

Научная статья  
УДК676.164.8

## ПОЛУЧЕНИЕ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ ИЗ ОТХОДОВ ПЕРЕРАБОТКИ КОНОПЛИ ТЕХНИЧЕСКОЙ

**Иван Александрович Губанов<sup>1</sup>, Виктор Алексеевич Вураско<sup>2</sup>,  
Алеся Валерьевна Вураско<sup>3</sup>, Максим Аркадьевич Агеев<sup>4</sup>**

<sup>1, 2, 3, 4</sup> Уральский государственный лесотехнический университет,

Екатеринбург, Россия

<sup>1</sup> ivan.gubanov03@mail.ru

<sup>2</sup> vurasko@mail.ru

<sup>3</sup> vuraskoav@m.usfeu.ru

<sup>4</sup> ageevma@m.usfeu.ru

**Аннотация.** Получена целлюлоза окислительно-органо-сольвентным способом из отходов переработки конопли. Установлено, что для получения удовлетворительных результатов при варке отходов конопли требуется продолжительность щелочной обработки 90 мин, а органо-сольвентной варки – 60 мин. Содержание  $\alpha$ -целлюлозы составляет 75,6 % от а. с. целлюлозы.

**Ключевые слова:** волокно конопли, костра конопли, отходы переработки конопли, органо-сольвентная делигнификация, альфа-целлюлоза

Original article

## OBTAINING CELLULOSE FROM RECYCLING TECHNICAL HEMP WASTE

**Ivan A. Gubanov<sup>1</sup>, Viktor A. Vurasko<sup>2</sup>, Alesya V. Vurasko<sup>3</sup>,  
Maksim A. Ageev<sup>4</sup>**

<sup>1, 2, 3, 4</sup> Ural State Forest Engineering University, Yekaterinburg, Russia

<sup>1</sup> ivan.gubanov03@mail.ru

<sup>2</sup> vurasko@mail.ru

<sup>3</sup> vuraskoav@m.usfeu.ru

<sup>4</sup> ageevma@m.usfeu.ru

**Abstract.** Cellulose was extracted by an oxidative-organosolvent method from hemp processing waste. It was found that in order to obtain satisfactory results when cooking hemp waste, an alkaline treatment duration of 90 minutes is

required, and an organosolvent cooking time of 60 minutes. The content of  $\alpha$ -cellulose is 75,6 % of the a. s. cellulose.

**Keywords:** hemp fiber, hemp bonfire, hemp processing waste, organosolvent delignification, alpha-cellulose

Одним из перспективных продуктов химической переработки растительного сырья является техническая целлюлоза для химической переработки. Традиционным сырьем для получения данного продукта является высококачественная целлюлоза, получаемая из древесины и хлопка (ГОСТ 595–79). В настоящее время промышленностью производятся следующие виды технической целлюлозы для химической переработки: целлюлоза сульфатная вискозная. Технические условия (ГОСТ 24299–80); целлюлоза сульфитная вискозная. Технические условия (ГОСТ 5982–84); целлюлоза сульфатная предгидролизная для кордных нитей и высокомолекулярных волокон. Технические условия (ГОСТ 16762–82). Из целлюлозы для химической переработки получают микро-, нанокристаллическую целлюлозу, порошковую целлюлозу, простые и сложные эфиры целлюлозы, широко востребованные отечественным рынком. Одним из основных показателей для этих видов целлюлоз является массовая доля альфа-целлюлозы.

В качестве перспективного ресурса можно рассматривать недревесное растительное сырье лубяных растений – лен, коноплю, кенаф и т. д. [1–4]. Так, в работах [3, 4] показана возможность получения альфа-целлюлозы из волокон конопли. Но с учетом относительно высокой стоимости конопляных волокон представляет интерес получения целлюлозы из отходов переработки конопли. При разделении стеблей конопли на волокна и костру образуются отходы переработки с содержанием костры 25...30 % и волокна длиной 1,5...3 см  $\approx$  70–78 %. Отходы переработки конопли с такими характеристиками вполне могут быть пригодны для получения технической целлюлозы.

Цель работы – оценить возможность получения технической целлюлозы с высоким содержанием альфа-целлюлозы окислительно-органо-сольвентным способом из отходов переработки конопли технической известного компонентного состава.

