

DOI: 10.32864/polymmattech-2018-4-4-78-84

УДК 676.16:677.494.745.32

## ПОВЫШЕНИЕ ПРОЧНОСТИ ТЕХНИЧЕСКИХ ВИДОВ БУМАГИ ЗА СЧЕТ УЛУЧШЕНИЯ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ИСПОЛЬЗУЕМОЙ СУЛЬФАТНОЙ НЕБЕЛЕННОЙ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ

В. В. КОВАЛЬ, Н. В. ЧЕРНАЯ<sup>+</sup>, Е. П. ШИШАКОВ, П. А. ЧУБИС

Белорусский государственный технологический университет, ул. Свердлова, 13а, 220006, Минск, Беларусь

*Улучшение физико-механических свойств целлюлозы сульфатной небеленой способствует расширению ассортимента технических видов бумаги; отказу от упрочняющих соединений и применяемых для них дозирующих устройств на стадии изготовления бумаги. Цель работы — разработка технологического режима варки целлюлозы сульфатной небеленой в присутствии волокон полиакрилонитрила (ПАН) в белом щелоке.*

*Прочность целлюлозы, полученной с использованием сульфатной варки в присутствии ПАН, можно улучшить, снижая деструкцию ее волокон, что позволит максимально сохранить их первоначальную прочность. Предварительные исследования показали, что перспективным является введение в бумажную массу ПАН, который изготавливается в виде волокон длиной 12–18 мм. Однако в технологии сульфатной варки древесины возможно применение отходов производства волокон ПАН (длина волокон 3–6 мм), что исключает стадию укорочения традиционно применяемых волокон (длина 12–18 мм).*

*В процессе сульфатных варок хвойной щепы (4 ч) под действием температуры (170 °С), щелочной среды (рН 11) и в присутствии волокон ПАН протекает реакция гидролиза ПАН. При этом нитрильные группы ПАН превращаются в амидные, а затем в карбоксилатные, что способствует защите целлюлозных волокон от нежелательной частичной деструкции. Благодаря этому, по сравнению с сульфатной небеленой целлюлозой, полученной по существующей технологии (без волокон ПАН), улучшаются физико-механические свойства целлюлозы, о чем свидетельствует повышение разрушающего усилия в сухом состоянии на 14,34% (от 93,8 до 109,5 Н), разрывной длины на 15,11% (от 8480 до 9990 м) и сопротивления излому на 46,15% (от 7 до 13 числа двойных перегибов).*

**Ключевые слова:** сульфатная варка, белый щелок, полиакрилонитрил, деструкция, целлюлозные волокна, бумага, прочность.

## INCREASING THE STRENGTH OF TECHNICAL TYPES OF PAPER DUE TO THE IMPROVEMENT OF PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES USED UNBLEACHED SULPHATE CELLULOSE

V. V. KOVAL, N. V. CHERNAYA<sup>+</sup>, E. P. SHISHAKOV, P. A. CHUBIS

The Belarusian state technological university, Sverdlov St., 13a, 220006, Minsk, Belarus

*Improvement of physical and mechanical properties of unbleached sulfate cellulose promotes expansion of the range of technical types of paper; refusal of strengthening connections and the dosing devices applied to them at a stage of production of paper. The aim of the work is to develop the technological mode of cooking unbleached sulfate cellulose in the presence of polyacrylonitrile fibers (PAN) in white liquor.*

*The strength of cellulose obtained using sulfate cooking in the presence of PAN can be improved by reducing the destruction of its fibers, which will preserve their original strength. Preliminary studies have*

<sup>+</sup> Автор, с которым следует вести переписку. E-mail: eshishakov@mail.ru

*shown that promising is the introduction into the paper mass of PAN, which is made in the form of fibers with a length of 12–18 mm. However, in the technology of sulfate wood cooking it is possible to use waste production of pan fibers (fiber length 3–6 mm), which excludes the stage of shortening of traditionally used fibers (length 12–18 mm).*

*In the process of sulfate brews of coniferous chips (4 h) under the influence of temperature (170 °C), alkaline medium (pH 11) and in the presence of PAN fibers, the reaction of hydrolysis of PAN occurs. In this case, the nitrile groups of PAN are converted into amide, and then into carboxylate, which helps to protect the cellulose fibers from unwanted partial destruction. Due to this, compared with the sulfate unbleached cellulose obtained by the existing technology (without PAN fibers), the physical and mechanical properties of cellulose are improved, as evidenced by an increase in the destructive force in the dry state by 14,34% (from 93,8 to 109,5 N), the breaking length by 15,11% (from 8480 to 9990 m) and the fracture resistance by 46,15% (from 7 to 13 p.d.p.).*

**Keywords:** sulfate cooking, white liquor, polyacrylonitrile, destruction, cellulose fibers, paper, strength.

## Введение

Современные тенденции развития целлюлозно-бумажной промышленности характеризуются необходимостью улучшения качества технических видов бумаги за счет применения высококачественных видов целлюлозы. Одним из перспективных способов получения таких видов целлюлозы является полное или частичное предотвращение процесса нежелательной деструкции целлюлозных волокон.

