

ПРОВЕДЕНИЕ ИСПЫТАНИЙ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ОБРАЗЦОВ НАНОФИБРИЛЛЯРНОЙ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ В ПРОИЗВОДСТВЕ ЛЕГКОМЕЛОВАННОЙ БУМАГИ

Е.Т. Тюрин¹, А.А. Зуйков¹, А.И. Бондарев¹,
Е.П. Гульянц¹, Л.А. Фадеева¹, С.А. Константинова²,
А.А. Новиков², Б.М. Аникушин², В.А. Винокуров²

¹ОАО Центральный научно-исследовательский институт бумаги, Россия, 141260, Московская область, Пушкинский р-н, пос. Правдинский, ул. Ленина, д. 15/1

²ФГАОУ ВО Российский государственный университет нефти и газа (национальный исследовательский университет) имени И.М. Губкина, Россия, 119991, Москва, Ленинский пр-т, д. 65

zuykov_a@mail.ru

Рассмотрено влияние образцов нанофибриллярной целлюлозы на водоудержание покровных композиций. Показано, что гели нанофибриллярной целлюлозы и покровные композиции на их основе отличаются высокой водоудерживающей способностью при центрифугировании (50,8 % и 31,0 % против 17,7 % с NaКМЦ). Выполнена предварительная оценка печатно-технических свойств тонкой мелованной бумаги (LWC) с использованием в композиции покрытия нанофибриллярной целлюлозы. Установлены технические характеристики нанофибриллярной целлюлозы, разработаны рецептуры покрытий легкомелованной бумаги для высокоскоростного современного оборудования.

Ключевые слова: нанофибриллярная целлюлоза, легкомелованная бумага, водоудержание, упругий модуль, вязкость, реология, покровные композиции

Ссылка для цитирования: Тюрин Е.Т., Зуйков А.А., Бондарев А.И., Гульянц Е.П., Фадеева Л.А., Константинова С.А., Новиков А.А., Аникушин Б.М., Винокуров В.А. Проведение испытаний экспериментальных образцов нанофибриллярной целлюлозы в производстве легкомелованной бумаги // Лесной вестник / Forestry Bulletin, 2021. Т. 25. № 2. С. 90–98. DOI: 10.18698/2542-1468-2021-2-90-98

Производители тонкой мелованной бумаги (LWC) в связи с интенсификацией производственных процессов наблюдают затруднения в бесперебойной работе агрегатов и в обеспечении высокого качества покрытий. Традиционные технологии регулирования основных параметров составов, таких как водоудержание, вязкость и упругий модуль, оказались неэффективными при высоких скоростях нанесения (1000...2000 м/мин). Основная причина заключается в недостаточной водоудерживающей способности растворов полимеров при оптимальных дозировках, а повышение их приводит к увеличению вязкости меловального состава и упругого модуля с одновременным ухудшением микропрофиля покрытия бумаги. Решить эту сложную задачу позволяет использование в качестве водоудерживающей и реологической добавки гелей нанофибриллярной целлюлозы (НФЦ), содержащих твердые микроскопические частицы с развитой гидрофильной поверхностью.

Повышение требований к производительности, эффективности технологических процессов, качеству бумаги и картона обусловили необходимость создания большого количества продуктивных вспомогательных реагентов. Наряду с этим остро стоит необходимость сокращения издержек производства для обеспечения конкурентной способности продукции. Применение

НФЦ в производстве и облагораживании бумаги и картона дает возможность не только повысить их качество, но и добиться преимуществ по рентабельности в результате снижения стоимости сырья и уменьшения затрат на энергию при сушке. Наноцеллюлоза в виде геля при меловании бумаги и картона проявляет себя как органический пигмент с низкой объемной массой и в то же время как водоудерживающий гидроколлоид [1] типа крахмала, NaКМЦ, поливинилового спирта. Нанофибриллярная целлюлоза была разработана в целях облагораживания бумаги при меловании и картона, и ее свойства приведены в соответствие с имеющимися технологическими требованиями [2]. Это — продукт под маркой ARBOCEL NANO MF 40, получаемый из древесной целлюлозы [1].

Образцы гелей НФЦ с концентрацией 2 и 10 % получены в РГУ нефти и газа (НИУ) им. И.М. Губкина. По функциональному (химическому) составу они полностью идентичны микрокристаллической целлюлозе. Анализ распределения размера частиц НФЦ выполнен в ОАО «ЦНИИБ» с применением лазерного дифракционного анализатора. Диапазон измерения размера частиц составляет от 0,08 до 2000,0 мкм. Кривые распределения длин волокон НФЦ образцов № 1 и № 2 имеют различный характер. В образце № 1 выявлено большое количество коротких волокон при наличии длинных волокон.

Образец № 2 более однородного состава, но средний размер волокон крупнее. Особенности структуры НФЦ исследовали по микроскопическим снимкам высушенных образцов. При этом в образце № 1 отмечено большое количество наночастиц. В обоих образцах наряду с наноразмерными волокнами шириной менее 0,1 мкм наблюдается значительное количество волокон от одного до десятков микрометров.