Для достижения цели необходимо решить задачи:

- установить условия окислительно-органо-сольвентных варок отходов переработки конопли;
- провести варки в лабораторных условиях;
- провести сравнительный анализ результатов варок костры и волокон конопли.

В качестве сырья для получения целлюлозы использовали волокна и костру конопли технической вегетационного периода 2020 г., Челябин-

ской обл. Волокна конопли предварительно разрезали на отрезки длиной 15...20 мм. Костру просеивали и использовали фракции, задержанные на сите с отверстиями диаметром 0,15 см и прошедшие через сито с отверстиями диаметром 0,7 см. Отсортированную фракцию промывали и высушивали.

Для определения компонентного состава сырья образцы измельчали на лабораторной мельнице. Компонентный состав сырья представлен в табл. 1.

Таблица 1

Компонентный состав растительного сырья

Показатели, % от массы абсолютно сухого сырья (а.с.с.)	Отходы переработки конопли технической	Конопля техническая	
		Волокно	Костра
Массовая доля экстрактивных веществ растворимых: в ацетоне (ГОСТ 6841); в горячей воде	1,9 ± 0,2	0,4 ± 0,5	1,2 ± 0,5
	3,4 ± 0,2	5,6 ± 0,5	3,3 ± 0,5
Массовая доля целлюлозы Кюршнера	56,7 ± 1,0	68,3 ± 1,0	40,3 ± 1,0
Массовая доля лигнина, (ГОСТ 11960)	21,7 ± 0,2	6,6 ± 0,2	25,5 ± 0,2
Массовая доля золы, (ГОСТ 18461)	1,1 ± 0,1	2,3 ± 0,1	1,6 ± 0,1
Массовая доля холоцеллюлозы	–	72,3 ± 1,0	50,5 ± 1,0

Из полученных результатов (см. табл. 1) видно, что в волокне содержится в 3,9 раз меньше лигнина, а целлюлозы в 1,7 раза больше, чем в костре. По количественным характеристикам содержания лигнина и целлюлозы костра подобна древесине лиственных пород. Отходы переработки конопли технической содержат достаточно большое количество целлюлозы и высокий процент лигнина, меньшее количество золы и сопоставимые количества экстрактивных веществ.

Окислительно-органо-растворительные варки с предварительной щелочной обработкой проводили в термостатированной трехгорлой колбе (250 мл), снабженной термометром, мешалкой и обратным холодильником. Перемешивание при скорости мешалки ≈ 660 об/мин [5].

*Порядок проведения щелочной обработки сырья* (костра/волокно/отход переработки конопли): навеска растительного сырья составляла 8 г абсолютно сухого сырья (а.с.с.); концентрация раствора едкого натра – 24 г/л, продолжительность подъема температуры до 90 °С – 20 мин; температура обработки 90 °С; продолжительность обработки – 60...90 мин; жидкостный модуль 10:1. По окончании щелочной обработки получали волокнистый материал, отфильтровывали под вакуумом жидкую

часть, и приступали к стадии варки без промежуточной промывки волокнистого материала.

*Проведение органосольвентной варки волокнистого материала.* В трехгорлую колбу с волокнистым материалом заливали варочный раствор, состоящий из варочной композиции равновесной перуксусной кислоты, воды и стабилизатора пероксидных соединений (ИОМС). Расход равновесной перуксусной кислоты – 0,4 г/г к а.с.с.; жидкостный модуль 10:1. Начало варки фиксировали с момента достижения температуры 90 °С. Продолжительность варки при температуре 90 °С – 30...120 мин. По окончании варки отработанный варочный раствор отбирали под вакуумом. Целлюлозную массу промывали дистиллированной водой до нейтрального значения рН. Результаты варок представлены в табл. 2.