Перерабатываемые виды первичных волокнистых полуфабрикатов, к числу которых относятся небеленые виды хвойной целлюлозы марок НС-1, НС-2, НС-3 и др., получают щелочными способами. Щелочные варки древесины (натронная и сульфатная) являются основными в мировом производстве целлюлозы [1]. Варочные растворы (белые щелока), применяемые в процессе получения целлюлозы и отличающиеся компонентным составом, как правило, представляют собой едкий натр (натронная варка) или смесь едкого натра и сульфида натрия (сульфатная варка).

Следует отметить, что глубокая химическая переработка щепы из древесины сосны сопровождается нежелательной частичной деструкцией целлюлозных волокон и, следовательно, снижением их первоначальной прочности. Перспективным соединением в щелочной варке является антрахинон [2, 3], благодаря его умеренному расходу (0,2–0,5% от массы абсолютно сухой древесины (а. с. д.)) и увеличению выхода целлюлозы на 1–5%. Однако использование этого соединения вызывает уменьшение прочности сульфатной небеленой целлюлозы: сопротивление раздиранию снижается на 8–10%, разрывная длина на 5–7%, сопротивление излому на 7–10%. Многочисленные научные публикации [4–9] свидетельствуют о том, что для улучшения физико-механических свойств целлюлозы сульфатной небеленой можно дополнительно использовать боргидрид натрия [4], гидразин [5], оксим ацетона [6], серу [7], моноэтаноламин и этилендиамин [8], поверхностно-активные вещества [9] и другие соединения.

Нерешенной научной проблемой является проблема, связанная с повышением избирательности

химического воздействия реакционноспособных катионов и анионов варочного раствора на компоненты древесины (и, в особенности, на целлюлозные волокна) и, следовательно, обеспечением «защиты» волокон от их деструкции.

Авторами впервые предпринята попытка улучшения физико-механических свойств сульфатной небеленой целлюлозы на стадии ее изготовления (то есть на стадии щелочной варки) с последующим получением из нее высококачественных видов бумаги. Известно, что для улучшения прочностных свойств бумаги традиционно добавляют в бумажные массы волокна ПАН (полиакрилонитрила с длиной волокон 12–18 мм). Авторы предлагают проводить щелочную варку целлюлозы в присутствии отходов от производства волокон ПАН (длина 3–6 мм). Применение укороченных волокон (длина 3–6 мм вместо 12–18 мм) позволяет исключить стадию их укорочения, для чего применяется специальное дорогостоящее оборудование.

**Цель работы** — разработка технологического режима варки целлюлозы сульфатной небеленой в присутствии волокон ПАН в белом щелоке. Улучшение ее физико-механических свойств обеспечивается за счет защиты целлюлозных волокон во время варки от нежелательной частичной деструкции.

Для достижения поставленной цели сформулированы следующие задачи:

- получение лабораторных образцов целлюлозы сульфатной небеленой (при дополнительном добавлении к белому щелоку волокон ПАН) и определение их бумагообразующих свойств;
- изготовление и испытание образцов бумаги, полученных из целлюлозы по существующей (без ПАН) и разработанной (с использованием волокон ПАН) технологиям [10];
- разработка технологического режима получения целлюлозы сульфатной небеленой с улучшенными физико-механическими свойствами на основе добавления к белому щелоку волокон ПАН.

## Материалы и методы исследования

В качестве объектов исследования использовали образцы целлюлозы сульфатной небеленой, полу-

ченные с дополнительным введением в состав белого щелока различного количества ПАН, и изготовленные из них образцы бумаги.

Предмет исследования — процесс сульфатной варки древесины сосны в присутствии ПАН и технологический режим получения из целлюлозы образцов бумаги с последующим расширением области ее использования.

Для осуществления поставленной цели и задач использовали следующие материалы:

- едкий натр (NaOH) по ГОСТ 2263;
- сульфид натрия (Na<sub>2</sub>S) по ГОСТ 596;
- хвойную щепу по ГОСТ 15815;
- отходы от производства волокон ПАН, полученных по ТУ ВУ 300041455.015.

Исследования проводили в три этапа.

На первом этапе методом оптической микроскопии (микроскоп «Optika») («Optika SRL», Италия) изучили поведение волокон ПАН, добавляемого к белому щелоку, с последующей термической обработкой полученной смеси в диапазоне температур 60–180 °С.

