

**А.А. Александров, К.С. Момзякова, Т.Р. Дебердеев, А.В. Канарский,  
Р.Я. Дебердеев, Т.А. Ямашев, З.А. Канарская**

## **ПОЛУЧЕНИЕ МИКРОКРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ ИЗ ТРЕСТЫ ТЕХНИЧЕСКОЙ КОНОПЛИ**

*Введение.* Целлюлоза – полимерная природная основа материалов, которые используются практически во всех сферах промышленности (легкая, нефтяная, медицинская промышленность и т. д.). Дефицит качественной хлопковой целлюлозы, которая является импортным продуктом, на сегодняшний день является одной из важнейших проблем. В связи с этим в отечественных научных лабораториях проводятся исследования по выделению целлюлозы из альтернативных источников сырья, таких как конопля, лен и др. [Александров и др., 2021; Александров и др., 2020; Момзякова и др., 2021; Валишина и др., 2015; Марченко и др., 2017; Вураско и др., 2010; Денисова и др., 2017; Пен и др., 2015].

Получение целлюлозы из технической конопли имеет множество преимуществ, среди которых стоит выделить: большой объём ежегодного воспроизведения биомассы; невысокие затраты на её возделывание; высокая урожайность по стеблю; содержание лигнина значительно ниже по сравнению с древесиной; упрощённая делигнификация.

Одним из широко востребованных продуктов переработки целлюлозы является микрокристаллическая целлюлоза. Микрокристаллическую целлюлозу получают различными способами, такими как химический гидролиз целлюлозы, механический размол целлюлозы, термомеханическая деструкция целлюлозы и др., а также их комбинированием. Химический гидролиз целлюлозы до МКЦ является самым распространённым способом получения МКЦ. При этом в качестве гидролизующего агента используют в основном неорганические сильные кислоты, такие как соляная, серная, азотная и др. МКЦ отличается от других видов целлюлоз низкой степенью полимеризации и высокой степенью кристалличности. При этом в зависимости от способа получения, а также от вида сырья, из которого получают МКЦ, микрокристаллическая целлюлоза может отличаться по своим характеристикам.

Микрокристаллическую целлюлозу в промышленных масштабах получают из хлопковой целлюлозы, древесной сульфатной и сульфитной целлюлоз [Болтовский, 2021; Ахметшин, 2018; Аутлов и др., 2013; Dufresne, 2012]. В лабораториях МКЦ также получают из целлюлоз альтернативных источников, таких как льняная целлюлоза, конопляная целлюлоза и др. В последнее время наблюдаются работы по получению МКЦ из растительных материалов отходов сельского хозяйства (соломы пшеницы, ржи и др.) [Момзякова и др., 2019; Кушнир и др., 2014; Атаханов, 2016].

Актуальнейшей задачей на сегодняшний день является разработка эффективных технологических решений получения МКЦ из возобновляемого растительного сырья отечественного происхождения.

В связи с вышесказанным целью данной работы является получение и исследование микрокристаллической целлюлозы из тресты технической конопли без предварительного разделения на лубяное волокно, костру и механические примеси.

*Экспериментальная часть.* Тресту исследуемых образцов размалывали на дробилке Molot-200, предназначенной для тонкого измельчения сухих продуктов. Сырьё мелкими партиями подавали в приёмный бункер. После измельчения сырьё через калибровочное сито, обеспечивающее необходимый размер конечного продукта (10-20 мм), попадает в фильтр-мешок. После окончания размола полученную измельчённую тресту технической конопли отправляли на стадию варки (бучения).

Выбор способа варки разрабатывался исходя из полученной массы тресты, представляющей собой смесь измельчённого волокна и костры. Содержание костры в измельчённой растительной смеси  $50\pm 5\%$ . Учитывая большое количество костры в исходном сырье и необходимость получения качественной микрокристаллической целлюлозы, а также для избавления от непровара, наиболее целесообразным представляется использовать многостадийную низкотемпературную варку исходного сырья. Многостадийный низкотемпературный способ получения МКЦ из измельчённого стебля конопли состоит из следующих стадий:

- 1 – натронная варка (предгидролиз) исходного измельчённого сырья;
- 2 – варка растительного сырья с раствором пероксида водорода в присутствии молибдата аммония и серной кислоты;

3 – кислотный гидролиз целлюлозы;

4 – отбелка полученной МКЦ.