Цель работы

Цель работы — проведение экспериментальных исследований образцов НФЦ в качестве водоудерживающего и реологического компонента в меловальных составах высокой концентрации при производстве легкомелованной бумаги.

Материалы и методы решения задачи

Для проведения исследований РГУ нефти и газа (НИУ) им. И.М. Губкина получены два образца наночеллюлозы. Характеристики образцов НФЦ, кривые распределения длин волокон образцов № 1 и № 2, анализ полученных данных по распределению длин волокон образцов НФЦ подробно рассмотрены в работе [3] (табл. 1, 2).

Из представленных данных видно, что образец № 2 имеет более однородный состав по длине волокон, чем образец № 1. В образце № 1 наблюдается большее количество коротких волокон, но имеются и длинные. Это указывает на то, что образец № 1 был подготовлен, скорее всего, по иной технологии, чем образец № 2.

Микроскопические исследования высушенных образцов НФЦ с использованием микроскопа Phenom Pro 2 показали, что в обоих образцах при увеличении в 5000 раз (рисунок) наряду с наноразмерными волокнами шириной менее 0,1 мкм имеется значительное количество волокон шириной от 1 мкм до нескольких десятков микрометров.

Для описания строения наночеллюлозы не подходят устоявшиеся понятия, поэтому в литературе для описания НФЦ используются различные термины, включая микрофибриллы [4–7], агрегаты микрофибрилл [8, 9], микрофибриллярная целлюлоза [10], наночастицы [11] и НФЦ [12]. В реальных процессах получения НФЦ при кислотном гидролизе и диспергировании образуются палочкообразные кристаллиты с диаметром 2,0...20,0 нм в широком диапазоне длин — от 100,0 до 600,0 нм и более 1,0 мкм [13]. Вследствие почти совершенной кристаллической структуры усы целлюлозы отличаются высоким модулем и упрочняющим эффектом [14], что позволяет успешно применять их в наноконструкциях [15].

Т а б л и ц а 1

Содержание фракций волокон НФЦ по длине для образцов № 1 и № 2 по трем параллельным пробам

Content of NFC fiber fractions by length for samples No. 1 and No. 2 according to three parallel samples

Содержание фракций, %	Длина волокон, мкм	
	Образец № 1	Образец № 2
5	<3,9	<6,4
10	<6,3	<10,1
25	<11,3	<19,5
50	<22,9	<39,2
75	<69,2	<68,1
90	<124,1	<102,4
95	<196,1	<127,8
99	<268,1	<183,8

Т а б л и ц а 2

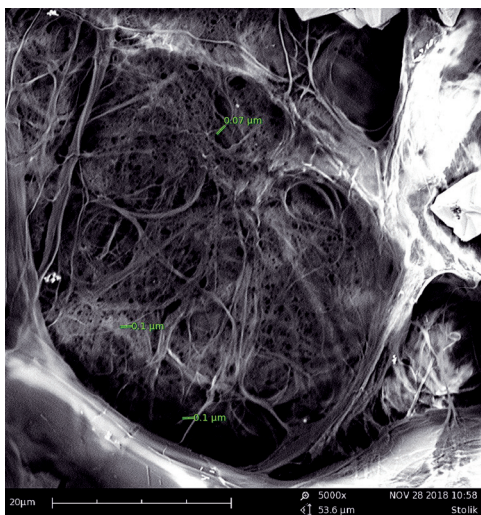
Зависимость длины волокон НФЦ от содержания фракций волокон для образцов № 1 и № 2

Dependence of the length of the NFC fibers on the content of fiber fractions for samples No. 1 and No. 2

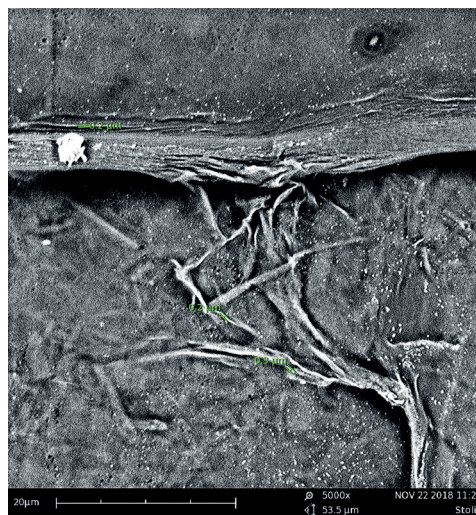
Длина волокон, мкм	Содержание, % (объемный)	
	Образец № 1	Образец № 2
<1	0,6	0,2
<1,1	0,7	0,3
<1,2	0,8	0,3
<1,3	1,0	0,4
<10	21,0	9,7
<11	24,1	11,2
<25	52,5	32,5
<27,5	55,0	35,7
<50	67,4	60,5
<100	85,1	88,6
<315	99,6	100,0
<500	100,0	100,0

Полученные данные представляют интерес для оценки динамического водоудержания НФЦ и меловальных составов на их основе.

