживании продуктов в изопропиловый спирт число прореагировавших ОН-групп больше (при высаживании в воду предположительно идет гидролиз сложноэфирных групп) было решено дальнейшие опыты проводить с использованием в качестве осадителя изопропилового спирта.

Таблица 1. Влияние осадителя на характеристики ацилированных ЛЦМ молочной кислотой.

Осадитель	Вода	Этиловый спирт	Изопропиловый спирт	Ацетон
Количество прореагировавших ОН-групп в ЛЦМ по массе в%	5,14	5,38	8,59	9,13
Выход. %	93,4	70,3	85,5	75,8

Условия проведения реакции ацилирования: температура реакции – 40 °С.

Список литературы:

1. Ревельская Л.Г., Хрипунов А.К., Пуркина А.В., Кленкова Н.И., Борисова Т.И. К изучению процесса ацилирования целлюлозы в среде ТФУК и её ангидрида // Химия древесины.-1980.-№ 4.-с. 32-36.
2. Крестов Г.А., Мясоедова В.В., Алексеева О.В. Вязкостные свойства растворов целлюлозы и триацетатов целлюлозы в смесях трифторуксусной кислоты с хлороформом при 288-308 К // Химия древесины.-1987.-№ 1.-с. 48-51.
3. Мясоедова В.В., Крестов Г.А., Алексеева О.В., Белов С.Е. Жидкокристаллическое состояние неводных растворов триацетилцеллюлозы и сохранение мезоморфных структур в плёнках // Химия древесины.-1988.-№ 6.-с. 15-19.
4. Хрипунов А.К., Козьмина, О.П., Штенникова И.Н. и др. Эфиры целлюлозы и жирноароматических кислот // Журнал прикладной химии.-1970.-т. 43.-№ 11.-с. 2581-2583.
5. Салин Б.Н., Чемерис М.М. Механизм реакции ацилирования целлюлозы в среде трифторуксусной кислоты // Известия ВУЗов. Химия и химическая технология.-1999.-вып. 5.-с. 16-20.
6. Мусько Н.П., Чемерис М.М., Химический анализ древесины: Методические указания по химии древесины. Алт.гос.техн. ун-т им. И.И. Ползунова.-Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2004.-с.36
7. Коньшин В.В., Чемерис М.М., Чемерис Н.А., Зеваков А.Г., Определение содержания связанных карбоновых кислот в сложных смешанных эфирах целлюлозы.//Журнал прикладной химии-2002.-Т.75, вып.9.-с.1542-1544.

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ПОРОДЫ ДРЕВЕСИНЫ НА СВОЙСТВА ПЛИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Князева Н.В. – студент

Беушева О.С. – аспирант

Мусько Н.П. – доцент, к.х.н.

Древесина – это один из наиболее важных природных материалов. Основными породами древесины, используемыми в промышленных масштабах, являются хвойные. Лиственные породы считаются менее ценным сырьем, но так же используются. Например, для выработки печатных видов бумаги, при производстве ширпотреба (расчески, черенки, топорища) [1]. Лиственница занимает особое место между хвойными и лиственными и представляет особый интерес, так как в ее состав входят вещества, на основе которых в промышленном масштабе получают фармакологические препараты [2]. В результате любой переработки древесины образуются многотоннажные отходы.

Одним из направлений использования отходов является производство плитных материалов – древесноволокнистых и древесностружечных плит (ДВП, ДСП), применяемых в строительстве и мебельной промышленности.

В настоящее время плитные материалы получают на основе фенолформальдегидных смол, получаемых по реакции поликонденсации. Для протекания данной реакции необходимо присутствие веществ, содержащих редуцирующие группы и фенилпропановое звено. Как показано в работах [1, 2], все составляющие, необходимые для изготовления

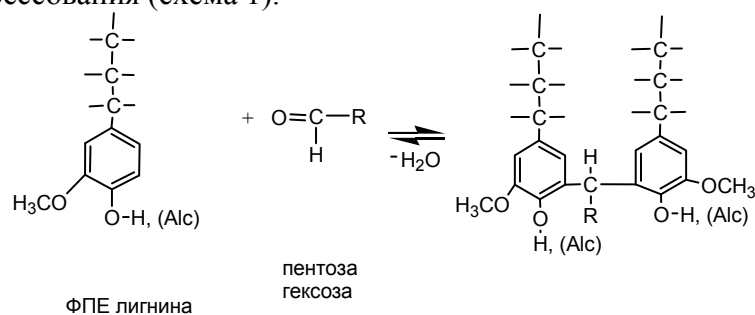
плитных материалов, могут быть получены в результате гидротермической обработки древесины.

Древесина разных пород состоит из одинаковых компонентов (целлюлоза, лигнин, легкогидролизуемые полисахариды), но по количеству и химическому составу этих компонентов они сильно отличаются (таблица 1).

В связи, с чем целью данной работы явилось изучение влияния породы древесины на свойства плитных материалов из гидротермически обработанной древесины.

Для активации компонентов древесины нами был выбран метод взрывного автогидролиза. В качестве исходного сырья для производства плит использовались отходы древесины: лиственницы, сосны, березы, осины. Взрывной автогидролиз проводился при температуре 220 °С и времени выдерживания в реакторе – 10 минут. Полученную массу сушили до воздушно сухого состояния и прессовали плиты (таблица 2).

В результате взрывного автогидролиза в древесине происходит гидролиз легкогидролизуемых полисахаридов до водорастворимого состояния и частичная деструкция лигнина, т.е. образуются компоненты, способные образовывать связующие вещества в процессе горячего прессования (схема 1).