Натронная варка измельчённого сырья была проведена с варочным раствором, так называемым белым щёлоком (БЩ). Активной частью белого щелока, используемого в данной работе, является гидроксид натрия (NaOH). Выбор именно такого белого щелока, по сравнению с сульфатным или сульфитным щёлоком, обусловлен его экологичностью из-за отсутствия соединений серы. Натронная варка проводилась при температуре 100–160 °С в течение 120 мин. В процессе варки целлюлозы основная масса лигнина и других сопутствующих примесей растворяется в БЩ. Оставшаяся часть растительного материала представляет собой техническую целлюлозу, содержащую некоторое количество примесей.

После натронной варки целлюлозосодержащего материала получается полупродукт, состоящий из целлюлозы и примесей, основу которого составляет лигнин. Количество лигнина в образцах после стадии натронной варки представлено в табл. 1.

После окончания варки полученную целлюлозу отфильтровывали, промывали водой и отжимали до остаточной влаги 40–60%. После отжима полупродукт сушили в вытяжном шкафу при комнатной температуре.

Полученный полупродукт исследовали на массовое содержание  $\alpha$ -целлюлозы (ГОСТ 595–79), массовое содержание остаточного лигнина (ГОСТ 11960–79).

По литературным данным [Александров и др., 2020; Момзякова и др., 2021] при использовании пероксидно-молибдатной варки лигнин интенсивнее окисляется. Присутствие в варочном растворе пероксида водорода, молибдата аммония и серной кислоты приводит к более полной делигнификации растительного сырья. Растительное сырьё подвергают делигнификации в течение 120 мин при температуре 85–90 °С в растворе пероксида водорода (2,0% масс.) в присутствии серной кислоты (0,5%) и молибдата аммония (1,0%). После окончания варки полученную целлюлозу отфильтровали, промыли водой и отжали до остаточной влаги 40–60%.

Полученный продукт исследовали на массовое содержание  $\alpha$ -целлюлозы, массовое содержание остаточного лигнина.

Гидролиз целлюлозы проводили при кипячении в среде 2,5 н. раствора минеральной кислоты, а именно серной и соляной кислот в те-

чение 120 мин. После окончания варки полученную МКЦ отфильтровывали, промывали водой и отжимали до остаточной влаги 40–60%. Полученная МКЦ представляет собой мелкодисперсные частицы кремового цвета.

Для придания окончательных свойств продукт отбеливали. МКЦ отбеливалась при гидромодуле 1:10 и температуре 60–75 °С в течение 60 мин. Состав реакционной смеси: H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> – 1%; NaOH – 0,2%.

Полученную МКЦ исследовали на следующие параметры:

- размер частиц (методом ситового анализа);
- степень полимеризации (ГОСТ 25438-82);
- для определения насыпной плотности брали образец микрокристаллической целлюлозы массой 5,0 г и отправляли в мерный цилиндр, который устанавливали на волюмометре. В течение 10 минут навеска МКЦ уплотнялась при заданных амплитудах и частоте колебаний. Насыпную плотность рассчитывали по формуле:

$$\rho_n = \frac{m}{V} = \frac{5 \times 10^3}{V}, \quad (1)$$

где  $\rho_n$  – насыпная плотность, кг/м<sup>3</sup>;  $m$  – масса сыпучего материала, кг;  $V$  – объём порошка в цилиндре после уплотнения, м<sup>3</sup>.

- для определения водородного показателя водного экстракта из МКЦ образец микрокристаллической целлюлозы массой 1 г диспергировали в 100 мл дистиллированной воды, доводили нагреванием до 100 °С, выдерживали в течение 60 мин, затем охлаждали, центрифугировали при 7000 об./мин. В фугате определяли pH на приборе 150 МИ при температуре 25 °С.

Значение белизны определяли по ГОСТ Р ИСО 11475-2022.

*Результаты исследования.* Способы получения и характеристики исследуемых образцов МКЦ приведены ниже.

При разных технологических режимах натронной варки измельчённой тресты конопли были получены 4 образца. Отличия в технологических режимах представлены ниже:

- №1: NaOH – 2% масс., Т варки – 100 °С;
- №2: NaOH – 2% масс., Т варки – 160 °С;
- №3: NaOH – 4% масс., Т варки – 100 °С;
- №4: NaOH – 4% масс., Т варки – 160 °С;

Характеристики полученных образцов из тресты технической конопли после натронной варки приведены в табл. 1.