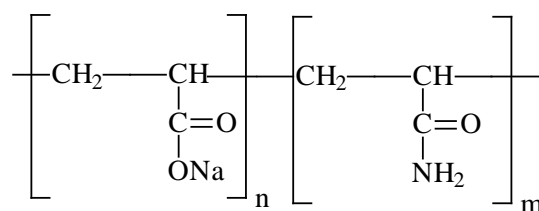
На втором этапе проводили сульфатные варки. В присутствии волокон ПАН (300 г) варку щепы проводили в лабораторном автоклаве объемом 5 дм<sup>3</sup> периодическим способом при следующих условиях: гидромодуль варки — 5,3 см<sup>3</sup>/г, объем белого щелока — 1000 см<sup>3</sup>, содержание общей щелочи (едкого натра NaOH) — 145 г/дм<sup>3</sup>, содержание сульфида натрия, Na<sub>2</sub>S — 19 г/дм<sup>3</sup>. Общее время варки составляло 4 ч: 1 ч нагрев от 20 до 170 °С, термостатирование при 170 °С — 2,5 ч и сдувка (удаление газовой смеси) — 0,5 ч. Количество волокон ПАН, добавляемого к белому щелоку, варьировали от 0,05 до 0,20% от абсолютно сухой древесины (а. с. д.). По окончании процесса варки отделяли концентрированный черный щелок от полученной сульфатной целлюлозы, свойства которой определяли по стандартным методикам в соответствии с ISO 1924-1-96, ГОСТ 11208. Основные свойства черного щелока (плотность, общая щелочность, содержание сухих веществ, активная щелочь и содержание сульфида натрия) определяли по общепринятым методикам [7].

На третьем этапе работы в лабораторных условиях из полученной целлюлозы подготовили волокнистые суспензии по стандартным методикам в соответствии с ГОСТ 14363.4. Для этого провели диспергирование навески целлюлозы (21 г) в дезинтеграторе марки БМ-3 в присутствии 1500 см<sup>3</sup> воды в течение 8 мин, а затем волокна фибриллировали за счет их размола на мельнице «PFI» («HZAT», Китай) при концентрации 0,75 мас.% до достижения степени помола волокнистой суспензии 60 °ШР. Степень помола контролировали на аппарате Шопера-Риглера «СР-2» («РКПО», РФ) (ISO 5267-1, ГОСТ 14363.4), а средневзвешенную длину волокон определяли по стандартной методике на аппарате Иванова [5]. Из подготовленной массы на листовом аппарате «Rapid-Ketten» («Ernst Naage», Германия) изготавливали образцы бумаги массо-

емкостью  $75 \pm 2$  г/м<sup>2</sup> в соответствии с требованиями стандарта ISO 5269-2. Перед испытанием полученные образцы бумаги подвергали кондиционированию в климатической камере в течение 24 ч при температуре  $20 \pm 2$  °С и относительной влажности воздуха  $65 \pm 5\%$ . Прочность полученных образцов бумаги (разрывную длину) определяли на горизонтальной разрывной машине SE 062/064 («Lorentzen&Wettre», Швеция) (ISO 1924-1-96), сопротивление раздиранию на приборе Эльмендорфа («Labthink», Китай) (ГОСТ 11208), сжимаемость на аппарате Бендтсена SE 114 «L&W Bendtsentester» («Lorentzen&Wettre», Швеция) (ISO 8791-2, ГОСТ 30022.2) и белизну на фотометре белизны и цветности «Колир» («Спектро Лаб», Украина) (ISO 2470, ГОСТ 30113) и сопротивление излому на приборе МТ 199 («Метротекс», РФ) (ISO 5626-78, ГОСТ 13525.2).

## Результаты и их обсуждение

На первом этапе научный и практический интерес представляет информация о поведении ПАН, добавляемого к белому щелоку, с последующей термической обработкой (60–180 °С) полученной дисперсной системы. Присутствующий в белом щелоке едкий натр NaOH, согласно общепринятым теоретическим представлениям, способствует гидролизу ПАН. О химическом взаимодействии положительно заряженных катионов натрия и ПАН свидетельствуют данные, приведенные в литературе [11]; при этом нитрильные группы полимера превращаются сначала в амидные, а затем в карбоксилатные. Образовавшийся продукт имеет структуру



После добавления ПАН к белому щелоку образуется дисперсная система «белый щелок–ПАН». При помощи оптического микроскопа «Optika» («Optika SRL», Италия) и программного обеспечения Optika Vision Pro 4.1 получили микрофотографии (рис. 1) исходных полиакрилонитрильных волокон (а) и дисперсной системы, термообработанной при 160 °С (б).

На втором этапе установлено, что исходный ПАН (длина волокон 3–6 мм) представляет собой волокна (рис. 1, а) имеющие преимущественно цилиндрическую форму, их диаметр составляет 14–18 мкм.

