

9. Konrad O. The effect of refining intensity on the water retention value // Ann. Warsaw Agr. Univ. Forest. and Wood Tech-nol. 2006. V.59. P. 132-136.
10. Luukkonen A., Olson J., Martinez D. Low Consistency Refining of Mechanical Pulp, Effect of Gap, Speed and Power// J. Pulp Paper Sci. 2010. V. 36. P. 28-34.
11. Вихарев С.Н. Контактное взаимодействие гарнитуры мельниц с волокнистым полуфабрикатом// Лесной журнал. - 2013. - №3. - С. 133-138.
12. Горячева И.Г. Контактная задача качения вязкоупругого цилиндра по основанию из того же материала// ПММ. – 1973(37). – № 5. – С. 877-885.
13. Вихарев С.Н., Душинина С.А. Модель волокнистой прослойки при размоле в дисковых мельницах// Лесной журнал. - 2014. - №2. – С. 116-122.
14. Ерыхов Б.П., Липцев В.Н., Чибирев В.Е. Исследование вязкоупругих свойств древесины применительно к размолу щепы // Лесной журнал. – 1979. - № 4. – С. 61-66.
15. Патент 108042 РФ, МПК D 21 D 1/30. Мельница для размола волокнистых материалов / Вихарев С.Н., Агарков М.С., опубл. 10.09.2011, бюл. № 25, – 4 с.: ил.
16. Патент 134936 РФ, МПК D 21 D 1/30. Дисковая мельница /Вихарев С.Н., Микушина В.Н., опубл. 27.11.2013, бюл. № 33, – 4 с.: ил
17. Diagnosing Refiner Plate Failure Modes in Thermo-Mechanica, Pulpmg// J&L Fiber Services. OPTIMA. Technical Bulletin. 2003. № 1-2. - 4 p.
18. Демин П.П., Пашинский В.Ф., Киселев С.С. Стойкость гарнитуры дисковых мельниц. - М.: ВНИПИЭИлеспром, 1972. - 23 с.

---

УДК 676.164.8

## ПОЛУЧЕНИЕ СОРБЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ ИЗ СОЛОМЫ И ШЕЛУХИ РИСА

**Вураско Алеся Валерьевна,**  
д-р техн. наук, заведующая кафедрой,  
ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет»,  
г. Екатеринбург, E-mail: [vurasko2010@yandex.ru](mailto:vurasko2010@yandex.ru)

**Симонова Елена Игоревна,**  
ассистент, ФГБОУ ВО Уральский государственный лесотехнический университет,  
г. Екатеринбург, E-mail: [bliznyakova1989@mail.ru](mailto:bliznyakova1989@mail.ru)

**Минакова Анастасия Рашитовна,**  
канд. техн. наук, доцент,  
ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет»,  
г. Екатеринбург, E-mail: [galimova\\_ar@mail.ru](mailto:galimova_ar@mail.ru)

**Полиенко Ксения Сергеевна,**  
студент, ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет»,  
г. Екатеринбург, E-mail: [k.polienko@bk.ru](mailto:k.polienko@bk.ru)

*Ключевые слова:* целлюлоза, сорбционные материалы, окислительно-органосольвен-  
тная варка, шелуха, солома, недревесное сырье.

*Аннотация.* Исследовано влияние размола технической целлюлозы из шелухи и соломы  
риса повышения сорбционной способности, адсорбционной способности и капиллярной впи-  
тываемости.

**OBTAINING SORPTION MATERIALS ON THE BASIS  
OF TECHNICAL CELLULOSE FROM STRAW AND RICE HUSK**

**Vurasko Alesya Valeryevna,**  
holder of an Advanced Doctorate in Engineering Sciences, head of the Department,  
Ural State Forest Engineering University, Yekaterinburg, E-mail: [vurasko2010@yandex.ru](mailto:vurasko2010@yandex.ru)

**Simonova Elena Igorevna,**  
assistant, Ural State Forest Engineering University,  
Yekaterinburg, E-mail: [bliznyakova1989@mail.ru](mailto:bliznyakova1989@mail.ru)

**Minakova Anastasiya Rashitovna,**  
Ph.D. of Engineering Sciences, Associate Professor,  
Ural State Forest Engineering University, Yekaterinburg, E-mail: [galimova\\_ar@mail.ru](mailto:galimova_ar@mail.ru)

**Polienko Ksenia Sergeevna,**  
student, Ural State Forest Engineering University,  
Yekaterinburg, E-mail: [k.polienko@bk.ru](mailto:k.polienko@bk.ru)