Где R – C₄H₅(OH)₄, C₅H₇(OH)₅

Схема 1– Реакция образования связующих веществ из продуктов взрывного автогидролиза древесины

Как видно из схемы образования связующего протекает за счет реакции между редуцирующими веществами и фрагментами лигнина. Чем больше редуцирующих веществ образуется в процессе взрывного автогидролиза, тем больше вероятность участия их в реакции конденсации. Количество редуцирующих веществ, образующихся в процессе взрывного автогидролиза, представлено в таблице 1.

Таблица 1 – Состав различных пород древесины

Порода древесины	Состав исходной древесины, %				Количество редуцирующих веществ в пресс-массе после ВАГ, %
	Целлюлоза	Лигнин	Легкогидролизуемые полисахариды	Экстрактивные вещества	
Лиственница	46,6	30,5	22,9	0	15,4
Сосна	52,3	26,6	15,6	5,5	13,7
Осина	51,5	21,7	23,8	2,8	18,3
Береза	50,8	21,2	24,3	3,7	15,5

Все древесные породы отличаются по своему составу: содержание лигнина выше в хвойных породах, легкогидролизуемых полисахаридов в лиственной. Исключение составила лиственница. В ее составе содержание легкогидролизуемых полисахаридов близко к лиственным (табл. 1).

В связи с тем, что связующие вещества образуются из компонентов пресс-массы на стадии изготовления плитного материала, можно предположить, что прочностные свойства

напрямую зависят от количества образовавшихся сшивок. Прочностные свойства плит тем выше, чем больше вероятность протекания реакции конденсации, а следовательно чем больше редуцирующих веществ образуется в процессе взрывного автогидролиза (табл. 1, 2).

Таблица 2 – Свойства плитных материалов

Порода древесины	Количество редуцирующих веществ участвующих в образовании связующих веществ, %	Прочность при изгибе, МПа	Плотность, кг/м ³
Лиственница	8,0	41,0	1247
Осина	7,6	17,1	1051

*Условия прессования: давление 5,2 МПа, продолжительность 5 минут.

Количество РВ участвующих в реакции конденсации в осине незначительно отличается от лиственницы. Но, несмотря на это, прочность плит полученных на основе древесины осины значительно ниже. Прочность и плотность плит имеют прямопропорциональную зависимость. Плотность осины низкая из-за ее анатомического строения. Поэтому и плитные материалы получают с низкой прочностью.

Из проделанной работы можно сделать вывод, что морфология исходной древесины будет влиять на свойства плитных материалов.

Список используемой литературы

1. Пен Р.З. Технология древесной массы. Мин-во общего и профессионального образования РФ, Красноярская государственная технологическая академия, 1997
2. Бабкин В.А., Остроухова Л.А., Ивакова С.З. и др. Продукты глубокой химической переработки древесины лиственницы. Технология получения и перспективы использования. Ж. Рос. Хим. общества им. Д.И. Менделеева 2004, т. XLVIII, №3.

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ПЕРЕХОДОВ В ДРЕВЕСИНЕ ЛИСТВЕННИЦЫ МЕТОДОМ ДИНАМИЧЕСКОГО МЕХАНИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

Корнев А.В. – студент
 Беушева О.С. – аспирант
 Мусько Н.П. – доцент, к.х.н.

Древесина – это сложный природный композиционный материал, содержащий три структурных полимера: целлюлозу, лигнин, гемицеллюлозы.

Поведение древесины, как композиционного материала определяется ее морфологией, фазовым состоянием и молекулярной подвижностью компонентов.

В связи с чем, большой интерес представляет исследование температурных переходов в древесине.

В качестве объекта исследования нами была выбрана древесина лиственницы.

Кривые температурных зависимостей динамического модуля сдвига, тангенса угла механических потерь древесины лиственницы представлены на рис. 1. С помощью первой и второй производной динамического модуля сдвига по температуре, определены границы температурных переходов и температура максимума интенсивности изменения динамического модуля сдвига.

Областям температурных переходов соответствует несколько пиков механических потерь (рис.1, а). Наиболее выражен пик при температурах 525 – 555 К, его форма указывает на дублетность процесса. Первый максимум соответствует плавлению аморфной части, второй – кристаллической части целлюлозы. Однако из-за высокой погрешности в

измерении $\text{tg}\delta$ древесины для интерпретации лучше использовать температурные зависимости производных динамического модуля сдвига.