*Таблица 2*

Влияние условий щелочной обработки и варки на выход и свойства целлюлозы из костры и волокон конопли технической

Показатель	Техническая целлюлоза из конопли			
	Костра		Волокно	
Продолжительность щелочной обработки, мин	60	90	60	60
Продолжительность органосольвентной варки, мин	60	60	30	60
Выход технической целлюлозы, % от а.с.с.	56,2 ± 0,5	49,9 ± 0,5	70,9 ± 0,5	64,1 ± 0,5
Массовая доля лигнина, % от а.с.ц.	1,6 ± 0,2	0,3 ± 0,2	6,8 ± 0,2	5,7 ± 0,2
Содержание альфа-целлюлозы, % от а.с.ц.	–	–	95,6	98,3

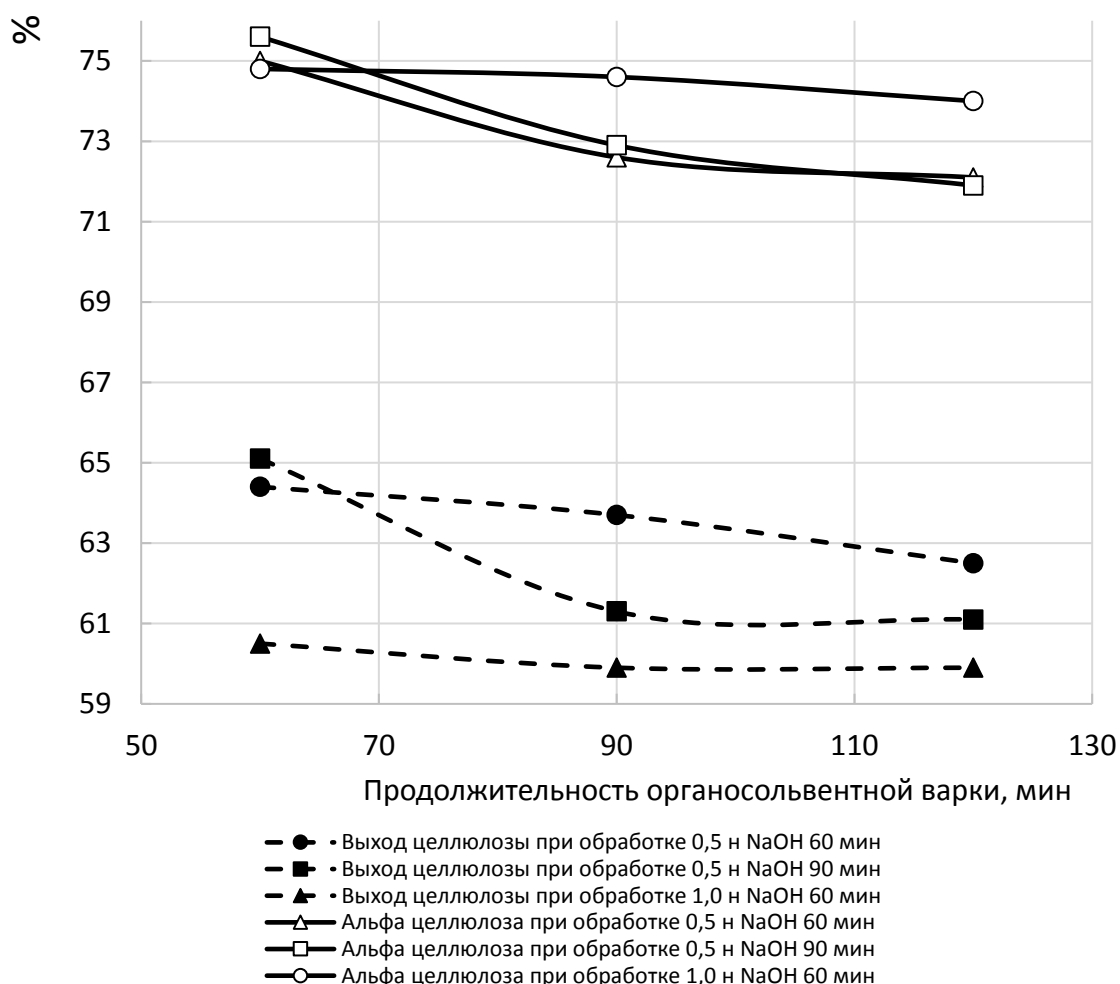
Как и следовало ожидать, при увеличении продолжительности щелочной обработки снижается выход технической целлюлозы при равной продолжительности варки для костры. Для волокон конопли увеличение продолжительности варки на 30 мин приводит к повышению содержания альфа-целлюлозы на 2,7 % при снижении выхода целлюлозы на 6,8 % при равной продолжительности щелочной обработки. Таким образом, для получения целлюлозы с высоким содержанием альфа-целлюлозы продолжительность щелочной обработки и варки по 60 мин является достаточной.