Для приготовления меловальных композиций используют лабораторную мешалку, имеющую регулируемую скорость перемешивания. В мешалку вводят дистиллированную воду, диспергатор, пигмент в расчетных количествах и антипенователь. В течение 30 мин проводится диспергирование. Затем в композицию вводятся связующие вещества в виде дисперсий (латексы) и в растворенном виде (крахмал, карбоксиметилцеллюлоза (КМЦ)) и гели НФЦ. Вспомогательные вещества вводятся в товарном виде. Концентрация сухих веществ во всех экспериментах составляет не менее 55,0 %.



а



б

Высушенные на воздухе пленки гидрогелей образца НФЦ № 1 (а), № 2 (б), ув. 5000×
Air-dried films of hydrogels of the sample NFC No. 1 (a), No. 2 (b), magnified 5000 ×

Готовую меловальную композицию фильтруют через сито 200 меш. (меш. — внесистемная единица измерения для проволочных и синтетических сеток, сит; равна количеству пущенных проволок на 1 линейный дюйм — 25,4 мм). Контролируют содержание сухих веществ композиции, рН, степень водоудержания, реологические и вязкоупругие свойства.

Определение водоудерживающей способности выполняется центрифугированием в течение 20 мин при 5000 об./мин. Как величина водоудержания принимается количество неотделившейся от меловальной композиции воды при центрифугировании. Рассчитывается водоудержание в процентах от первоначального количества воды в композиции.

Определение реологических свойств проводится на ротационном вискозиметре. Измеренный вискозиметром крутящий момент пересчитывается с учетом скорости и геометрии ротора и в результате выдается величина вязкости в мПа·с.

Рабочий диапазон:

вязкость от 3 мПа·с до 13 МПа·с;
скорость, об/мин (19 скоростей) 0,3...200.

Готовые составы наносятся на бумагу-основу массой 40 г/м² на лабораторной установке ракеля Майера. Образцы с нанесенной меловальной композицией помещаются в сушильный шкаф при температуре 90...120 °С. Масса наносимого покрытия после высушивания составляет 7...10 г/м² на одну сторону.

В ролевом виде образцы легкокомелованной бумаги получают на экспериментальном стенде ОАО «ЦНИИБ», который включает в себя следующие основные узлы:

- 1) модуль размотки;
- 2) узел пересклейки полотна, в который входит

монтажный стол для склейки полотна при смене рулона;

3) ротационно-графаретный узел нанесения на бумажное полотно покровной композиции, снабженный двумя ИК-сушилками мощностью по 9,9 кВт и одной конвективной сушилкой мощностью 4 кВт;

4) центральный модуль управления с блоком управления регулировкой скорости (от 2 до 154 м/мин);

5) узел привода и блок питания мощностью 7,46 кВт;

6) модуль намотки рулона легкокомелованной бумаги диаметром до 762 мм на гильзу с внутренним диаметром 76 мм мощностью 1,5 кВт.

После высушивания и кондиционирования образцы подвергаются отделке на горизонтальном каландре (для листовых образцов) или суперкаландре (для ролевых образцов).

Бумага легкокомелованная производится в ролевом виде и запечатывается на ротационных многокрасочных печатных машинах. Для оценки свойств бумаги используются показатели, имеющие первостепенное значение для потребительских характеристик. Ими являются прочность поверхности и красковосприятие. Наряду с этим бумага испытывается по всем остальным нормируемым показателям по гостированным методикам.

Необходимые для исследования материалы, приборы, установки и их характеристика приведены в табл. 3, 4.

В целях соответствия технологическим требованиям современного оборудования меловальные составы должны обладать устойчивостью в процессе деформации при нанесении и разравнивании покрытий. Высокие скорости (1000...2000 м/мин)

Т а б л и ц а 3

Характеристика материалов, используемых для исследования**Characteristics of materials used for research**

Наименование	Качественные показатели
Каолин фракционированный обогащенный «КПФ-90» для производства бумаги и картона ТУ У 21.133–97	Белизна (коэффициент отражения) не менее 90 %. Содержание частиц с диаметром эквивалентной сферы менее 2 мкм — не менее 92 %. Массовая доля влаги не более 15,0 %
Мел природный фракционированный марки М-90 ТУ 5743-010-00186803–95	Белизна (ТАРПИ R = 457 нм) не менее 86 %. Массовая доля влаги, не более 0,2 %. Остаток на сите 0,045...0,01
Диспергатор «Ларусс 11» ТУ 2232-001-55085288–2005	Массовая доля нелетучих веществ 48,0...52,0%; рН не менее 7,0. Условная вязкость по ВЗ-246 не менее 10 с.
Модифицированный низковязкий крахмал для мелования	Свойства продукта: внешний вид: белый порошок; содержание влаги 190 мг/г; насыпная плотность 0,7 кг/л
Акриловая эмульсия «Рузин – 18Б» ТУ 2241-018-57845504–2015	Массовая доля нелетучих веществ не менее 30,0 %; рН 5,0...8,0. Вязкость по Брукфильду (100 об/мин), 700...1500 сП
Антивспениватель ВУС-037	Нелетучие вещества: 54 %
Натриевая соль карбоксиметилцеллюлозы (NaКМЦ) Finfix	Вязкость 1% раствора 4500...20000 мПа·с
Оптический отбеливатель «Белофор КБ-жидкий» ТУ 2463-387-05800142–2012	Плотность 1,05...1,2, г/м ³ ; рН 8,0...11,0. Динамическая вязкость не более 50 мПа·с
Пластификатор стеарат кальция «РОМАД-11» ТУ 2432-003-30498538–2015	Массовая доля нелетучих веществ 49,0...51,0 %; рН 11,0...13,0