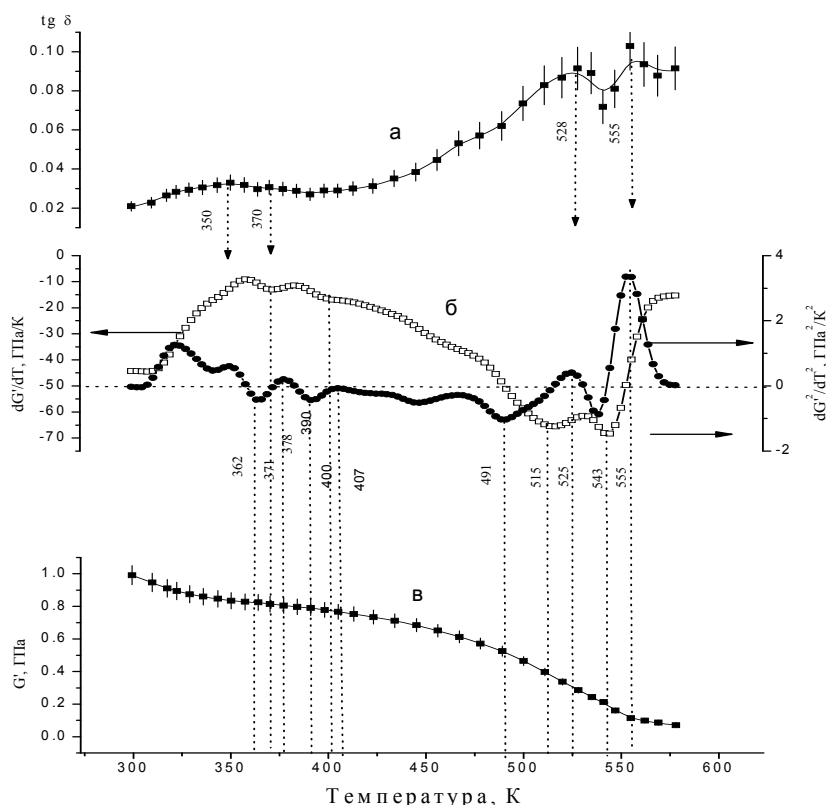


Рисунок 1 - Температурные зависимости динамического модуля сдвига G' , тангенса угла механических потерь $\text{tg}\delta$, первой и второй температурной производной G' древесины лиственницы

На рисунке 1 (в) имеются три области, характеризующиеся падением динамического модуля сдвига по абсолютному значению: до 327 К, 393– 493 К, 503 – 553 К.

Анализируя литературные данные нельзя с полной точностью соотнести данные температурные переходы, с какими – либо компонентами или изменением молекулярной подвижности отдельных звеньев в них. Литературные данные об идентификации температурных переходов в древесине очень противоречивы и часто основаны на предположениях.

Для установления более точных границ температурных переходов были использованы первая и вторая производные динамического модуля сдвига по температуре (рис. 1, б). По второй производной видно следующие температурные переходы:

- 1) пик в низкотемпературной области виден не полностью, окончание процесса при 325 К, максимума данный переход достигает при 303 К;
- 2) 362 К - 378 К, с максимумом интенсивности при 371 К;
- 3) 390 К до 407 К, с максимумом интенсивности при 400 К;
- 4) 491 – 525 К, с максимумом интенсивности при 515 К;
- 5) 537 – 560 К, с максимумом при 543 К.

Наиболее вероятно, что релаксационный переход при температурах от комнатной до 325 К связан с разрывом слабых водородных связей в целлюлозе [1]. Переход во второй области, возможно, обусловлен стеклованием лигнина и гемицеллюлоз, пластифицированных водой, всегда присутствующей в древесине [1,2]. Третья область, возможно, связана с размягчением наиболее рыхлоупакованной и пластифицированной части целлюлозы, так как хорошо прослеживается в чистой целлюлозе (рис. 2).

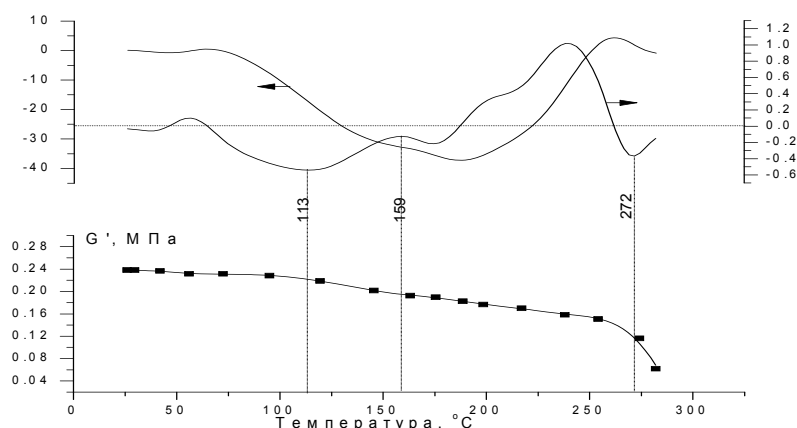


Рис. 2 - Температурные зависимости динамического модуля сдвига G' , первой и второй температурной производной G' целлюлозы.

Достаточно определенно можно отнести переход в области 491 – 525 К к расстекловыванию целлюлозы, так как он прослеживается и в чистой целлюлозе (рис. 2).

Высокотемпературный переход в области 537 – 560 К вероятно связан с плавлением кристаллических областей целлюлозы. В чистой целлюлозе (рис. 2) на кривой температурных зависимостей динамического модуля сдвига видно, что начало наиболее выраженного температурного перехода обнаруживается при 543 К, что хорошо согласуется с высокотемпературным переходом в древесине лиственницы и становится очевидна его принадлежность к процессам происходящим именно в целлюлозе. Высокотемпературный переход был так же ранее обнаружен [3] в древесине березы.

Список используемой литературы

1. Шахзадян Э.А., Квачев Ю.П., Папков В.С. Температурные переходы в древесине и ее компонентах // Высокомолекулярные соединения. – 1992. - т.34 (А). - № 9. – С.3-14.
2. Якобсон М.К., Эриньш П.П. Температурные переходы целлюлозы, природа температурных переходов в полимерах // Химия древесины. – 1981. - № 3. – С. 3.
3. Скурыдин Ю.Г. дисс. на соискание ученой степени кандидата технических наук Структура и свойства композиционных материалов, полученных из отходов древесины после взрывного гидролиза, Барнаул – 2000. 136 с.