На рис. ниже представлены зависимости выхода технической целлюлозы и содержание альфа-целлюлозы в ней от продолжительности щелочной обработки и варки отходов переработки конопли.

Из рис. ниже видно, что увеличение продолжительности щелочной обработки с 60 до 90 мин при концентрации едкого натра 0,5 н при равных условиях органосольвентной варки за 90 мин варки приводит к снижению

выхода технической целлюлозы на 2,4 %, а при 120 мин – на 1,4 % от массы а. с. сырья (рис. ниже). Массовая доля альфа-целлюлозы в технической целлюлозе снижается на 1,7 и 2,1 % от а. с. целлюлозы, соответственно.

Увеличение концентрации гидроксида натрия при щелочной обработке до 1,0 н приводит к снижению выхода технической целлюлозы по сравнению с 0,5 н концентрацией щелочи: 60 мин на 3,9 %, 90 мин на 3,8 % и за 120 мин на 2,6 % от а. с. сырья. Снижение доли альфа-целлюлозы в технической целлюлозе уменьшается в этих условиях в среднем на 2,0 % от а. с. целлюлозы. Следовательно, увеличение концентрации щелочи при обработке – более агрессивный фактор, чем продолжительность. Сопоставимые результаты по содержанию альфа-целлюлозы достигаются при увеличении продолжительности щелочной обработки до 90 мин при концентрации щелочи 0,5 н.



Зависимости выхода технической целлюлозы и содержание альфа-целлюлозы в ней от продолжительности щелочной обработки и варки отходов переработки конопли

Таким образом, для получения удовлетворительных результатов при варке отходов конопли продолжительность щелочной обработки должна составлять 90 мин, как для обработки костры конопли и продолжительность органосольвентной варки 60 мин, как для волокна конопли (см. табл. 2).

Таким образом, для получения удовлетворительных результатов при варке отходов конопли требуется продолжительность щелочной обработки 90 мин, как для обработки костры конопли и продолжительности органосольвентной варки 60 мин, как для волокна конопли при этом (см. табл. 2) содержание альфа целлюлозы составило 75,6 % от а. с. целлюлозы, что на 22,7 % меньше, чем при модельной варке волокон конопли (см. табл. 2).

### *Список источников*

1. Development the technology of obtaining microcrystalline cellulose from the hemp fibers. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies / V. Barbash, M. Karakutsa, I. Trembus, O. Yashchenko. 2016. Vol. 3, № 6 (81). P. 51–56.

2. Барбаш В. А., Даниленко А. А., Нагорная Ю. Н. Исследование влияния различных стадий технологического процесса получения микрокристаллической целлюлозы из волокон конопли на показатели ее качества. Научные вести Национального технического университета Украины «Киевский политехнический институт». 2013. № 2 (88). С. 147–151.

3. Перспективы применения волокон конопли технической для получения альфа-целлюлозы / А. Ю. Дудорова, Д. И. Шестаков, А. В. Вураско, А. Р. Минакова // Научное творчество молодежи – лесному комплексу России : матер. XIX Всерос. (национальной) науч.-техн. конф. студентов и аспирантов. Екатеринбург, 2023. С. 790–794.

4. Целлюлоза из волокон конопли технической, полученная окислительно-органосольвентным способом / А. В. Вураско, М. А. Агеев, А. Ю. Дудорова, А. Р. Минакова // Химия и технология растительных веществ : тезисы докладов XII Всерос. науч. конф. с международным участием и школой молодых ученых. Киров, 2022. С. 34.

5. Материалы из нетрадиционных видов волокон: технологии получения, свойства, перспективы применения : монография / Е. Г. Смирнова, Е. М. Лоцманова, Н. М. Журавлева [и др.] ; под ред. А. В. Вураско. Екатеринбург, 2020. 252 с.