Т а б л и ц а 4

Приборы и установки, используемые для исследования**Devices and devices used for research**

Наименование, тип и марка	Основная характеристика
Устройство пробопечатное IGT	Скорость запечатки 20...500 см/с, интервал между запечатками 0,014...6 с
Денситометр оптический, работающий в отраженном свете	Диапазон измерения оптической плотности 0,0...2,5
Весы лабораторные	Погрешность взвешивания не более 0,0001 г
Секундомер механический однострелочный	Емкость секундной шкалы 60 с. Емкость шкалы счетчика минут 60 мин
Весы ВЭУ-15-5	Наибольший предел взвешивания 15 кг. Погрешность взвешивания ± 10 г
Набор пронумерованных восковых брусков	Площадь поперечного сечения 18×18 мм
Плитка электрическая	Напряжение 220 В, мощность 2 кВт
Цилиндр мерный 1-1000-1	Объем 1000 мл, класс точности 1
Вискозиметр ротационный НААКЕ	Число оборотов 0,3...200 об./мин, рабочий диапазон вязкости 3...2 000 000 мПа·с.
Центрифуга	Напряжение 220 В, мощность 660 Вт, максимальное число оборотов 6500 об./мин
ИК-сушка	Две лампы мощностью 500 Вт, напряжение 220 В
Горизонтальный каландр	Трехвальный (один набивной, два стальных с подогревом), ширина 300 мм, скорость 50 м/мин, температура до 95 °С
Мешалка	Мощность 50 Вт, два диапазона скорости перемешивания (60...500 об./мин, и 240...2000 об./мин)
Суперкаландр	Пятивальный (два набивных, два металлических обогреваемых паром), скорость 60 м/мин, температура до 60...80 °С, ширина 400 мм, давление каландрирования 25 кг/см ²
Микроскоп Phenom Pro 2 (Нидерланды)	Диапазон увеличения от 80× до 45 000×, вставка для изучения поперечного сечения, размер образца 15×25 мм, максимальная толщина 10 мм

меловальных установок обуславливают требования повышения содержания твердых веществ в пастах и температуры в сушильных агрегатах.

В этих условиях разработка оптимальных рецептур представляет собой сложную задачу. Так, пригодные связующие и загустители, такие как

модифицированный крахмал и NaКМЦ, при повышении скорости сдвига и температуры не обеспечивают достаточного водоудержания, оптимальных реологических и вязкоупругих свойств, что приводит к серьезной проблеме бесперебойной работы агрегатов.

Традиционные связующие или загустители повышают водоудержание меловального состава за счет повышения вязкости жидкой фазы и ассоциативного взаимодействия между макромолекулами загустителя и поверхностью пигмента. Это замедляет удаление воды из меловального состава. Водоудержания, достигаемого за счет повышения вязкости жидкой фазы, особенно при использовании пигментов на основе карбоната кальция, явно недостаточно. Повышение концентрации загустителя хотя несколько и увеличивает водоудержание, но одновременно повышает и вязкость меловальных составов при высоких скоростях сдвига. В связи с этим повышение водоудержания необходимо за счет механизмов, выходящих за рамки простого загущения жидкой фазы составов. И только с использованием НФЦ в процессе формирования покрытия появилась возможность достичь оптимальных показателей водоудержания, реологии и вязкоупругости (упругий модуль) при высоком содержании твердого вещества в меловальном составе [16]. Одновременно за счет присутствующих водонерастворимых частиц НФЦ образуется барьерный слой и происходит быстрая фиксация меловального состава на поверхности бумаги-основы, что препятствует излишнему проникновению меловального состава в ее пористую структуру. При этом повышается качество покрытия, а также экономится сырье и энергия. Поэтому изучение влияния представленных образцов НФЦ на водоудержание и реологические характеристики покровных композиций составляют первоочередную задачу.