АЦИЛИРОВАНИЕ ДРЕВЕСИНЫ О-АМИНОБЕНЗОЙНОЙ КИСЛОТОЙ СИСТЕМОЙ “ТИОНИЛХЛОРИД-ТРИФТОРУКСУСНАЯ КИСЛОТА”

Д.С. Кормич-студент
М.М. Чемерис-руководитель
А.В.Протопопов-руководитель

Несмотря на большое разнообразие полимерных материалов сложные эфиры целлюлозы до настоящего момента не потеряли своего значения. Это обусловлено рядом факторов. В первую очередь это возможность возобновляемости древесного сырья. Также важное значение имеет приобретение ряда ценных свойств при введении в состав целлюлозы ацильных групп, таких как растворимость в большом количестве органических растворителей, гидрофобность, окрашиваемость, повышенной термостойкостью, устойчивостью к окислению, действию светопогоды и радиации [1]. Следует ожидать, что сложные эфиры целлюлозы с о-аминобензойной кислотой должны обладать фармакологическим действием, а волокно, полученное из них можно окрашивать методом диазотирования. Поэтому нахождение новых методов синтеза таких эфиров представляет большой теоретический и практический интерес.

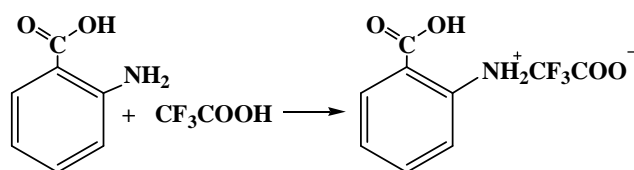
Синтез и свойства эфиров целлюлозы и ароматических и других кислот, содержащих ароматические заместители, систематически не изучены, хотя отдельные представители (бензоат, фенолацетат) были синтезированы в разное время с использованием

ацилирующих агентов хлорангидридов соответствующих кислот [2], а также ангидрида трифторуксусной кислоты [3].

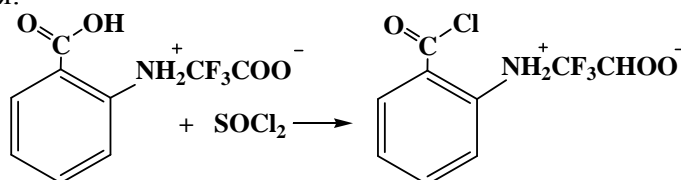
Из литературы известно, что сложные эфиры целлюлозы можно получить не только из целлюлозы, но и непосредственно из древесины. В связи с тем, что ацилирование древесины ароматическими кислотами не изучено нами была поставлена цель изучения ацилирования древесины *o*-аминобензойной кислотой. За основу была взята методика [4]. Синтез проводился в круглодонной колбе, снабженной механической мешалкой, форштосом и обратным холодильником. В колбу помещали обессмоленные и предгидролизированные опилки древесины осины *Populus tremula* (лигноцеллюлозный материал – ЛЦМ), и заливали предварительно приготовленной ацилирующей смесью, состоящей из *o*-аминобензойной кислоты, трифторуксусной кислоты (ТФУК) и тионилхлорида (ТХ). Ацилирование ЛЦМ проводили в термостате в течение определённого времени.

Приготовление ацилирующей смеси состоит из следующих стадий:

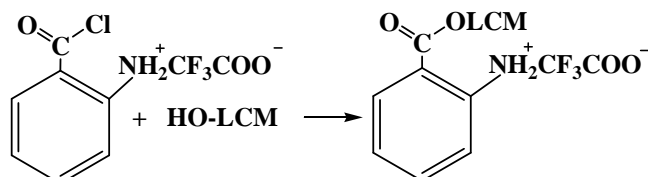
- взаимодействие ароматической аминокислоты с ТФУК при интенсивном перемешивании:



- добавление тионилхлорида к смеси и выдерживание при постоянной температуре до полного взаимодействия:



Образовавшийся хлорангидрид *o*-аминобензойной кислоты впоследствии взаимодействует с ЛЦМ:



Полученный ацилированный ЛЦМ высаживался в воду и промывался на фильтре Шотта от ТФУК и не прореагировавшей *o*-аминобензойной кислоты. Ацилированные ЛЦМ исследовались методом ИК – спектроскопии и методом потенциометрического титрования на содержание связанной кислоты. По полученным данным рассчитана степень замещения. Данные по анализу представлены в таблице 1.

Таблица 1. Результаты ацилирования ЛЦМ смесью ТФУК – ТХ

№ опыта	Время, ч.	t, °C	Степень замещения
1	1	45	1,78
2	2	45	1,83
3	3	45	2,00
4	5	45	1,71
5	1	25	0,28
6	2	25	0,73
7	3	25	1,35
8	5	25	0,52

Максимальная степень замещения в полученных продуктах составляет 2,00 при 45⁰С в течение 3 часов.

Как видно по результатам представленным в таблице ацилирование ЛЦМ о-аминобензойной кислотой проходит за 1 час при $T=25^{\circ}\text{C}$, при возрастании продолжительности до 3 часов наблюдается незначительное увеличение химически связанной кислоты. При увеличении времени синтеза до 5 часов наблюдается уменьшение содержания связанной кислоты, что объясняется протеканием деструкционных процессов ацилированного ЛЦМ из-за присутствия в реакционной среде HCl и как следствие этого частичное растворение продуктов реакции при высаживании в воду. Повышение температуры синтеза до $25-45^{\circ}\text{C}$ так же приводит к частичной деструкции.