Волокна ПАН после обработки белым щелоком при  $T = 160$  °С в течение 60 мин частично разрушаются, а через 120 мин превращаются в частицы сферической формы (рис. 1, б). Последние способны самопроизвольно агрегироваться с образованием крупнодисперсных агрегатов с поперечным размером около 150 мкм. После промывки сульфатной

целлюлозы от черного щелока, как видно на микрофотографии (рис. 2, *а*), часть (Н) гидролизованного полиакрилонитрила (ГИПАН) в виде волокон диаметром 0,5–2,0 мкм связывается с целлюлозными волокнами, что, вероятно, способствует защите последних от нежелательной деструкции в щелочной среде, а оставшиеся частицы ГИПАН (Б) равномерно распределяются в дисперсионной среде, т. е. в межволоконном пространстве.

В процессе размола полученной целлюлозы сульфатной небеленой происходит фибриллирование волокон с последующим их равномерным распределением в дисперсионной среде (воде) и электростатическим взаимодействием положительно заряженных частиц ГИПАН с отрицательно заряженными активными центрами (ОН-группами) целлюлозных волокон. Об этом свидетельствует полученная микрофотография (рис. 2, *б*) при расходе

ПАН 0,15% от а. с. д. Аналогичные микрофотографии получены при увеличении содержания в белом щелоке ПАН от 0,05% до 0,20% от а. с. д. Аналогичные микрофотографии дисперсных систем получены при увеличении содержания в белом щелоке ПАН от 0,05% до 0,20% от а. с. д. Установлено, что средневзвешенная длина целлюлозных волокон, полученных по разработанной и существующей технологиям, составляет 2,5 мм и 2,2 мм соответственно.

Следовательно, применение волокон ПАН в процессе получения целлюлозы сульфатной небеленой позволяет защитить целлюлозные волокна от нежелательной деструкции, и, следовательно, сохранить их первоначальную длину, что обеспечивает достаточное количество межволоконных связей, способствующих максимальному сохранению первоначальной прочности как волокон, так и изготовленных из них образцов бумаги.

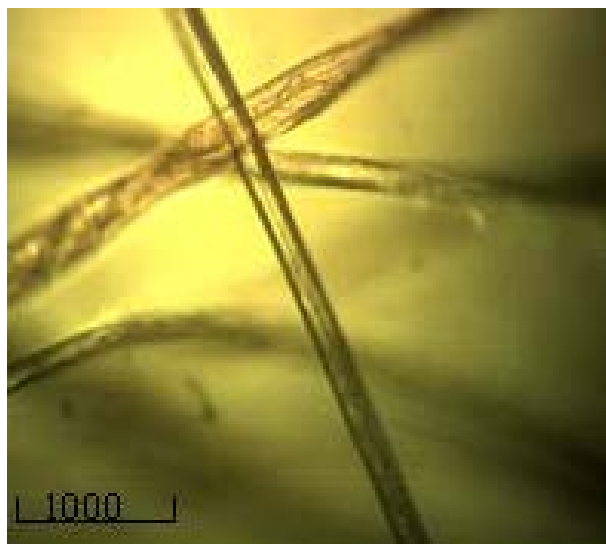
*а**б*

Рисунок 1 — Микрофотографии дисперсной системы «белый щелок–ПАН» (увеличение  $\times 1000$ ): *а* – исходная, *б* – термообработанная (160 °С)  
Fig. 1 — Microphotography (magnification  $\times 1000$ ) of the dispersion system «white liquor–PAN»: *а* – initial, *б* – heat-treated (160 °С)

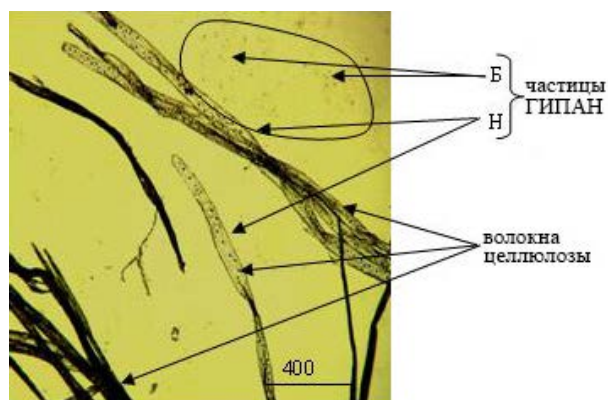
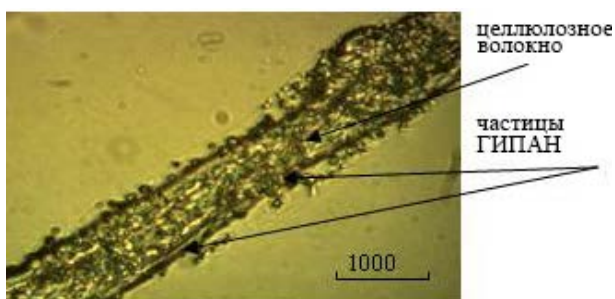
*а**б*

Рисунок 2 — Микрофотографии дисперсных систем «ГИПАН–целлюлоза» после промывки: *а* – волокна целлюлозы и частицы ГИПАН на их поверхности (Н) и в межволоконном пространстве (Б) (увеличение  $\times 400$ ), *б* – целлюлозное волокно, на поверхности которого расположены частицы ГИПАН (увеличение  $\times 1000$ )