***Key words:** cellulose, sorption materials, oxidative-organosolvent cooking, husk, straw, non-wood raw materials.*

***Abstract.** The effect of grinding technical cellulose from rice husk and straw to increase sorption capacity, adsorption capacity and capillary absorbency is studied.*

В настоящее время большое внимание уделяется получению доступных сорбентов на основе технической целлюлозы, функциональные группы которых способны удерживать реагенты на поверхности материала, не мешая при этом визуальному колористическому определению содержания ионов металлов в загрязненных природных и сточных водах [1-5]. Помимо высоких сорбционных характеристик носитель на основе целлюлозы должен обладать нейтральным значением рН, хорошими впитывающими свойствами, прочностью, высокой белизной. В качестве дополнительной сырьевой базы для получения технической целлюлозы можно использовать однолетние растения [6-9] в частности солому и шелуху риса. Ранее проведенными исследованиями установлено [10], что целлюлоза из шелухи риса (ШР) обладает высокой сорбционной емкостью и короткими волокнами, не позволяющими получить прочный бумажный материал. В то же время целлюлоза из соломы риса (СР), наоборот обладает относительно большой длиной волокна и приемлемыми сорбционными свойствами. В связи с этим, было бы интересно создать композиционный материал на основе двух волоконистых полуфабрикатов для получения сорбционного материала сочетающего прочностные и сорбционные характеристики.

Целью работы является получение композиционного сорбционного материала на основе технической целлюлозы из СР и ШР, полученной окислительно-органо-сольвентным способом.

Задачи: выбор и обоснование условий получения технической целлюлозы с минимальным содержанием минерального компонента из СР и ШР; получение и анализ целлюлозы; размол технической целлюлозы и составление композиции; анализ полученных композиционных материалов с точки зрения сорбционных свойств.

Солома и шелуха риса в своем составе содержит до 30 % минеральных компонентов от абсолютно сухого сырья (а.с.с.). Ранее проведенными исследованиями показано, что наличие неорганических веществ в целлюлозе снижает ее сорбционные свойства. Поэтому для удаления минерального компонента из СР при проведении окислительно-органо-сольвентной варки используют стадию щелочной обработки.

В качестве объектов исследования использовали ШР и СР (Краснодарский край, урожай 2015 г). Компонентный состав сырья представлен в табл.1.

Компонентный состав сырья РШ и СР

Компоненты, %	СР	ШР
Целлюлоза Кюршнера-Хоффера [11]	43,6±1,0	38,6±1,0
Лигнин, ГОСТ 11960	22,3±0,2	31,3±0,2
Вещества, растворимые:		
- в спиртобензольной смеси [11];	5,1±0,5	2,0±0,5
- в воде [11]	3,7±0,5	11,0±0,5
Минеральные вещества [11]	13,7±0,1	16,9±0,1

Получение технической целлюлозы из СР и ШР проводили в две стадии: первая стадия – щелочная обработка, вторая – окислительно-органосольвентная варка [12]. Обе стадии проводили в лабораторной реакторной системе LR-2.СТ.

На основании реализации двухуровневого двухфакторного полного факторного эксперимента, были получены экспериментально-статистические модели выхода волокнистого материала и содержания в них лигнина и минеральных компонентов. Для решения оптимизационной задачи был применен численный метод обобщенного приведенного градиента с использованием программы Excel «Поиск решений».

Щелочная обработка СР и ШР проводилась водным раствором NaOH при следующих условиях: гидромодуль 1:10; концентрация NaOH 0,69...1 н.; температура обработки 90 °С; продолжительность подъема температуры – 15 минут; продолжительность щелочной обработки 90...240 минут. Оработанный щелочной раствор сливали через сливной клапан реакторной системы.

Окислительно-органосольвентная варка ШР и СР проводилась равновесной перуксусной кислотой (рПУК) при условиях: жидкостный модуль – 1:10; температура обработки – 90 °С; продолжительность подъема температуры – 20 минут; продолжительность обработки – 90 мин; расход варочной композиции в перерасчете на рПУК 0,8 г на 1 г от массы а.с.с. Полученную техническую целлюлозу промывали и анализировали. Результаты представлены в табл. 2.

Из табл. 2 видно, что проведенная оптимизация щелочной обработки позволяет получить волокнистые продукты с заданными свойствами – минимальным содержанием золы, допустимым содержанием лигнина, относительно высоким выходом технической целлюлозы. Значения сорбционной способности, рН водной вытяжки и водоудержания позволяют рассматривать полученную техническую целлюлозу, как перспективный сорбционный материал.