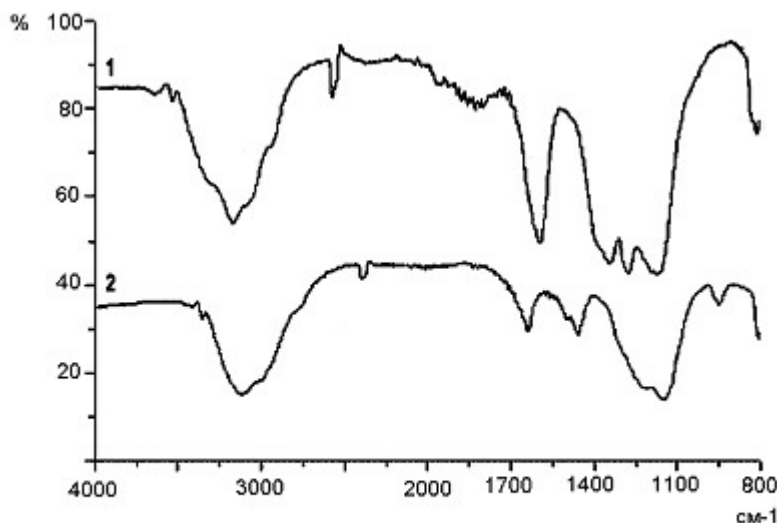


Рисунок 1 - ИК-спектры ацилированных ЛЦМ:
1 - полученный при 25°C , 2 - полученный при 45°C .

Анализ ацилированных ЛЦМ методом ИК – спектроскопии показал наличие полос поглощения в областях 3300-3000 (валентные колебания NH_2 – групп и $\text{C} - \text{H}$ связи в ароматическом кольце); 1730 - 1750 cm^{-1} (валентные колебания CO – групп в сложных эфирах); 1610 – 1450 cm^{-1} (малоинтенсивные полосы, ответственные за колебания ароматического кольца).

Список литературы

1. Азаров В.Н., Буров А.В., Оболенская А.В. Химия древесины и синтетических полимеров: Учебник для вузов. СПб.: СПбЛТА, 1999. 628 с.
2. Роговин З.А. Химия целлюлозы. – М.: Химия, 1972. 520 с.
3. Cellulose ester of aromatic carboxylic acid / Kawamoto Hiroshi, Okazaki Masaki, Sata Hiroaki, Kawanishi Hiroyuki / Евр. пат. EP1215216A1, Jun. 19, 2002.
4. Патент РФ №2186784. Способ получения сложного эфира целлюлозы/ Шабалин В.Г., Чемерис М.М., Чемерис Н.А., Саньков Р.Б., Гузев Н.Ю., Коньшин В.В.// БИ. – 2002 - №22.

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ АКТИВНЫХ УГЛЕЙ В РЕЖИМЕ САМОРАСПРОСТРАНЯЮЩЕГОСЯ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОГО СИНТЕЗА

Матвеев Ю.А. - студент

Карчевский Д.Ф. - аспирант

Беушев А.А. – руководитель

Чемерис М.М. – зав. кафедрой ТПП и Э, руководитель

В настоящей работе была проведена оптимизация процесса получения активных углей в режиме самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС).

Известные и часто применяемые методы получения активных углей сопряжены с большими энергозатратами и требуют очень сложного аппаратного оформления, т.к. пиролиз должен проходить без доступа кислорода. Метод СВС позволяет получать активные угли высокого качества при небольших энергозатратах на проведение процесса.

В работе исследовались зависимости выхода углей, суммарной пористости по воде и ацетону от двух основных параметров технологического процесса: концентрации фосфорной кислоты и удельного расхода воздуха при пиролизе.

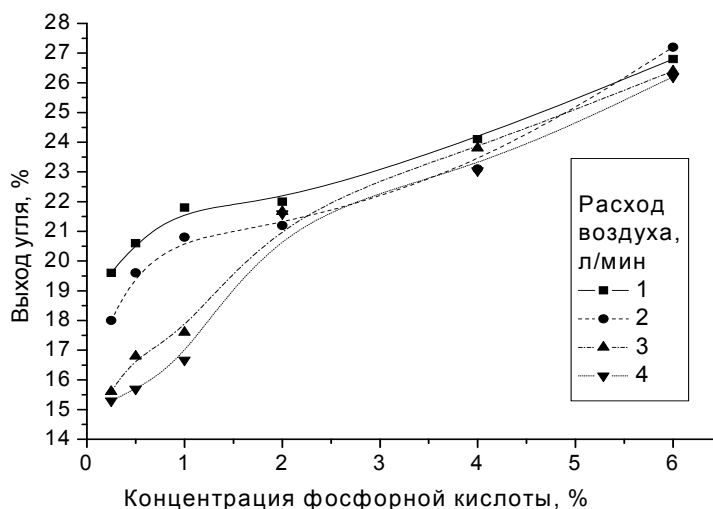


Рисунок 1 – Зависимость выхода угля от концентрации фосфорной кислоты

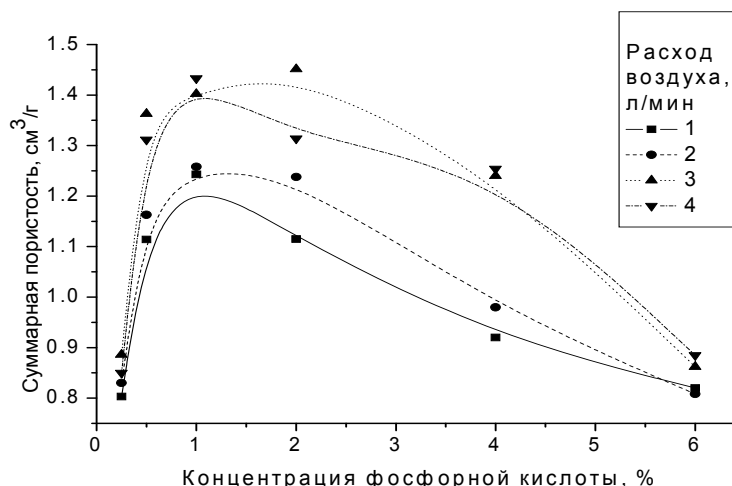


Рисунок 2 – Зависимость суммарной пористости угля по воде от концентрации фосфорной кислоты