Fig. 2 — Microphotographs of dispersed systems of «HYPAN–cellulose» after washing: *а* – cellulose fiber and HYPAN particles on their surface (Н) and in the inter-fiber space (Б) (magnification  $\times 400$ ), *б* – cellulose fiber, on the surface of which the HYPAN particles are located (magnification  $\times 1000$ )

Сравнительный анализ приведенных данных свидетельствует о том, что разрывная длина, характеризующая прочность целлюлозы, достигает 9990 м, в то время как высококачественная целлюлоза марки НС-1 имеет разрывную длину 9100 м. Получено, что дополнительное использование волокон ПАН в процессе получения целлюлозы позволяет повысить степень делигнификации от 21,2 до 26,9 (на 5,7 ед. Каппа при увеличении содержания ПАН в белом щелоке от 0,15% до 0,20% от а. с. д.), а также повысить абсолютное сопротивление раздиру от 630 мН до 1380 мН, что в 1,7 раза выше требования ГОСТ 11208 по данному показателю.

Научный и практический интерес представляют данные о составе черного щелока (рис. 3), образовавшегося в процессе сульфатной варки, проведенной в присутствии ПАН, содержание которого ( $R$ ) увеличивали от 0,05% до 0,20% от а. с. д.

Установлено, что волокна ПАН не оказывают отрицательного влияния на свойства щелоков. Сравнительный анализ полученных данных (рис. 3) свидетельствует о том, что дополнительное использование ПАН в процессе сульфатной варки снижает содержание в черном щелоке сухих веществ от 27,0% до 22,9% (на 4,10%).

На третьем этапе были получены лабораторные образцы целлюлозы сульфатной небеленой при дополнительном добавлении к белому щелоку ПАН (расход составлял 0,15% и 0,20% от а. с. д.) и проведена сравнительная оценка их физико-механических свойств с известными высококачественными видами целлюлозы сульфатной небеленой хвойной (ГОСТ 11208) марок НС-1, НС-2 и НС-3. Данные сравнительного анализа приведены таблице.

Из полученных четырех видов целлюлозы изготовили и испытали образцы бумаги массоемкостью  $75 \pm 2$  г/м<sup>2</sup>, которые отличались содержанием ПАН в белом щелоке (разработанная технология — увеличение от 0,05% до 0,20%), в качестве образца сравнения использовали целлюлозу без добавления ПАН к белому щелоку (существующая технология), когда  $R = 0$ .

Установлено (рис. 4), что благодаря защите целлюлозных волокон от нежелательной частичной их деградации волокнами ПАН в процессе варки волокнистого полуфабриката происходит улучшение физико-механических показателей бумаги в среднем на 15–18%. Значения разрушающего усилия бумаги в сухом состоянии повышаются на 14,34% (от 93,8 Н до 109,5 Н), разрывной длины — на 15,11% (от 8480 м до 9990 м) и сопротивления излому — на 46,15%, т. е. от 7 до 13 числа двойных перегибов (ч.д.п.).

Установлено, что дальнейшее увеличение содержания ПАН в белом щелоке до 0,25–0,30% а. с. д. позволяет повысить физико-механические свойства целлюлозы только на 2–4%, поэтому повышенное содержание ПАН в белом щелоке является экономически нецелесообразным.

Дополнительные исследования показали, что последующая отбелка экспериментальных образцов целлюлозы проходит без затруднений.

## Выводы

Установлено, что добавление к белому щелоку, содержащему едкий натр NaOH (145 г/дм<sup>3</sup>) и сульфид натрия Na<sub>2</sub>S (19 г/дм<sup>3</sup>), волокна ПАН в количестве 0,15–0,20% от а. с. д. имеет ряд существенных преимуществ:

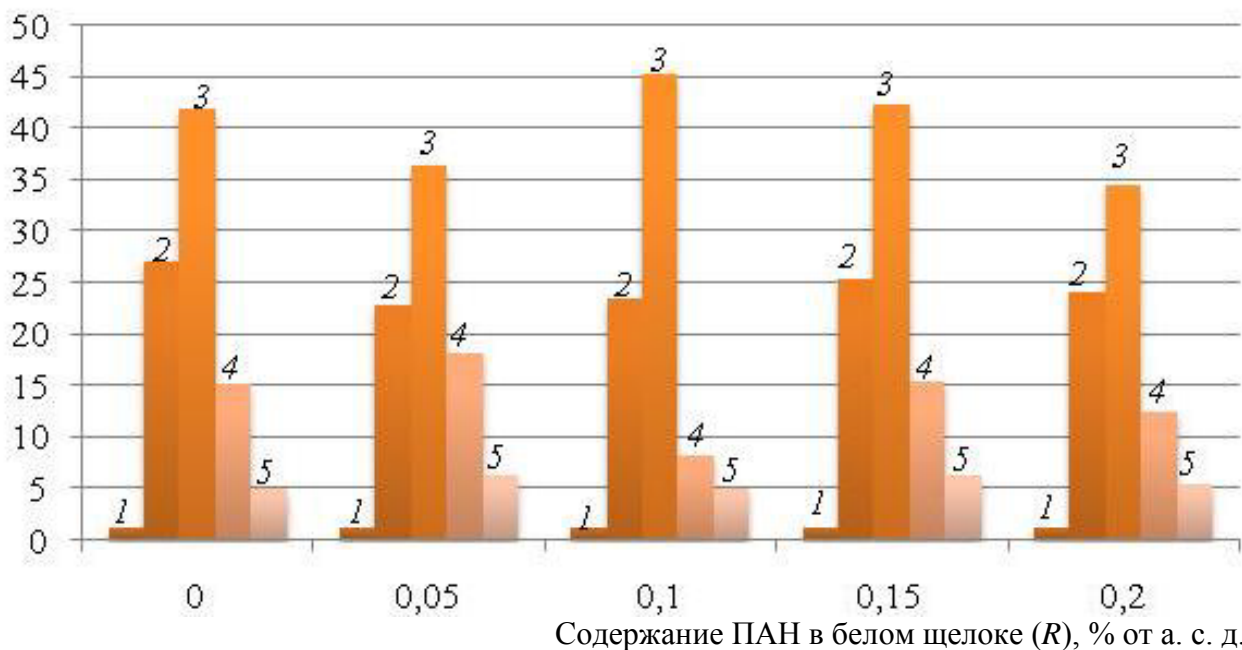
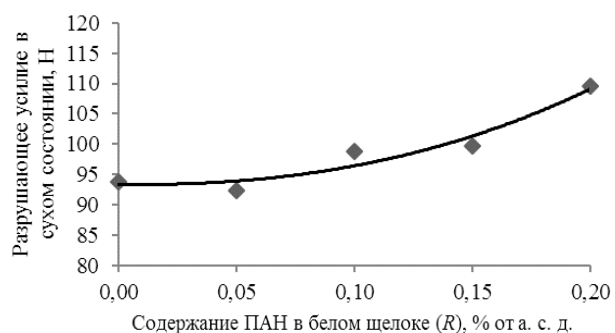


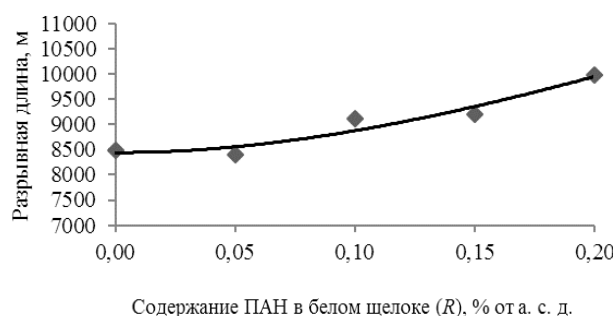
Рисунок 3 — Диаграмма влияния содержания волокон ПАН в белом щелоке на свойства черных щелоков: 1 — плотность, г/см<sup>3</sup>; 2 — содержание сухих веществ, %; 3 — общая щелочность, г Na<sub>2</sub>O/л; 4 — активная щелочь, г Na<sub>2</sub>O/л; 5 — содержание Na<sub>2</sub>S, г/л  
Fig. 3 — Diagram of the influence of fibers PAN content in white liquor on the properties of black liquor: 1 — density, g/cm<sup>3</sup>; 2 — the content of dry substances, %; 3 — total alkalinity, g Na<sub>2</sub>O/l; 4 — active alkali, g Na<sub>2</sub>O/l; 5 — the content of Na<sub>2</sub>S, g/l

Таблица — Физико-механические свойства образцов целлюлозы сульфатной небеленой, полученных по разработанной и существующей технологиям  
 Table — Physical and mechanical properties of samples of unbleached sulfate cellulose, obtained by developed and existing technologies

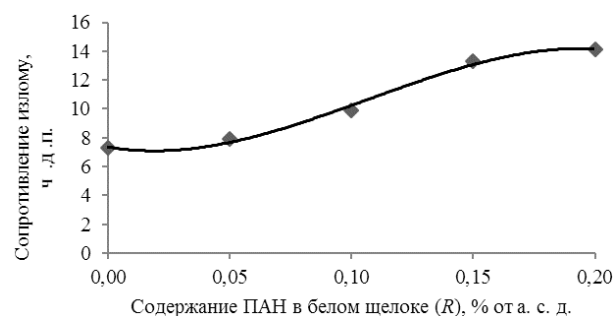
Наименование показателя	Целлюлоза сульфатная небеленая хвойная				
	Разработанная технология при расходе волокон ПАН, % от а. с. д.		Существующая технология (требования ГОСТ 11208)		
	0,15	0,20	Марка НС-1	Марка НС-2	Марка НС-3
Степень делигнификации, ед. Каппа	21,2	26,9	24,0–32,0	26,0–36,0	20,0–26,0
Разрывная длина, м	9110	9990	9100	8700	7800
Сопротивление раздиранью, мН	1270	1380	830	810	630



а



б



в

Рисунок 4 — Влияние содержания волокон ПАН в белом щелоке (R) на свойства бумаги, изготовленной из целлюлозы сульфатной небеленой: а — разрушающее усилие в сухом состоянии, Н; б — разрывная длина, м; в — сопротивление излому, ч.д.л.