Таблица 1

**Характеристики полуцеллюлоз из измельчённой тресты конопли**

**Characteristics of semi-celluloses from crushed hemp trust**

Характеристика полуцеллюлозы	Образец №:			
	1	2	3	4
Содержание $\alpha$ -целлюлозы, % масс	93,5	93,3	93,0	93,5
Содержание лигнина, % масс	5,6	4,8	5,0	4,5
Выход, %	52,0	46,3	50,3	45,2

Как следует из табл. 1, по основным характеристикам выделенные образцы полуцеллюлозы отличаются незначительно. По содержанию  $\alpha$ -целлюлозы лучшими образцами являются образцы под номером 1 и 4, а по содержанию остаточного лигнина – образец № 4. Но по выходу самым лучшим образцом является образец № 1. Полученные образцы полуцеллюлозы №1 и №2 (выбраны целлюлозы, при получении которых расходовалось меньше щелока на стадии натронной варки) подверглись каталитической делигнификации, описанной выше. Характеристики полученных образцов из тресты технической конопли после каталитической делигнификации приведены в табл. 2.

Таблица 2

**Характеристики целлюлоз из тресты технической конопли**

**Characteristics of cellulose from industrial hemp trusts**

Характеристика целлюлозы	Образец №:	
	1	2
Содержание $\alpha$ -целлюлозы, % масс	91,5	90,8
Содержание лигнина, % масс	0,5	0,2

Как следует из табл. 2, по основным характеристикам выделенные образцы целлюлозы различаются. Повышение температуры на стадии натронной варки способствует лучшему удалению лигнина, но при этом ухудшает показатель  $\alpha$ -целлюлозы.

Полученные целлюлозы после второй стадии подверглись кислотке для получения МКЦ. Режимы кислотки представлены ниже:

- образец А: HCl – 2,5 н., Т натронной варки первой стадии – 100 °С;
- образец Б: H<sub>2</sub>SO – 2,5 н., Т натронной варки первой стадии – 100 °С;
- образец В: H<sub>2</sub>SO – 2,5 н., Т натронной варки первой стадии – 160 °С;

Характеристики полученных образцов МКЦ из тресты технической конопля приведены в табл. 3.

Как следует из данных, представленных в табл. 3, кислотка раствором серной кислоты уменьшает степень полимеризации МКЦ из технической конопля на 55–60 единиц ниже, чем кислотка раствором соляной кислоты. Из этого можно сделать вывод, что раствор серной кислоты разрушает аморфные области у целлюлозы из тресты технической конопля лучше. Увеличение температуры при натронной варке, при одинаковых режимах на других стадиях (образцы Б и В) ухудшает белизну. Кислотка тресты технической конопля раствором серной кислотой сказывается на увеличении насыпной плотности конечного продукта больше, чем кислотка в растворе соляной кислоты.

Таблица 3

**Характеристики полученных образцов микрокристаллической целлюлозы**

**Characteristics of the obtained microcrystalline cellulose samples**

Характеристика МКЦ	Образец №		
	А	Б	В
Размер частиц 100–200 мкм, %	81,1	79,2	78,9
Размер частиц 50–100 мкм, %	13,9	16,1	16,5
Размер частиц менее 50 мкм, %	5,0	4,7	4,6
Степень полимеризации	380	320	325
рН	6,3	6,5	6,5
Потери при высушивании (влажность), %	3,6	3,8	3,8
Насыпная плотность, г/мл	0,28	0,37	0,32
W10 Белизна	82,50	83,59	67,97

*Выводы.* По основным характеристикам выделенные после натронной варки образцы полуцеллюлозы отличаются незначительно. При этом по-

вышение температуры на стадии натронной варки способствует лучшему удалению лигнина, но ухудшает показатель  $\alpha$ -целлюлозы на стадии каталитической делигнификации.