Таблица 2

Выход и характеристики технической целлюлозы из ШР и СР

Показатели варки	СР	ШР
Выход технической целлюлозы, % от а.с.с.	56,8±0,5	56,5±0,5
Степень помола, °ШР	18	14
Содержание лигнина, % от а.с. целлюлозы ГОСТ 11960	2,5±0,2	3,0±0,2
Зольность, % от а.с. целлюлозы ГОСТ 18461	0,05±0,01	0,05±0,01
Белизна, % ГОСТ 7690	79,0±0,5	89,0±0,5
Сорбционная способность по йоду, % [13]	37,9±0,2	50,4±0,2
Значение рН водной вытяжки	6,5	6,8
Водоудержание,% [14]	220	200

Потому в работе для увеличения сорбционных свойств техническую целлюлозу подвергли размолу. Размол проводили в лабораторной мельнице типа PFI при следующих условиях: концентрация массы 10%, давление размола  $3,33 \pm 0,1$  Н на 1 мм длины ножа, частота вращения барабана  $24,3 \pm 0,5$  с<sup>-1</sup>, количество оборотов составляло от 2500...30000. Температура размалывающего сосуда и суспензии целлюлозы составляла  $20 \pm 5^\circ\text{C}$ . Зависимость степени помола от продолжительности размола представлена на рис. 1.

Динамика размола технической целлюлозы из недревесного растительного сырья отличается от динамики размола традиционной древесной технической целлюлозы. Размол целлюлозы из СР можно описать тремя периодами: первый период характеризуется быстрым повышением степени помола – продолжительность его составляет до трех минут; второй период, степень помола поднимается медленнее это обусловлено внутренним фибриллированием волокон; третий период начинается с шестой минуты и характеризуется постепенным достижением степени помола  $60^\circ\text{ШР}$ .

Целлюлоза из ШР размалывается равномерно и достигает максимальной, в заданных условиях, степени помола –  $47,5^\circ\text{ШР}$  за 20 минут.

Из технической целлюлозы с различной степенью помола были изготовлены бумажные отливки следующего композиционного состава: 50% целлюлоза из соломы риса 50% целлюлоза из шелухи риса.

Полученные бумажные отливки известного композиционного состава анализировали по показателям: капиллярная впитываемость, сорбционная и адсорбционная способность. Результаты представлены на рис. 2-4.

Из представленных на рис. 2 результатов можно сделать следующие выводы: при постоянном содержании соломы риса 50 % в композиции в независимости от ее степени помола ( $38; 43,5; 53^\circ\text{ШР}$ ) капиллярная впитываемость изменяется в пределах погрешности измерений; при постоянном содержании соломы риса 50 % в композиции и добавлении к ней целлюлозы из шелухи риса с увеличивающейся степенью помола ( $35; 43,5; 47,5^\circ\text{ШР}$ ) капиллярная впитываемость снижается незначительно на 1...2,5 мм.