Fig. 4 — The influence of the content of fibers PAN in white liquor (R) on properties of paper made from unbleached sulphate pulp: а — the breaking force in the dry state, N; б — breaking length, m; в — fracture resistance, p.d.p.

– в технологии сульфатной варки древесины сосны, когда температура достигает 160 °С, возможно применение отходов от производства ПАН (длина волокна 3–6 мм); взамен волокон ПАН (длина 12–18 мм), вводимых в бумажные массы;

– в ходе проведения сульфатных варок хвойной щепы (4 ч) под действием температуры (170 °С) и щелочной среды (рН 11) протекает реакция химического гидролиза волокон ПАН, при этом нитрильные группы полимера превращаются сначала в амидные, а затем в карбоксилатные, что способствует защите целлюлозных волокон от нежелательной частичной деструкции и максимальному сохранению первоначальной прочности: качество образцов бумаги, полученных из такой целлюлозы (с добавлением ПАН), превосходит качество образцов бумаги, полученных по существующей технологии (без ПАН). об этом свидетельствует увеличение разрушающего усилия в сухом состоянии на 14,34% (от 93,8 до 109,5 Н), повышение разрывной длины на 15,11% (от 8480 до 9990 м) и возрастание сопротивления излому на 46,15% (от 7 до 13 ч.д.л.).

Разработанный технологический режим (продолжительность — 4 ч) варки целлюлозы сульфатной небеленой с добавлением к белому щелоку ПАН (в количестве от 0,15 до 0,20% от а. с. д.) включает следующие стадии: подъем температуры от 20 °С до 170 °С — 1 ч, термостатирование при 170 °С — 2,5 ч и сдвук (удаление газовой смеси) — 0,5 ч. Полученный волокнистый полуфабрикат обладает улучшенными физико-механическими свойствами, что позволяет расширить область его применения, например, в композиции технических видов бумаги, к которым относятся мешочная, упаковочная, бумага-основа для гофрирования и др. Данный способ улучшения физико-механических свойств целлюлозы сульфатной небеленой, апробированный в лабораторных условиях, достаточно легко может быть реализован на действующих предприятиях и позволит минимизировать затраты при получении бумаги улучшенного качества.

Особый научный и практический интерес представляет информация, демонстрирующая влияние ПАН на физико-механические свойства сульфатной небеленой целлюлозы, полученной из древесины сосны при дополнительном использовании в белом щелоке добавки волокон ПАН.

## Обозначения

А. с. д. — абсолютно сухая древесина;  
ГИПАН — гидролизованый полиакрилонитрил;  
ПАН — полиакрилонитрил; ч.д.п. — число двойных перегибов; R, % а. с. д. — содержание ПАН в белом щелоке.

## Литература

1. Пен Р. З. Технология целлюлозы: современное состояние и перспективы // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2010. № 6. С. 88–89.
2. Вураско А. В., Дрикер Б. Н., Карпова Е. В., Алешина Л. А., Мелех Н. В. Свойства целлюлозных волокон, полученных при натронных варках с антрахиноном, обработанным в ультразвуковом поле // Химия растительного сырья. 2008. № 4. С. 15–21.
3. Карпунин И. И. Щелочная варка древесины в присутствии хинона и его влияние на качество целевого продукта, используемого для производства упаковки // Наука и техника. 2017. Т. 16. № 5. С. 432–436.
4. Косая Г. С. Основные проблемы интенсификации производства сульфатной целлюлозы // Бумажная промышленность. 1963. Т. 38. Вып. 11. С. 10–16.
5. Удальцов В. А., Вураско А. В. Свойства целлюлозных волокон, полученных в варочной системе гидрооксид калия–гидразин–изобутиловый спирт–вода из древесины березы // Вестник Казанского технологического университета. 2017. Т. 20. № 17. С. 24–28.
6. Непенин Ю. Н., Пазухина Г. А. Поведение углеводных компонентов варки вискозной целлюлозы // Бумажная промышленность. 1985. Т. 61. Вып. 9. С. 10–11.
7. Иванов Ю. С. Производство сульфатной целлюлозы: в 2 ч. Ч. 1. СПб.: ГОУВПО СПбГТУРП, 2010. 78 с.
8. Никитин В. М., Чунко Г. В., Чупка Э. И. Влияние моноэтаноламина на делигнификацию при щелочных варках // Бумажная промышленность. 1972. Т. 47. Вып. 8. С. 7–8.
9. Драчев А. А., Севастьянова Ю. В., Комаров В. И., Миловидова Л. А. Влияние добавок химикатов при сульфатной варке на свойства хвойной целлюлозы // Химия растительного сырья. 2009. № 2. С. 37–41.
10. ГОСТ 11208-82. Целлюлоза древесная (хвойная) сульфатная небеленая. Технические условия. Введ. 1983-01-01. М.: Госстандарт России: Изд-во стандартов, 1999. 5 с.
11. Рустамов И. Р., Гребенева Т. А., Коледенков А. А., Дятлов В. А. Кинетика и механизм щелочного гидролиза полиакрилонитрила // Успехи в химии и химической технологии. 2011. Т. 25. № 3. С. 28–34.