Покровные составы представляют собой однородную смесь, состоящую из двух фаз — твердой (пигменты) и жидкой (вода и растворы полимеров). Способность составов не расслаиваться под действием напряжений сдвига, возникающих в зазоре между бумагой-основой и наносящим устройством, является важнейшей характеристикой, определяющей качество готового покрытия. Применительно к современному оборудованию водоудержание можно охарактеризовать расслоением композиции при центрифугировании состава. В общем случае водоудержание меловальных композиций определяется несколькими факторами: концентрацией, температурой, удельной поверхностью пигментов и их химической природой, количеством и природой связующих веществ (табл. 5).

Т а б л и ц а 5

**Водоудержание меловальных композиций
(композиция в весовых частях — в. ч.)**

**Water retention of coating compositions
(composition in parts by weight — w. h.)**

Композиции	Содержание сухих веществ, %	Водоудержание, %
Образец № 1	10,0	84,0
Образец № 2	2,0	27,2
Меловальная паста с 1,25 в. ч. NaКМЦ	57,0	17,7
Меловальная паста с 1,25 в. ч. НФЦ (образец № 1)	57,0	50,8
Меловальная паста с 0,42 в. ч. НФЦ (образец № 2*)	57,0	31,5

Примечание. * — использование образца НФЦ № 2 (концентрация 2 %) в количестве не более 0,4 в. ч. меловальных паст связано с необходимостью получения меловального состава требуемой высокой концентрации.

Данные, приведенные в табл. 5, позволяют оценить степень связывания жидкости поверхностью твердой фазы в условиях сильного гравитационного воздействия (центрифугирования). Образец № 1 обладает высокой водоудерживающей способностью (84,0 %), что указывает на большую удельную поверхность и гидрофильность изучаемого продукта и обусловлено, вероятно, наличием в препарате большого количества мелких волокон с развитой поверхностью.

Образец № 2 уступает по показателю водоудержания образцу НФЦ № 1, что объясняется меньшим содержанием мелкого волокна, которое ответственно за указанный показатель.

Водоудержание меловальных паст с введением образца № 1 в количестве 1,25 в. ч. обеспечивает водоудержание меловальных паст выше 50 %, что превышает показатели традиционных составов в 3 раза.

Водоудержание меловальных паст с введением образца № 2, в количестве (0,4 в. ч.), существенно выше, чем на традиционном водоудерживающем агенте (NaКМЦ).

Таким образом, гели НФЦ обладают высокой водоудерживающей способностью при максимальных динамических нагрузках (центрифугировании), что позволяет разрабатывать рецептуры покрытий для нанесения на современном высокоскоростном оборудовании.

Нанесение покровных композиций в бумажной промышленности на современном оборудовании проводится при высоких скоростях (1000...2000 м/мин). При этом в узлах нанесения и разравнивания влажного покрытия возникают высокие напряжения сдвига. Покровные составы

Печатно-технические свойства мелованной бумаги

Printing and technical properties of coated paper

Вариант	Массовые части		Стойкость поверхности к выщипыванию, м/с	Красковосприятие, количество точек на дюйм	Лоск, %
1	50,0 в. ч. мела	1,25 в. ч. финфика	1,9	1,23	16,0
2	50 в. ч. каолина	1,25 в. ч. образца НФЦ № 1	1,5	1,11	15,0
	9,0 в. ч. Акратама № 2				
3	2,5 в. ч. крахмала	0,42 в. ч. образца НФЦ № 2	1,9	1,14	20,5

Примечание. Нанос — 7...8 г/м².

представляют собой структурированные жидкости с различными характеристиками течения, которое определяется скоростью и временем деформации и наличием вязкоупругости. Реологические характеристики определяют расход энергии на диспергирование пигментов, гомогенизацию, транспортирование и фильтрацию готовых композиций. Вязкость определяет максимальную концентрацию меловальной композиции, а следовательно, производительность оборудования для нанесения и сушки покрытий. Качество покрытия, его гладкость, толщина и прочность связи с волокнистой подложкой зависят, прежде всего, от соответствия реологических характеристик состава конкретным условиям наносающего оборудования. В общем случае необходимо разрабатывать композиции высокой концентрации при минимальной вязкости и упругом модуле в интервале $(0,1 \dots 0,3) \cdot 10^4 \text{ Н/м}^2$.

Гель НФЦ проявляет свойства псевдопластичных жидкостей, содержащих анизотропные частицы, ориентирующиеся в процессе деформации вдоль потока с разрушением структуры и уменьшением вязкости. Изучение реологического поведения базовых покровных композиций на основе мела и каолина с использованием в качестве реологической добавки NaКМЦ и геля НФЦ показало, что введение НФЦ обеспечило получение оптимальных характеристик вязкости при 100 об./мин (350...540 мПа·с) и упругого модуля $0,2 \cdot 10^4 \text{ Н/м}^2$.

Большой интерес представляло изучение печатно-технических свойств мелованной бумаги с использованием НФЦ в композиции покрытия. Для этого были получены модельные образцы бумаги с легким покрытием (8 г/м²) (табл. 6).