Полученная кислоткой раствором серной кислоты МКЦ на основе тресты технической конопли по степени полимеризации на 55–60 единиц ниже, чем МКЦ, полученная кислоткой раствором соляной кислоты. Из этого можно сделать вывод, что раствор серной кислоты разрушает аморфные области у целлюлозы из тресты технической конопли лучше. МКЦ из полупродукта тресты технической конопли, полученная с использованием более высоких температур при натронной варке, при одинаковых режимах на других стадиях (образцы Б и В) характеризуется более низкой белизной, из чего можно сделать вывод, что более оптимальным технологическим режимом получения МКЦ из тресты технической конопли является низкотемпературная натронная варка на начальной стадии. МКЦ из тресты технической конопли, полученная гидролизом в серной кислоте, характеризуется более высокой насыпной плотностью, чем МКЦ из тресты технической конопли, полученная кислоткой в растворе соляной кислоты.

*Конфликт интересов.* Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

### **Библиографический список**

*Александров А.А., Валишина З.Т., Момзякова К.С., Дебердеев Т.Р., Ямашев Т.А., Канарский А.В., Дебердеев Р.Я.* Сравнительный анализ способов получения целлюлозы из конопляного волокна и оценка ее качества // Вестник Технологического университета. 2021. Т. 24. № 8. С. 42–45.

*Александров А.А., Печень Е.А., Нуриев Н.К., Момзякова К.С., Дебердеев Р.Я., Валишина З.Т.* Оптимизация фазы делигнификации при выделении целлюлозы из тресты конопли натронным способом // Вестник Технологического университета. 2020. Т. 23. № 11. С. 34–37.

*Атаханов А.А.* Получение, структура, свойства и технология производства хлопковой микрокристаллической и наноцеллюлозы: автореф. дисс. ... канд. хим. наук. Ташкент. 2016. 32 с.

*Аутлов С.А., Базарнова Н.Г., Кушнир Е.Ю.* Микрокристаллическая целлюлоза: структура, свойства и области применения (обзор) // Химия растительного сырья. 2013. № 3. С. 33–41.

*Ахметшин И.Р.* Получение микрокристаллической целлюлозы из лигноцеллюлозного материала, активированного паровзрывной обработкой: автореф. дисс. ... канд. техн. наук / КНИТУ. Казань, 2018. 16 с.

*Болтовский В.С.* Применение метода автогидролиза-взрыва при переработке растительной биомассы // Труды БГТУ серия 2. 2021. 1. С. 40–50.

*Валишина З.Т., Александров А.А., Матухин Е.Л., Храмова Е.В., Косточко А.В.* Целлюлоза на основе альтернативных источников отечественного сырья: целлюлоза из пенькового волокна // Вестник Технологического университета. 2015. Т. 18. № 2. С. 259–262.

*Вураско А.В., Минакова А.Р., Дрикер Б.Н., Сиваков В.П., Косачева А.М.* Технология получения целлюлозы из недревесного растительного сырья // Химия растительного сырья. 2010. № 2. С. 165–168.

*Денисова М.Н., Кухленко А.А., Павлов И.Н.* Исследование влияния параметров гидротропной делигнификации на физико-химические характеристики целлюлозы из шелухи овса // Ползуновский вестник. 2017. № 2. С. 95–98.

*Кушнир Е.Ю., Аутлов С.А., Базарнова Н.Г.* Получение МКЦ непосредственно из древесины под воздействием микроволнового излучения // Химия растительного сырья. 2014. № 2. С. 41–45.

*Марченко Г.Н., Нугманов О.К., Шакиров Р.И., Дебердеев Р.Я.* Структурно-химические свойства целлюлозы и её аналогов. Новые источники сырья, методы их переработки. Казань: Печать-Сервис-XXI век, 2017. 293 с.

*Момзякова К.С., Дебердеев Т.Р., Александров А.А., Печеный Е.А., Нуриев Н.К., Ямашев Т.А., Канарский А.В., Дебердеев Р.Я.* Управление яркостью травянистой целлюлозы на стадии её отбелки // Вестник Технологического университета. 2021. Т. 24. № 2. С. 49–55.

*Момзякова К.С., Дебердеев Т.Р., Валишина З.Т., Шинкарёв А.А., Дебердеев Р.Я., Ибрагимов А.В.* Получение, структура, свойства микрокристаллической и наноцеллюлозы из хлопка // Химическая промышленность. 2019. № 6. С. 22–26.

*Пен Р.З., Каретникова Н.В., Вишивкова И.А., Шапиро И.Л.* Свойства пероксидной целлюлозы из однолетних растений. 7. Отбелка целлюлозы из однолетних растений // Химия растительного сырья. 2015. № 2. С. 37–42.