## References

1. Pen R. Z. Tekhnologiya tsellyulozy: sovremennoe sostoyanie i perspektivy [Technology of cellulose: current status and pro-

- spects]. *Mezhdunarodnyy zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy* [International journal of applied and fundamental research], 2010, no. 6, pp. 88–89.
2. Vurasko A. V., Driker B. N., Karpova E. V., Aleshina L. A., Melekh N. V. Svoystva tsellyuloznykh volokon, poluchennykh pri natronnykh varkakh s antrakhinonom, obrabotannym v ul'trazvukovom pole [The properties of cellulose fibers obtained in the boiling soda with anthraquinone, processed in an ultrasonic field]. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2008, no. 4, pp. 15–21.
  3. Karpunin I. I. Shchelochnaya varka drevesiny v prisutstvii khinona i ego vliyanie na kachestvo tselevogo produkta, ispol'zuemogo dlya proizvodstva upakovki [Alkaline cooking of wood in the presence of quinone and its influence on the quality of the target product used for the production of packaging]. *Nauka i tekhnika* [Science and technology], 2017, vol. 16, no. 5, pp. 432–436.
  4. Kosaya G. S. Osnovnye problemy intensivatsii proizvodstva sul'fatnoy tsellyulozy [The main problems of intensification of the production of sulphate pulp]. *Bumazhnaya promyshlennost'* [Paper industry], 1963, vol. 38, no. 11, pp. 10–16.
  5. Udaltsov V. A., Vurasko A. V. Svoystva tsellyuloznykh volokon poluchennykh v varochnoy sisteme gidrooksid kaliya–gidrazin–izobutilovyy spirt–voda iz drevesiny berezy [The properties of cellulose fibers obtained in the cooking system potassium hydroxide–hydrazine isobutyl alcohol–water, from birch wood]. *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta* [Herald of Kazan Technological University], 2017, vol. 20, no. 17, pp. 24–28.
  6. Nepenin Y. N., Pazukhina G. A. Povedenie uglevodnykh komponentov varki viskoznoy tsellyulozy [Behavior of carbohydrate components of viscose pulp cooking]. *Bumazhnaya promyshlennost'* [Paper industry], 1985, vol. 61, no. 9, pp. 10–11.
  7. Ivanov Yu. S. *Proizvodstvo sul'fatnoy tsellyulozy*. [Production of sulphate cellulose]. Saint-Petersburg: GOUVPO SPbGTURP Publ., 2010. Vol. 1. 78 p.
  8. Nikitin V. M., Chunko G. V., Chupka E. I. Vliyanie monoetanolamina na delignifikatsiyu pri shchelochnykh varkakh [Effect of monoethanolamine on delignification in alkaline cooking]. *Bumazhnaya promyshlennost'* [Paper industry], 1972, vol. 47, no. 8, pp. 7–8.
  9. Drachev A. A., Sevast'yanova Yu. V., Komarov V. I., Milovidova L. A. Vliyanie dobavok khimikatov pri sul'fatnoy varke na svoystva khvoynoy tsellyulozy [The effect of the addition of chemicals chemical pulping on the properties of softwood pulp]. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2009, no. 2, pp. 37–41.
  10. GOST 11208-82. Tsellyuloza drevesnaya (khvoynaya) sul'fatnaya nebelenaya. Tekhnicheskie usloviya [State Standard 11208-82. Wood pulp (coniferous) sulphate unbleached. Technical conditions]. Moscow, Standartinform Publ., 1999. 5 p.
  11. Rustamov I. R., Grebeneva T. A., Kolenkov A. A., Dyatlov V. A. Kinetika i mekhanizm shchelochnogo gidroliza poliakrilonitrila [Kinetics and mechanism of alkaline hydrolysis of polyacrylonitrile]. *Uspekhi v khimii i khimicheskoy tekhnologii* [Advances in Chemistry and Chemical Technology], 2011, vol. 25, no. 3, pp. 28–34.

Поступила в редакцию 04.06.2018

© В. В. Коваль, Н. В. Черная, Е. П. Шишаков, П. А. Чубис, 2018