Покрытия наносились на бумагу-основу Камского ЦБК массой 47 г/м²

Испытания показали, что покровные композиции с введением 0,42 в. ч. образца № 2 обеспечивают прочность поверхности на уровне LWC для многокрасочной печати, повышенный лоск поверхности и хорошее красковосприятие. При этом преимущества образца № 2 по сравнению с образцом № 1 не имеют принципиального зна-

чения и обусловлены реологическими особенностями нанесения покрытий на лабораторном оборудовании. Следует иметь в виду, что окончательные преимущества использования НФЦ в меловальных составах будут оценены в процессе нанесения покрытий на промышленном оборудовании при высоких скоростях.

Выводы

Исследованы возможности использования НФЦ для оптимизации водоудержания и реологических свойств меловальных составов в производстве тонкой мелованной бумаги (LWC) на высокоскоростном оборудовании.

Установлены технические характеристики НФЦ, обеспечивающей регулирование в заданных пределах показателей водоудержания и реологических свойств высококонцентрированных меловальных составов.

Разработаны оптимальные рецептуры покрытий с использованием НФЦ для получения легко-мелованной бумаги для многокрасочной печати.

Список литературы

- [1] Turbak A.F., Snyder F.W., Sandberg K.R. Microfi brillated Cellulose: A New Cellulose Product // J. Appl Polym. Sci Appl Polym. Symp., 1983, v. 37, pp. 815–827.
- [2] Siro I., Plackett D. Characterization of microfibrillated cellulose (MFC) films made of different types of raw material // Trend in Food Science Technology, 2008, v. 18, pp. 84–95.
- [3] Семкина Л.И., Сарана Н.В., Лепешкина Е.В., Товстошуров Е.М., Горячев Н.Л., Тюрин Е.Т., Зуйков А.А., Константинова С.А., Новиков А.А. Применение нанофибриллярной целлюлозы в композиции бумаги для гофрирования // Лесной вестник / Forestry Bulletin, 2020. Т. 24. № 2. С. 119–126. DOI: 10.18698/2542-1468-2020-2-119-126.
- [4] Andresen M., Stenius P. Water-in-oil emulsions stabilized by hydrophobized microfibrillated cellulose // J. Dispers Science Technologi, 2007, v. 28, pp. 837–844. DOI:10.1080/01932690701341827
- [5] Andersen M., Stenstad P., Moretro T., Langsrud S., Syverud K. Nonleaching antimicrobial films prepared from surface modified microfibrillated cellulose // Biomacromolecules, 2007, v. 8, pp. 2149–2155.
- [6] Cyng Q., Wang S.Q. Physical and mechanical properties of polyvinyl alcohol and polypropilen composite mantrial // Cellulose, 2007, v. 14, pp. 2509–2518.

- [7] Aulin C., Varga I., Claesson P.M., Wagberg L. Buildup of polyelectrolyte multilayers of polyethyleneimine and microfibrillated cellulose studied by in situ // *Langmuir*, 2008, v. 24, pp. 2509–2518.
- [8] Henriksson M., Virtanen T., Maunu S.I. An environmentally friendly method for enzyme-assisted preparation evaluated by C-13 CP-MAS NMR spectroscopy // *Carbohydr Polym.*, 2008, v. 73, pp. 156–163.
- [9] Iwamoto S., Nakagaito N.A. Nano-fibrillation of pulp fibers for the processing of nanocomposites // *Applied Physics. Material of science processing*, 2007, v. 89, p. 461.
- [10] Stenstad P., Andersen M. Patterning of surfaces modification cellulose // *Cellulose*, 2008, v. 15, pp. 35–45.
- [11] Ahola S., Salmi J., Johansson L.S. Model films from native cellulose nanofibril // *Biomacromolecules*, 2008, v. 9, pp. 1273–1282.
- [12] Ahola S. Cellulose nanofibrils adsorption with poly(amidamine) // *Cellulose*, 2008, v. 15, pp. 303–314.
- [13] Hubbe M.A., Rojas O.J., Lucia I.A., Sain M. Cellulosic nanocomposites: a review // *Bioresources*, 2008, v. 3, p. 929.
- [14] Eichhorn S.J., Baillie C.A., Zafeiropoulos N., Mwaikambo L.Y., Ansell M.P., Dufresne A., Entwistle K.M., Herrera-Franco P.J., Escamilla G.C., Groom L., Hughes M., Hill C., Rials T.G., Wild P.M. Review: current international research into cellulosic fibres and composites // *J. Mater Sci*, 2001, v. 36, pp. 2107–2131.
- [15] Samir MASA, Alloin F., Paillet M., Dufresne A. Review of recent research into cellulosic whisker, their properties and their application in nanocomposite field // *Biomacromolecules*, 2005, v. 6, pp. 612–626.
- [16] Бондарев А.И., Калинин М.Н. Вязкоупругие свойства водных дисперсий пигментов и связующих веществ для мелования бумаги и картона // *Новейшие исследования в области производства волокнистых полуфабрикатов, бумаги и картона: сб. трудов ОАО «ЦНИИ-ИБ». М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2003. С. 89–98.*