Минимальная концентрация фосфорной кислоты, при которой возможно получение активных углей удовлетворительного качества, составляет 1 %. Ниже данной концентрации происходит выгорание целлюлозной части древесины и неполное выгорание лигнина, что приводит к снижению пористости и адсорбционных свойств получаемых активных углей (рисунок 2). Увеличение концентрации фосфорной кислоты не целесообразно, т.к. приводит к увеличению затрат на получение активированных углей.

Минимальная величина расхода воздуха, при которой возможно устойчивое протекание процесса пиролиза, составляет 1 л/мин. При величине поперечного сечения реактора 0,0019 м² величина удельного расхода воздуха составит 0,526 м³/мин·м².

Увеличение расхода воздуха для невысоких (0,25 - 0,5%) концентраций увеличивает скорость нагрева карбонизируемой массы, увеличивая выход смолистых веществ и уменьшая выход угля. Увеличение расхода для высоких (2 – 6 %) концентраций фосфорной кислоты, напротив практически не влияет на выход угля, но способствует более полному выгоранию смолистых веществ (рисунок 1).

Из экспериментальных данных можно сделать вывод, что оптимальными при получении активных углей в режиме СВС являются концентрация фосфорной кислоты 1-1,5 % и высокие значения расхода воздуха.

Список литературы:

1. Карчевский Д.Ф., Беушев А.А., Чемерис М.М. Изучение свойств активных углей, полученных в проточном реакторе, в режиме самораспространяющегося синтеза // Ползуновский альманах: Горизонты образования. г. Барнаул. - 2005 г. – с. 50-53.

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ЛИГНОЦЕЛЛЮЛОЗНЫХ МАТЕРИАЛОВ СО СМЕСЬЮ:
«ГЛИКОЛЕВАЯ КИСЛОТА – ТИОНИЛХЛОРИД – ТРИФТОРУКСУСНАЯ КИСЛОТА»

Писаренко Л.А. – студент

Коньшин В.В. – руководитель

Получение сложных эфиров целлюлозы в настоящее время является одним из перспективных направлений развития полимерной химии. Сложные эфиры целлюлозы с гликолевой кислотой являются материалами, сочетающими в себе различные свойства, среди которых наиболее ценным является биodeградируемость (способность разлагаться до безвредных для живой природы компонентов - CO₂ и H₂O) [1].

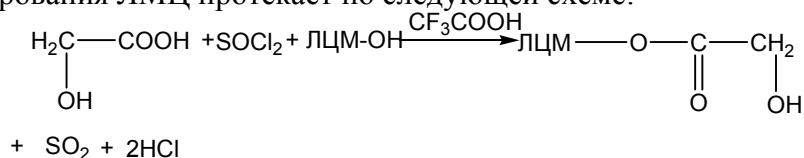
Новым направлением в синтезе производных целлюлозы является получение сложных эфиров целлюлозы непосредственно из древесины. При этом осуществляется ацилирование древесины, из которой впоследствии выделяются сложные эфиры целлюлозы.

Проведенными ранее исследованиями было показано, что целлюлоза хорошо ацилируется хлорангидридами карбоновых кислот в среде трифторуксусной кислоты (ТФУК). Однако, хлорангидриды являются химически неустойчивыми соединениями. Решением данной проблемы может служить ацилирующая смесь, содержащая карбоновую кислоту, тионилхлорид и ТФУК [2].

В качестве ЛЦМ использовалась проэкстрагированная спиртобензольной смесью и предгидролизованная древесина осины [3]. Синтез проводился в круглодонной колбе, снабженной механической мешалкой, форштосом и обратным холодильником.

В колбу содержащую предварительно приготовленную ацилирующую смесь, состоящую из гликолевой кислоты, ТФУК и ТХ засыпали рассчитанное количество опилок древесины осины, и термостатировали в течении 6 часов при температуре 40°C.

Процесс ацилирования ЛМЦ протекает по следующей схеме:



В полученных продуктах определяли выход (в %), содержание связанной гликолевой кислоты - C_{Г.К.} (в %) и количество прореагировавших OH-групп в ЛЦМ по массе - C_{ОН} (в %).

Количество прореагировавших OH-групп рассчитывали по следующей формуле:

$$C_{\text{ОН}} = \frac{17 * C_{\text{Ац.}} / 59,05}{1 - (0,58 * C_{\text{Ац.}} / 59,05)}$$

где C_{Ац.} – содержание ацильных групп гликолевой кислоты, в %;

C_{Ац.} = C_{Г.К.} / 1.288;

1.288 = M_{Г.К.} / M_{Ац.}, (M_{Г.К.} – молярная масса гликолевой кислоты).

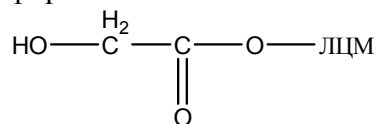
Полученные результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Влияние осадителя на характеристики ацилированных ЛМЦ гликолевой кислотой.