*Dufresne A.* Nanocellulose from nature to High Performance Tailored Materials. Berlin. Germany. 2012. 477 p.

## References

*Akhmetshin I.R.* Preparation of microcrystalline cellulose from lignocellulose material activated by steam explosion treatment: abstract of the dissertation for the degree of candidate of technical sciences / KNRTU. Kazan. 2018. 16 p. (In Russ.)

*Aleksandrov A.A., Pechenyi E.A., Nuriev N.K., Momzyakova K.S., Deberdeev R.Ya., Valishina Z.T.* Optimization of the delignification phase when isolating cellulose from hemp trust using the soda method. *Bulletin of the Technological University*, 2020, vol. 23, no. 11, pp. 34–37. (In Russ.)

*Aleksandrov A.A., Valishina Z.T., Momzyakova K.S., Deberdeev T.R., Yamashev T.A., Kanarsky A.V., Deberdeev R.Ya.* Comparative analysis of methods for producing

cellulose from hemp fiber and assessment of its quality. *Bulletin of the Technological University*, 2021, vol. 24, no. 8, pp. 42–45. (In Russ.)

*Atakhanov A.A.* Preparation, structure, properties and production technology of cotton microcrystalline and nanocellulose: abstract of the dissertation for the degree of candidate of chemical sciences. Tashkent. 2016. 32 p. (In Russ.)

*Boltovsky V.S.* Application of the autohydrolysis-explosion method in the processing of plant biomass. *Proceedings of BSTU*, series 2, 2021, 1, pp. 40–50. (In Russ.)

*Denisova M.N., Kukhlenko A.A., Pavlov I.N.* Study of the influence of hydrotropic delignification parameters on the physicochemical characteristics of cellulose from oat husks. *Polzunovsky Bulletin*, 2017, no. 2, pp. 95–98. (In Russ.)

*Dufresne A.* Nanocellulose from nature to High Performance Tailored Materials. Berlin, 2012. 477 p.

*Kushnir E.Yu., Outlov S.A., Bazarnova N.G.* Preparation of MCC directly from wood under the influence of microwave radiation. *Chemistry of plant raw materials*, 2014, no. 2, pp. 41–45. (In Russ.)

*Marchenko G.N., Nugmanov O.K., Shakirov R.I., Deberdeev R.Ya.* Structural and chemical properties of cellulose and its analogues. New sources of raw materials, methods of their processing. Kazan: Print-Service-XXI century, 2017. 293 p. (In Russ.)

*Momzyakova K.S., Deberdeev T.R., Aleksandrov A.A., Pecheny E.A., Nuriev N.K., Yamashev T.A., Kanarsky A.V., Deberdeev R.Ya.* Controlling the brightness of grass pulp at the stage of its bleaching. *Bulletin of the Technological University*, 2021, vol. 24, no. 2, pp. 49–55. (In Russ.)

*Momzyakova K.S., Deberdeev T.R., Valishina Z.T., Shinkarev A.A., Deberdeev R.Ya., Ibragimov A.V.* Preparation, structure, properties of microcrystalline and nanocellulose from cotton. *Chemical industry*, 2019, no. 6, pp. 22–26. (In Russ.)

*Outlov S.A., Bazarnova N.G., Kushnir E.Yu.* Microcrystalline cellulose: structure, properties and applications. (review) *Chemistry of plant raw materials*, 2013, no. 3, pp. 33–41. (In Russ.)

*Pen R.Z., Karetnikova N.V., Vshivkova I.A., Shapiro I.L.* Properties of cellulose peroxide from annual plants. 7. Bleaching of cellulose from annual plants. *Chemistry of plant raw materials*, 2015, no. 2, pp. 37–42. (In Russ.)

*Valishina Z.T., Aleksandrov A.A., Matukhin E.L., Khranova E.V., Kostochko A.V.* Cellulose based on alternative sources of domestic raw materials: cellulose from hemp fiber. *Bulletin of the Technological University*, 2015, vol. 18, no. 2, pp. 259–262. (In Russ.)

*Vurasko A.V., Minakova A.R., Driker B.N., Sivakov V.P., Kosacheva A.M.* Technology for producing cellulose from non-wood plant raw materials. *Chemistry of plant raw materials*, 2010, no. 2, pp. 165–168. (In Russ.)