Сведения об авторах

Тюрин Евгений Тимофеевич — канд. экон. наук, генеральный директор ОАО «Центральный научно-исследовательский институт бумаги», sniiib@mail.ru

Зуйков Александр Александрович — канд. техн. наук, первый зам. генерального директора по научной работе ОАО «Центральный научно-исследовательский институт бумаги», zuykov_a@mail.ru

Бондарев Анатолий Иванович — канд. техн. наук, зав. лабораторией мелования ОАО «Центральный научно-исследовательский институт бумаги», zuykov_a@mail.ru

Гулянец Елена Петровна — ст. науч. сотр. ОАО «Центральный научно-исследовательский институт бумаги», zuykov_a@mail.ru

Фадеева Лилия Анатольевна — науч. сотр. ОАО «Центральный научно-исследовательский институт бумаги», zuykov_a@mail.ru

Константинова Светлана Алексеевна — канд. биол. наук, науч. сотр. РГУ нефти и газа (НИУ) им. И.М. Губкина, novikov.a@gubkin.ru

Новиков Андрей Александрович — канд. хим. наук, ст. науч. сотр. РГУ нефти и газа (НИУ) им. И.М. Губкина, novikov.a@gubkin.ru

Аникушин Борис Михайлович — аспирант РГУ нефти и газа (НИУ) им. И.М. Губкина, zuykov_a@mail.ru

Винокуров Владимир Арнольдович — д-р хим. наук, зав. кафедрой коллоидной химии, профессор РГУ нефти и газа (НИУ) им. И.М. Губкина, zuykov_a@mail.ru

Поступила в редакцию 30.11.2020.

Принята к публикации 29.01.2021.

TESTING OF EXPERIMENTAL SAMPLES OF NANOFIBRILLAR CELLULOSE IN THE PRODUCTION OF LIGHTWEIGHT COATED PAPER

E.T. Tyurin¹, A.A. Zuikov¹, A.I. Bondarev¹,
L.P. Gulyanz¹, L.A. Fadeeva¹, S.A. Konstantinova²,
A.A. Novikov², B.M. Anikuchin², V.A. Vinokurov²

¹Open stock company (OSC) «Central Paper Research Institute», 15/1, Lenina st., 141260, set. Pravdinski, Pushkinski district, Moscow reg., Russia

²Federal state autonomous higher educational institution «Russian University of Oil and Gas» (National Research University), «Gubkin University», 6, Leninski prospect, 119991, Moscow, Russia

zuykov_a@mail.ru

The influence of nanofibrillar cellulose samples on the coating compositions water retention is considered. It was shown that gels of nanofibrillar cellulose and coating compositions based on them are distinguished by a high water-retention capacity during centrifugation (50.8% and 31.0% versus 17.7% with NaCMC). A preliminary assessment of the printing and technical properties of light weight coated paper (LWC) using nanofibrillar cellulose in the coating composition has been carried out. The technical characteristics of nanofibrillar cellulose have been determined, formulations of lightweight paper coatings have been developed for high-speed modern equipment.

Keywords: nanofibrillated cellulose (NFC), lightweight coated paper (LWC), water retention, modulus of elasticity, viscosity, rheology, coating colors

Suggested citation: Tyurin E.T., Zuikov A.A., Bondarev A.I., Gulyanz L.P., Fadeeva L.A., Konstantinova S.A., Novikov A.A., Anikuchin B.M., Vinokurov V.A. *Provedenie ispytaniy eksperimental'nykh obraztsov nanofibrillyarnoy tsellyulozy v proizvodstve legkomelovannoy bumagi* [Testing of experimental samples of nanofibrillar cellulose in the production of lightweight coated paper]. *Lesnoy vestnik / Forestry Bulletin*, 2021, vol. 25, no. 2, pp. 90–98. DOI: 10.18698/2542-1468-2021-2-90-98