Осадитель	Вода	Спирт этиловый	Спирт изопропиловый	Ацетон
Выход продуктов, %	75	77	95	84
C _{Г.К.} , %	27.8	27.9	28.3	28,8
C _{ОН} , %	7.89	7.92	8.07	8.25

Из полученных данных можно сделать вывод, что лучшим осадителем является изопропиловый спирт. Ацилированный ЛМЦ, полученный при высаживании в изопропиловый спирт имеет самый максимальный выход и высокое содержание связанной гликолевой кислоты.

Ацилированные ЛМЦ, содержащие ацильные остатки гликолевой кислоты были исследованы методами ИК-спектроскопии. Широкая и интенсивная полоса в области 3200 – 3400 см⁻¹ соответствует валентным колебаниям ОН-групп в древесине осины и в сложноэфирном остатке гликолевой кислоты. Полоса 1740 см⁻¹ относится к валентным колебаниям группы С=О в сложноэфирном остатке гликолевой кислоты или в группе:



Группа полос в области 1450 – 1600 см⁻¹ соответствует колебаниям структурных единиц лигнина в ацилированном ЛЦМ.

Таким образом, методом ИК-спектроскопии показано наличие сложноэфирных групп в продукте взаимодействия ЛМЦ с гликолевой кислотой, тионилхлоридом и ТФУК.

Проведенные исследования позволяют сделать вывод о том, что при взаимодействии ЛЦМ со смесью: «гликолевая кислота – тионилхлорид – трифторуксусная кислота» происходит этерификация ОН-групп древесного материала. Установлено, что оптимальным осадителем при получении данных продуктов является изопропиловый спирт.

Список литературы

1. Фомин В.А., Гузеев В.В. Биоразлагаемые полимеры, состояние и перспективы использования // Пластические массы. – 2001. - №2. – с. 42-46.
2. Коньшин В.В., Беушев А.А., Шабалин В.Г., Чемерис М.М. Исследование реакции ацилирования лигноцеллюлозных материалов смесью карбоновая кислота – тионилхлорид – трифторуксусная кислота // Сборник научных трудов Всероссийской научно-практической конференции – 2002. – Т.3. – С.151-157.
3. Мусько Н.П., Чемерис М.М., Химический анализ древесины: Методические указания по химии древесины. Алт.гос.техн. ун-т им. И.И. Ползунова.-Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2004.-с.36.

АЦИЛИРОВАНИЕ ДРЕВЕСИНЫ ОСИНЫ П-ОКСИБЕНЗОЙНОЙ КИСЛОТОЙ

Радченко Р.Н. - студент

Протопопов А.В. - руководитель

В настоящее время одним из приоритетных направлений в научно-исследовательской и производственной технологии, является разработка новых методов переработки лесных ресурсов. Одной из таких методик является этерификация активных компонентов древесины системой “тионилхлорид – п-оксибензойная кислота - трифторуксусная кислота (ТФУК)”. С целью получения пластичных биodeградируемых материалов осуществляется осаждение полученных продуктов в этиловый спирт.

В качестве неводного растворителя целлюлозы в настоящее время большое значение приобретает ТФУК. Основным достоинством ТФУК является то, что она в процессе ацилирования целлюлозы и целлюлозосодержащего сырья может использоваться как активирующий агент [1-3], катализатор [4,5] и реакционная среда.

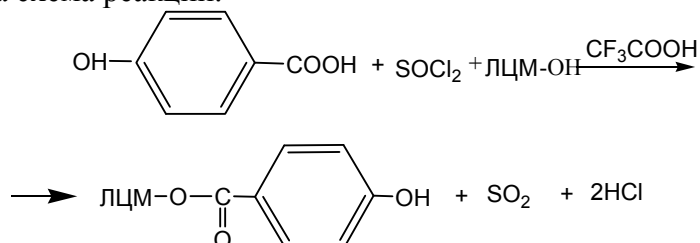
Хорошая растворимость целлюлозы в ТФУК позволяет использовать этот органический растворитель для реакций с участием древесного комплекса, что в свою очередь позволяет проводить процесс ацилирования древесного комплекса в гомогенной среде. А также убирает необходимость выделять чистую целлюлозу для проведения реакции ацилирования.

Для исследований использовали измельченную древесину осины отобранную с фракцией 0,40-0,75 мм. Удаление экстрактивных веществ проводили в аппарате Сокслета спирто-бензойной смесью (соотношение 1:1 по объему по методике приведенной в работе [6]

в течении 8 часов. Для удаления гемицеллюлоз древесины опилки подвергали предгидролизу 0,5-1 %-ным раствором H_2SO_4 (модуль 1:50). Полученный лигноцеллюлозный материал (ЛЦМ) перед ацилированием выдерживали в эксикаторе над $CaCl_2$ в течение недели.

Синтез проводился в круглодонной колбе, снабженной механической мешалкой, форштосом и обратным холодильником. В колбу помещали рассчитанное количество опилок древесины осины, и добавляли предварительно приготовленную ацилирующую смесь, состоящей из п-ОБК, ТФУК и ТХ и термостатировали в течении определённого времени.

Ниже представлена схема реакции.



Для полученных продуктов определяли выход(В) по следующей формуле:

$$B = \frac{m_1}{m_2} * 100\%$$

m_1 - масса ацилированного ЛЦМ после реакции.

m_2 – масса исходных опилок до реакции.

Содержание связанной п-ОБК методом потенциометрического титрования, по методике приведенной в работе[7].