*Материал поступил в редакцию 09.12.2023*

**Александров А.А., Момзякова К.С., Дебердеев Т.Р., Канарский А.В., Дебердеев Р.Я., Ямашев Т.А., Канарская З.А.** Получение микрокристаллической целлюлозы из тресты технической конопли // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2024. Вып. 249. С. 297–309. DOI: 10.21266/2079-4304.2024.249.297-309

Получение микрокристаллической целлюлозы (МКЦ), как одного из широко востребованных продуктов переработки целлюлозы, из альтернативных источников целлюлозосодержащего сырья является актуальнейшей задачей на сегодняшний день. В качестве альтернативного источника микрокристаллической целлюлозы рассматривается техническая конопля, которая имеет ряд преимуществ по сравнению с другим растительным сырьем, таких как большой объём ежегодного воспроизведения биомассы; невысокие затраты на её возделывание; высокая урожайность по стеблю; содержание лигнина значительно ниже по сравнению с древесиной; упрощённая делигнификация. Техническая конопля перед началом варки размалывалась до размеров 10-20 мм. Из-за высокого содержания костры в размолотой технической конопле разработан многостадийный технологический режим получения микрокристаллической целлюлозы. Многостадийный технологический режим получения микрокристаллической целлюлозы состоит из предгидролиза (натронной варки), пероксидно-молибдатной делигнификации, кислотного гидролиза и отбелки. Натронная варка, по сравнению с сульфатной или сульфитной варкой, обусловлена экологичностью из-за отсутствия соединений серы. Пероксидно-молибдатная делигнификация выбрана из-за более полного удаления остаточного лигнина из растительного сырья. Гидролиз полученного полупродукта минеральными кислотами обусловлен тем, что это самый распространенный и доступный способ получения микрокристаллической целлюлозы. Отбелка необходима для придания окончательных свойств, так как полученная МКЦ представляет собой мелкодисперсные частицы кремового цвета. Применение раствора серной кислоты для кислотного гидролиза тресты технической конопли по предлагаемой технологической схеме получения МКЦ приводит к уменьшению степени полимеризации на 55–60 единиц по сравнению с применением раствора соляной кислоты при этой же технологической схеме получения МКЦ. Микрокристаллическая целлюлоза из тресты технической конопли, полученная с использованием более высоких температур при натронной варке, при одинаковых режимах на других стадиях характеризуется более низкой белизной, из чего следует, что более оптимальным технологическим режимом получения МКЦ из тресты технической конопли является применение низкотемпературной натронной варки при начальной стадии.

**Ключевые слова:** целлюлоза, микрокристаллическая целлюлоза, техническая конопля, варка, делигнификация.

**Aleksandrov A.A., Momzyakova K.S., Deberdeev T.R., Kanarsky A.V., Deberdeev R.Ya., Yamashev T.A., Kanarskaya Z.A.** Preparation of microcrystalline cellulose from industrial hemp trusts. *Izvestia Sankt-Peterburgskoj Lesotekhnicheskoy Akademii*, 2024, iss. 249, pp. 297–309 (in Russian with English summary). DOI: 10.21266/2079-4304.2024.249.297-309

The production of microcrystalline cellulose (MCC), as one of the widely popular products of cellulose processing, from alternative sources of cellulose-containing raw materials is a pressing task today. Industrial hemp is considered as an alternative source of microcrystalline cellulose, which has a number of advantages compared to other plant raw materials, such as a large volume of annual biomass reproduction; low costs for its cultivation; high yield per stem; lignin content is significantly lower compared to wood; simplified delignification. Before cooking, industrial hemp was ground to a size of 10-20 mm. Due to the high content of buds in ground industrial hemp, a multi-stage technological regime for the production of microcrystalline cellulose has been developed. The multi-stage technological regime for the production of microcrystalline cellulose consists of pre-hydrolysis (sodium cooking), peroxide-molybdate delignification, acid hydrolysis and bleaching. Soda cooking, compared to sulfate or sulfite cooking, is environmentally friendly due to the absence of sulfur compounds. Peroxide-molybdate delignification was chosen due to the more complete removal of residual lignin from plant materials. Hydrolysis of the resulting intermediate product with mineral acids is due to the fact that this is the most common and accessible method for producing microcrystalline cellulose. Bleaching is necessary to impart final properties, since the resulting MCC is fine, cream-colored particles. The use of a sulfuric acid solution for the acid hydrolysis of industrial hemp trusts according to the proposed technological scheme for the production of MCC leads to a decrease in the degree of polymerization by 55-60 units than the use of a hydrochloric acid solution with the same technological scheme for the production of MCC. Microcrystalline cellulose from industrial hemp trust, obtained using higher temperatures during soda cooking, under the same conditions at other stages is characterized by lower whiteness, which means that the more optimal technological mode for obtaining MCC from industrial hemp trust is the use of low-temperature soda cooking at the initial stages.

