

Научная статья
УДК 630.233

ПОЛУЧЕНИЕ БЕЛЕННОЙ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ ИЗ РАЗВОЛОКНЕННОГО ЛЬНА ЗЕЛЕНОЙ СПЕЛОСТИ

**Иван Александрович Губанов¹, Анна Юрьевна Дудорова²,
Алеся Валерьевна Вураско³, Максим Аркадьевич Агеев⁴**

¹⁻⁴ Уральский государственный лесотехнический университет,
Екатеринбург, Россия

¹ ivan.gubanov03@mail.ru

² dudorovaay@mail.ru

³ vuraskoav@m.usfeu.ru

⁴ ageevma@m.usfeu.ru

Аннотация. Получена целлюлоза натронной варкой льна с расходом щелочи 24,0 %. Целлюлозу отбеливали в две ступени с расходом пероксида водорода 4,0 и 2,5 % соответственно с получением целлюлозы с белизной 71,9 %. Альтернативно двухстадийной отбелке комбинированной щелочной органосольвентной обработкой достигнута белизна 88,2 %.

Ключевые слова: отбелка, целлюлоза, лен, натронная варка, органосольвентная делигнификация

Для цитирования: Получение бленой целлюлозы из разволокненного льна зеленой спелости / И. А. Губанов, А. Ю. Дудорова, А. В. Вураско, М. А. Агеев // Научное творчество молодежи – лесному комплексу России = Scientific creativity of youth to the forest complex of Russia : материалы XXII Всероссийской (национальной) научно-технической конференции студентов и аспирантов. Екатеринбург : УГЛТУ, 2026. С. 1028–1032.

Original article

OBTAINING BLEACHED CELLULOSE FROM GREEN RIPENESS FIBERED FLAX

**Ivan A. Gubanov¹, Anna Yu. Durova², Alesya V. Vurasko³,
Maxim A. Ageev⁴**

^{1–4} Ural State Forest Engineering University, Ekaterinburg, Russia

¹ ivan.gubanov03@mail.ru

² dudorovaay@mail.ru

³ vuraskoav@m.usfeu.ru

⁴ ageevma@m.usfeu.ru

Abstract. Cellulose was obtained by soda pulping of flax with an alkali consumption of 24,0 %. By two-stage bleaching of the obtained cellulose with peroxide consumption of 4,0 % and 2,5 %, respectively, the whiteness was 71,9 %. An alternative two-stage bleaching by combined alkaline organosolvent treatment achieved a whiteness of 88,2 %.

Keywords: bleaching, cellulose, flax, soda pulping, organosolvent delignification

For citation: Poluchenie belenoy cellyulozy` iz razvoloknennogo l`na zelenoj spelosti [Obtaining bleached cellulose from green ripeness fibered flax] (2026) I. A. Gubanov, A. Yu. Durova, A. V. Vurasko, M. A. Ageev. Nauchnoe tvorchestvo molodezhi – lesnomu kompleksu Rossii [Scientific creativity of youth to the forest complex of Russia] : materials of the XXII All-Russian (national) Scientific and Technical Conference of undergraduate and postgraduate students. Ekaterinburg : USFEU, 2026. P. 1028–1032. (In Russ).

Возможность применения технической целлюлозы в качестве сорбционного материала, обладающего высокими водо- и влагопоглощающими свойствами, изучается многими исследователями [1]. Помимо древесной целлюлозы, изучены сорбционные свойства целлюлозы из соломы злаковых культур [2]. Однако до настоящего времени малоизученными для использования в качестве сорбентов остаются технические беленые целлюлозы из лубяных волокон стеблей льна. Таким образом, разработка технологий получения беленой целлюлозы из стеблей льна зеленой спелости щелочной варкой с бесхлорными способами отбели, а также разработка технологий комбинированной щелочной органосольвентной обработки являются современными и актуальными направлениями исследований.

Цель работы – получение технической целлюлозы с повышенной белизной из стеблей льна зеленой спелости. Задачи работы: определение компонентного состава сырья, проведение натронной варки, выбор условий

и реагентов бесхлорной отбелки, проведение комбинированной щелочной органосольвентной обработки, оценка полученных результатов.

По известным методикам проведен анализ компонентного состава растительного сырья. Стебли льна предварительно измельчали на лабораторной мельнице и фракционировали. Для анализа использовали частицы с размером 2–3 мм. Результаты представлены в табл. 1.

Таблица 1

Компонентный состав льна зеленой спелости

Показатели, % от массы абсолютно сухого сырья (а.с.с.)	Стебли льна зеленой спелости	Осина
Массовая доля целлюлозы, %	42,2±0,1	43,6±0,1
Массовая доля золы (ГОСТ 18461)	2,4±0,1	0,4±0,1
Массовая доля лигнина (ГОСТ 11960)	25,0±0,1	24,1±0,1
Массовая доля экстрактивных веществ, %:		
– растворимые в органических растворителях (метиленхлорид) (ГОСТ 6841);	1,7±0,1	1,6±0,1
– растворимые в горячей воде [3]	4,2±0,1	2,3±0,1

Полученные результаты показывают, что по содержанию лигнина, целлюлозы и экстрактивных веществ исследуемое сырье подобно древесине лиственных пород. Однако массовая доля золы в стеблях льна в шесть раз больше, чем в лиственной породе древесины. Водорастворимых веществ в исследуемом сырье почти в два раза больше, чем в лиственных породах древесины.