References

- [1] Turbak A.F., Snyder F.W., Sandberg K.R. Microfibrillated Cellulose: A New Cellulose Product. *J. Appl Polym. Sci Appl Polym. Symp.*, 1983, v. 37, pp. 815–827.
- [2] Siro I., Plackett D. Characterization of microfibrillated cellulose (MFC) films made of different types of raw material. *Trend in Food Science Technology*, 2008, v. 18, pp. 84–95.
- [3] Semkina L.I., Sarana N.V., Lepeshkina E.V., Tovstoshkurov E.M., Goraychev N.L., Tyurin E.T., Zuikov A.A., Konstantinova S.A., Novikov A.A. *Primenenie nanofibrillyarnoy tsellyulozy v kompozitsii bumagi dlya gofirovaniya* [Nanofibrillated cellulose in corrugating paper composition]. *Lesnoy vestnik / Forestry Bulletin*, 2020, vol. 24, no. 2, pp. 119–126. DOI: 10.18698/2542-1468-2020-2-119-126.
- [4] Andresen M., Stenius P. Water-in-oil emulsions stabilized by hydrophobized microfibrillated cellulose. *J. Dispers Science Technol.*, 2007, v. 28, pp. 837–844. DOI:10.1080/01932690701341827
- [5] Andersen M., Stenstad P., Moretro T., Langsrud S., Syverud K. Nonleaching antimicrobial films prepared from surface modified microfibrillated cellulose. *Biomacromolecules*, 2007, v. 8, pp. 2149–2155.
- [6] Cytng Q., Wang S.Q. Physical and mechanical properties of polyvinyl alcohol and polypropylene composite material. *Cellulose*, 2007, v. 14, pp. 2509–2518.
- [7] Aulin C., Varga I., Claesson P.M., Wagberg L. Buildup of polyelectrolyte multilayers of polyethyleneimine and microfibrillated cellulose studied by in situ. *Langmuir*, 2008, v. 24, pp. 2509–2518.
- [8] Henriksson M., Virtanen T., Maunu S.I. An environmentally friendly method for enzyme-assisted preparation evaluated by C-13 CP/MAS NMR spectroscopy. *Carbohydr Polym.*, 2008, v. 73, pp. 156–163.
- [9] Iwamoto S., Nakagaito N.A. Nano-fibrillation of pulp fibers for the processing of nanocomposites. *Applied Physics. Material of science processing*, 2007, v. 89, p. 461.
- [10] Stenstad P., Andersen M. Patterning of surfaces modification cellulose. *Cellulose*, 2008, v. 15, pp. 35–45.
- [11] Ahola S., Salmi J., Johansson L.S. Model films from native cellulose nanofibril. *Biomacromolecules*, 2008, v. 9, pp. 1273–1282.
- [12] Ahola S. Cellulose nanofibril adsorption with poly(amidamine). *Cellulose*, 2008, v. 15, pp. 303–314.
- [13] Hubbe M.A., Rojas O.J., Lucia I.A., Sain M. Cellulosic nanocomposites: a review. *Bioresources*, 2008, v. 3, p. 929.
- [14] Eichhorn S.J., Baillie C.A., Zafeiropoulos N., Mwaikambo L.Y., Ansell M.P., Dufresne A., Entwistle K.M., Herrera-Franco P.J., Escamilla G.C., Groom L., Hughes M., Hill C., Rials T.G., Wild P.M. Review: current international research into cellulosic fibres and composites. *J. Mater Sci*, 2001, v. 36, pp. 2107–2131.
- [15] Samir MASA, Alloin F., Paillet M., Dufresne A. Review of recent research into cellulosic whisker, their properties and their application in nanocomposite field. *Biomacromolecules*, 2005, v. 6, pp. 612–626.
- [16] Bondarev A.I., Kalinin M.N. *Vyazkouprugie svoystva vodnykh dispersiy pigmentov i svyazuyushchikh veshchestv dlya melovaniya bumagi i kartona* [Viscoelastic properties of aqueous dispersions of pigments and binders for coating paper and paperboard]. *Noveyshie issledovaniya v oblasti proizvodstva voloknistykh polufabrikatov, bumagi i kartona: sb. trudov OAO «TsNIIB»* [The latest research in the production of fibrous semi-finished products, paper and paperboard: collection of books. Proceedings of OJSC TsNIIB]. Moscow: Federal State Institution «Rosinformagroteh», 2003, pp. 89–98.

Authors' information

Tyurin Evgeniy Timofeevich — Cand. Sci. (Economic), General Director of OSC Central Paper Research Institute, cniib@mail.ru

Zuykov Aleksandr Aleksandrovich — Cand. Sci. (Tech.), the First Deputy Director of Science in OSC Central Paper Research Institute, zuykov_a@mail.ru

Bondarev Anatoliy Ivanovich — Cand. Sci. (Tech.), OSC Central Paper Research Institute, zuykov_a@mail.ru

Gul'yants Elena Petrovna — Head Scientific Worker, OSC Central Paper Research Institute, zuykov_a@mail.ru

Fadeeva Liliya Anatol'evna — Scientific Worker, OSC Central Paper Research Institute, zuykov_a@mail.ru

Konstantinova Svetlana Alekseevna — Cand. Sci. (Biological), Scientific Worker, National University of Oil and Gas «Gubkin University» (Gubkin University), novikov.a@gubkin.ru

Novikov Andrey Aleksandrovich — Cand. Sci. (Chemical), Head Scientific Worker, National University of Oil and Gas «Gubkin University» (Gubkin University), novikov.a@gubkin.ru

Anikushin Boris Mikhaylovich — Pg., National University of Oil and Gas «Gubkin University» (Gubkin University), zuykov_a@mail.ru

Vinokurov Vladimir Arnol'dovich — Dr. Sci. (Chemical), Head Department of Colloid Chemistry, Professor National University of Oil and Gas «Gubkin University» (Gubkin University), zuykov_a@mail.ru

Received 30.11.2020.

Accepted for publication 29.01.2021.