Список литературы:

1. Ревельская Л.Г., Хрипунов А.К., Пуркина А.В., Кленкова Н.И., Борисова Т.И. К изучению процесса ацилирования целлюлозы в среде ТФУК и её ангидрида // Химия древесины.-1980.-№ 4.-с. 32-36.
2. Крестов Г.А., Мясоедова В.В., Алексеева О.В. Вязкостные свойства растворов целлюлозы и триацетатов целлюлозы в смесях трифторуксусной кислоты с хлороформом при 288-308 К // Химия древесины.-1987.-№ 1.-с. 48-51.
3. Мясоедова В.В., Крестов Г.А., Алексеева О.В., Белов С.Е. Жидкокристаллическое состояние неводных растворов триацетилцеллюлозы и сохранение мезоморфных структур в плёнках // Химия древесины.-1988.-№ 6.-с. 15-19.
4. Хрипунов А.К., Козьмина, О.П., Штенникова И.Н. и др. Эфиры целлюлозы и жирноароматических кислот // Журнал прикладной химии.-1970.-т. 43.-№ 11.-с. 2581-2583.
5. Салин Б.Н., Чемерис М.М. Механизм реакции ацилирования целлюлозы в среде трифторуксусной кислоты // Известия ВУЗов. Химия и химическая технология.-1999.-вып. 5.-с. 16-20.
6. Мусько Н.П., Чемерис М.М., Химический анализ древесины: Методические указания по химии древесины. Алт.гос.техн. ун-т им. И.И. Ползунова.-Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2004.-с.36
7. Коньшин В.В., Чемерис М.М., Чемерис Н.А., Зеваков А.Г., Определение содержания связанных карбоновых кислот в сложных смешанных эфирах целлюлозы.//Журнал прикладной химии-2002.-Т.75, вып.9.-с.1542-1544.

НОВЫЙ СПОСОБ ПЕРЕРАБОТКИ КОРЫ БЕРЕЗЫ

Ширяев Д.В. - студент

Комарова Н.Г. – доцент к. х. н.

Целью работы является исследование возможности переработки коры берёзы, как многотонажного отхода производства ДСП. Данной проблемой было решено заняться на основании материала статьи [1]. В этой работе подчёркивается то, что ввиду довольно быстро развивающейся отрасли производства фанеры остаётся очень большое количество коры, которая раньше просто сжигалась. А после присоединения России к Киотскому

протоколу кору, как продукт с неполным сгоранием запрещено утилизировать данным способом. К тому же сжигание является нерациональным использованием природного ресурса – древесины.

Способом переработки отходов лесной промышленности было выбрано модифицирование опилок винилтрихлорсиланом. В качестве силилирующего агента был выбран именно этот реагент следствии его доступности и низкой стоимости.

В основе данного модифицирования лежит то, что основными компонентами коры являются природные полимеры и при помощи кремнийорганических соединений можно провести замещение функциональных групп на кремнийсодержащие остатки. При этом продукт силилирования будет обладать повышенной термической стойкостью и влагоотталкивающими свойствами.

Для модифицирования навеска опилок была просеяна через сита, и в дальнейшем использовалась фракция размером от 0,32 до 0,63 мм. Отобранные опилки подвергались экстрагированию спиртобензольной смесью в аппарате Сокслета в течение 8 часов. Результатом стало уменьшение исходной массы на 20,10%. Что согласуется с литературными данными. "Состав коры после удаления экстрактивных веществ составляет обычно 60-80%." [3] Кора, освобождённая от экстрактивных веществ, была подвергнута предгидролизу однопроцентной серной кислотой. Обработанные описанным методом опилки были химически модифицированы винилтрихлорсиланом. Силилирование проводилось при различных температурах и продолжительности. Обязательным условием проведения реакции было непрерывное барботирование азота через реакционную смесь. Продукты модифицирования высаживали в петролейный эфир и промывались водой до отрицательной реакции на ионы Cl^- . Полученные образцы высушивались до постоянной массы, после чего определялся прирост массы.

Таблица - Влияние температуры и продолжительности силилирования на прирост массы

Время, ч	Температура, °C	
	50 ⁰	70 ⁰
2	64,94*	29,48*
4	13,50*	9,36
6	7,3*	12,22

*Продукт был в значительной степени загрязнён труднорастворимыми примесями. Присутствие которых означает то, что реакция идёт преимущественно в направлении полимеризации винилтрихлорсилана. На основании этого дальнейшему анализу данные образцы подвержены небыли.

Продукты модифицирования коры были подвержены качественному анализу на содержание хлора и кремния и связанного хлора. При определении количественного содержания кремния в продуктах силиирования была установлена зависимость положительного влияния увеличения температуры и продолжительности процесса на содержание его в модифицированных продуктах. Что коррелируется с данными прироста массы.

Результатом исследования стало то, что модифицирование коры берёзы винилтрихлорсиланом может стать одним из способов её переработки. Вместо иррационального сжигания. Который может быть предложен для производства огнестойких плитных материалов.

Список литературы.

1. Экстра Н :: Журнал "Деловая Неделя" Архив журнала :: №21(076) ноябрь 2005 г ...
2. Азаров В. И., Буров А.В., Оболенская А.В. Химия древесины и синтетических полимеров: СПб.: СПбЛТА, 1999. 628 с.
3. Химия древесины. Под редакцией Б. Л. Браунинга. Сокр. Пер. с англ. Доц. А.В. Оболенской, Н. В. Щеглова. М., "Лесная промышленность", 1967
4. www.rustrana.ru. Информационно-аналитический и энциклопедический портал

5. Химия древесины [Сборник статей
вред.)] Рига, "Зинатне" 1974.

ред. коллегия: акад. В. Н. Сергеева (отв.