Стебли льна представляют собой упругие волокна различной длины и толщины с гидрофобной поверхностью. Это затрудняет загрузку сырья в автоклавы, замедляет пропитку и последующую делигнификацию. Для снижения вышеуказанных затруднений предложена механоактивация сырья в мельнице PFI в присутствии белого щелока.

Условия натронной варки: расход NaOH 24,0 % в ед. Na₂O от массы а.с.с., гидромодуль – 4,5; температура 170 °С, продолжительность подъема температуры 45 мин, продолжительность варки 120 мин. Полученную целлюлозу промывали на хлопчатобумажных фильтрах горячей водой (70–75 °С), затем холодной водой (20–25 °С) до нейтрального значения pH.

Условия первой ступени отбелки: расход пероксида водорода 4,0 % от массы абсолютно сухой целлюлозы (а.с.ц.); расход NaOH в ед. Na₂O 2,0 % от массы а.с.ц.; температура отбелки 80 °С; продолжительность 180 мин; концентрация массы 10,0 %. После отбелки целлюлозу промывали на хлопчатобумажном фильтре до нейтрального значения pH.

Условия второй ступени отбелки целлюлозы: расход пероксида водорода 2,5 % от массы а.с.ц.; расход NaOH в ед. Na₂O 2,0 % от массы а.с.ц.; температура 80 °С; продолжительность 90 мин; концентрация массы 10,0 %.

После отбелки целлюлозу промывали на хлопчатобумажном фильтре до нейтрального значения pH.

Целлюлозу, полученную на предыдущих этапах работы, помещали в трехгорлую колбу, заливали варочный раствор, состоящий из варочной композиции равновесной перуксусной кислоты, воды и стабилизатора пероксидных соединений (ИОМС). Расход равновесной перуксусной кислоты – 1,2 г/г к а.с.с.; жидкостный модуль 10:1. Начало варки фиксировали с момента достижения температуры 90 °С. Продолжительность варки 60 мин при температуре 90 °С. По окончании варки отработанный варочный раствор отбирали под вакуумом. Целлюлозную массу промывали дистиллированной водой до нейтрального значения pH.

Результаты представлены в табл. 2.

Таблица 2

Результаты варок льна и отбелки целлюлозы из льна зеленой спелости

Показатель	Натронная варка	Отбелка после промывки целлюлозы		Комбинированная щелочная органосольвентная варка
		первая ступень	вторая ступень	
Выход а.с. целлюлозы, от массы а.с.с.	49,5±0,1	47,5±0,1	45,4±0,1	47,6±0,1
Массовая доля золы, % от массы а.с.ц. (ГОСТ 18461)	0,8±0,06	0,4±0,06	0,4±0,06	0,3±0,06
Массовая доля лигнина, % от массы а.с.ц. (ГОСТ 11960)	3,4±0,2	2,3±0,2	1,4±0,2	2,2±0,2
Белизна, %	30,1±0,5	52,4±0,5	71,9±0,5	88,2±0,5

Из полученных результатов видно, что выход беленой целлюлозы после двух ступеней отбелки снижается на 4,0 % относительно выхода целлюлозы до отбелки и составляет 45,4 %. Массовая доля золы после первой ступени отбелки снижается в два раза, вторая ступень отбелки снижения по золе не показала. После натронной варки массовая доля лигнина в целлюлозе составила 3,4 % от массы а.с.ц., каждая ступень отбелки снижает содержание лигнина примерно в 1,5 раза.

Комбинированная щелочная органосольвентная варка позволяет получить выход целлюлозы на 2,2 % больше, чем при варке и отбелке в две ступени, позволяет снизить содержание золы в целлюлозе до 0,3 % от массы а.с.ц. Массовая доля лигнина при таком способе варки составила 2,2 %, что соответствует массовой доле лигнина после первой ступени отбелки целлюлозы, полученной натронным способом (табл. 2). Однако белизна целлюлозы, полученной комбинированной варкой (табл. 2), значительно

превышает белизну целлюлозы, полученной натронной варкой, даже после второй ступени отбели (табл. 2). Можно предположить, что часть лигнина при комбинированной варке подверглась оптической отбели.

Таким образом, при комбинированной щелочной органосольвентной варке получена техническая целлюлоза с выходом 47,6 %, массовой долей лигнина 2,2 %. Белизна полученной целлюлозы составила 88,2 %. При натронном способе варки с отбелкой в две стадии получена целлюлоза с выходом 45,4 %, массовой долей лигнина 1,4 %, белизной целлюлозы 71,9 %.

Список источников

1. Материалы из нетрадиционных видов волокон: технологии получения, свойства, перспективы применения / Е. Г. Смирнова, Е. М. Лоцманова, Н. М. Журавлева [и др.]. Екатеринбург : УГЛТУ, 2020. 252 с.

2. Вураско А. В., Симонова Е. И., Минакова А. Р. Сорбционные материалы на основе технической целлюлозы из соломы и шелухи риса // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2019. № 226. С. 139–154.

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