**Key words:** cellulose, microcrystalline cellulose, industrial hemp, cooking, delignification.

---

**АЛЕКСАНДРОВ Александр Анатольевич** – заведующий лабораторией Казанского национального исследовательского технологического университета.

420015, ул. К. Маркса, д. 68, г. Казань, Республика Татарстан, Россия.  
E-mail: alexananat@gmail.com

**ALEXANDROV Alexander A.** – Head of the Laboratory of the Kazan National Research Technological University.

420015. K. Markska str. 68. Kazan. Republic of Tatarstan. Russia. E-mail: alexananat@gmail.com

**МОМЗЯКОВА Ксения Сергеевна** – лаборант Казанского национального исследовательского технологического университета, кандидат технических наук.  
420015, ул. К. Маркса, д. 68, г. Казань, Республика Татарстан, Россия.  
E-mail: ksunya-fadeeva@yandex.ru

**MOMZYAKOVA Ksenia S.** – PhD (Technical), Laboratory Assistant at Kazan National Research Technological University.  
420015. K. Marksa str. 68. Kazan. Republic of Tatarstan. Russia. E-mail: ksunya-fadeeva@yandex.ru

**ДЕБЕРДЕЕВ Тимур Рустамович** – профессор Казанского национального исследовательского технологического университета, доктор технических наук.  
420015, ул. К. Маркса, д. 68, г. Казань, Республика Татарстан, Россия.  
E-mail: deberdeev@mail.ru

**DEBERDEEV Timur R.** – DSc (Technical), Professor of the Kazan National Research Technological University.  
420015. K. Marksa str. 68. Kazan. Republic of Tatarstan. Russia. E-mail: deberdeev@mail.ru

**КАНАРСКИЙ Альберт Владимирович** – профессор Казанского национального исследовательского технологического университета, доктор технических наук.  
420015, ул. К. Маркса, д. 68, г. Казань, Республика Татарстан, Россия.  
E-mail: alb46@mail.ru

**KANARSKY Albert V.** – DSc (Technical), Professor at Kazan National Research Technological University.  
420015. K. Marksa str. 68. Kazan. Republic of Tatarstan. Russia. E-mail: alb46@mail.ru

**ДЕБЕРДЕЕВ Рустам Якубович** – профессор Казанского национального исследовательского технологического университета, доктор технических наук.  
420015, ул. К. Маркса, д. 68, г. Казань, Республика Татарстан, Россия.  
E-mail: rudeberdeev@rambler.ru

**DEBERDEEV Rustam Y.** – DSc (Technical), Professor of the Kazan National Research Technological University.  
420015. K. Marksa str. 68. Kazan. Republic of Tatarstan. Russia. E-mail: rudeberdeev@rambler.ru

**ЯМАШЕВ Тимур Анварович** – доцент Казанского национального исследовательского технологического университета, кандидат технических наук.  
420015, ул. К. Маркса, д. 68, г. Казань, Республика Татарстан, Россия.  
E-mail: yamashev555@mail.ru

**YAMASHEV Timur A.** – PhD (Technical), Associate Professor of Kazan National Research Technological University, Candidate of Technical Sciences.

420015. K. Marksa str. 68. Kazan. Republic of Tatarstan. Russia. E-mail: yamashev555@mail.ru

**КАНАРСКАЯ Зося Альбертовна** – доцент Казанского национального исследовательского технологического университета, кандидат технических наук.

420015, ул. К. Маркса, д. 68, г. Казань, Республика Татарстан, Россия. E-mail: zosya\_kanarskaya@mail.ru

**KANARSKAYA Zosya A.** – PhD (Technical), Associate Professor of Kazan National Research Technological University.

420015. K. Marksa str. 68. Kazan. Republic of Tatarstan. Russia. E-mail: zosya\_kanarskaya@mail.ru