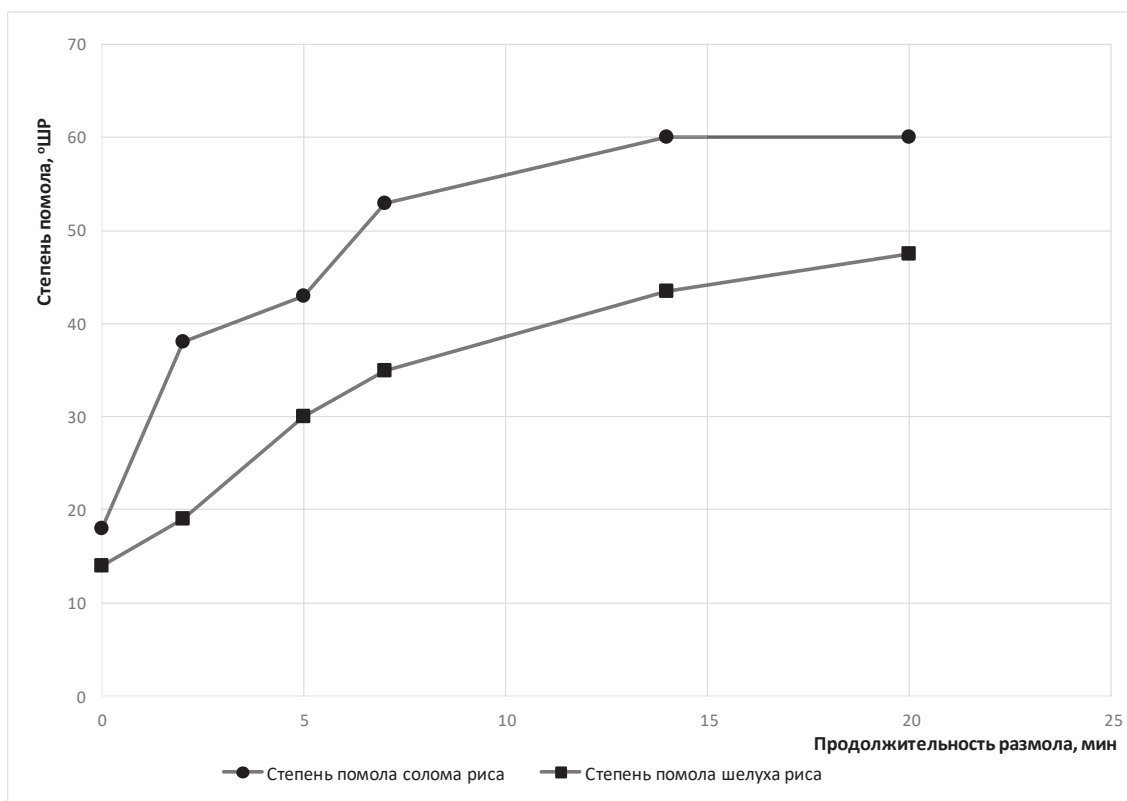


Рис.1. Динамика размола технической целлюлозы из СР и ШР

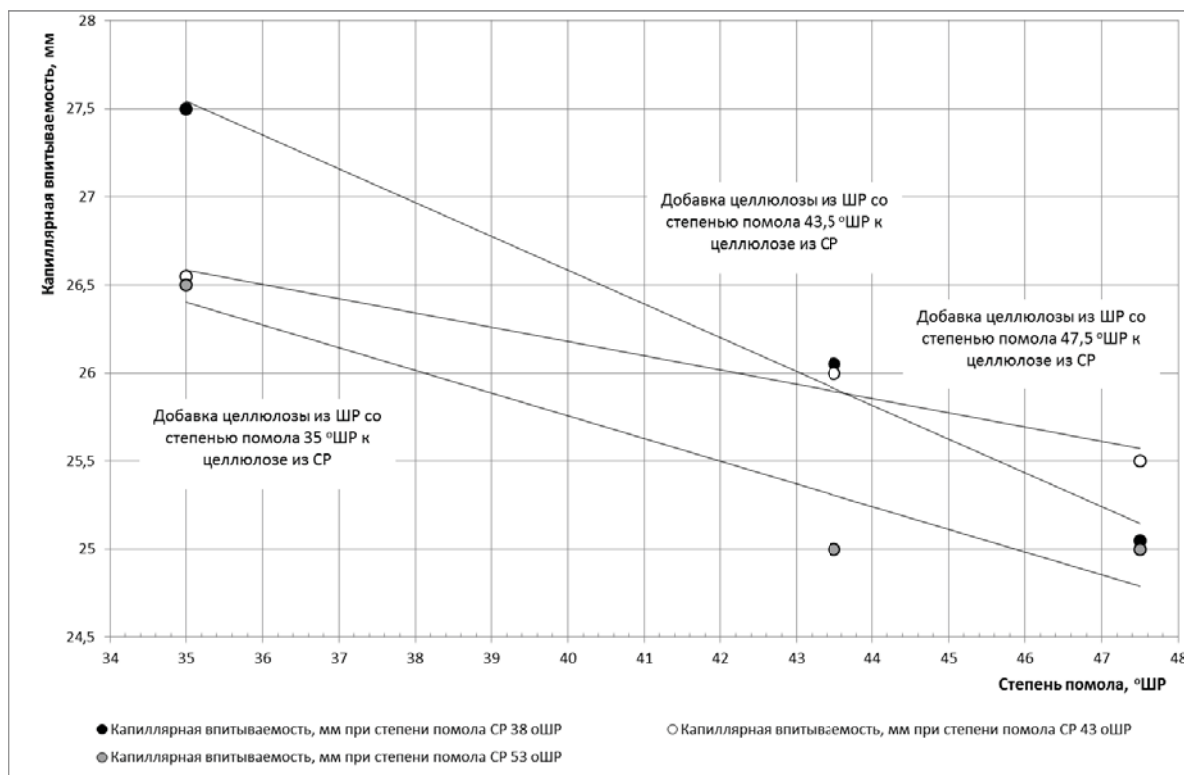


Рис. 2. Зависимость значения капиллярной впитываемости от степени помола технической целлюлозы

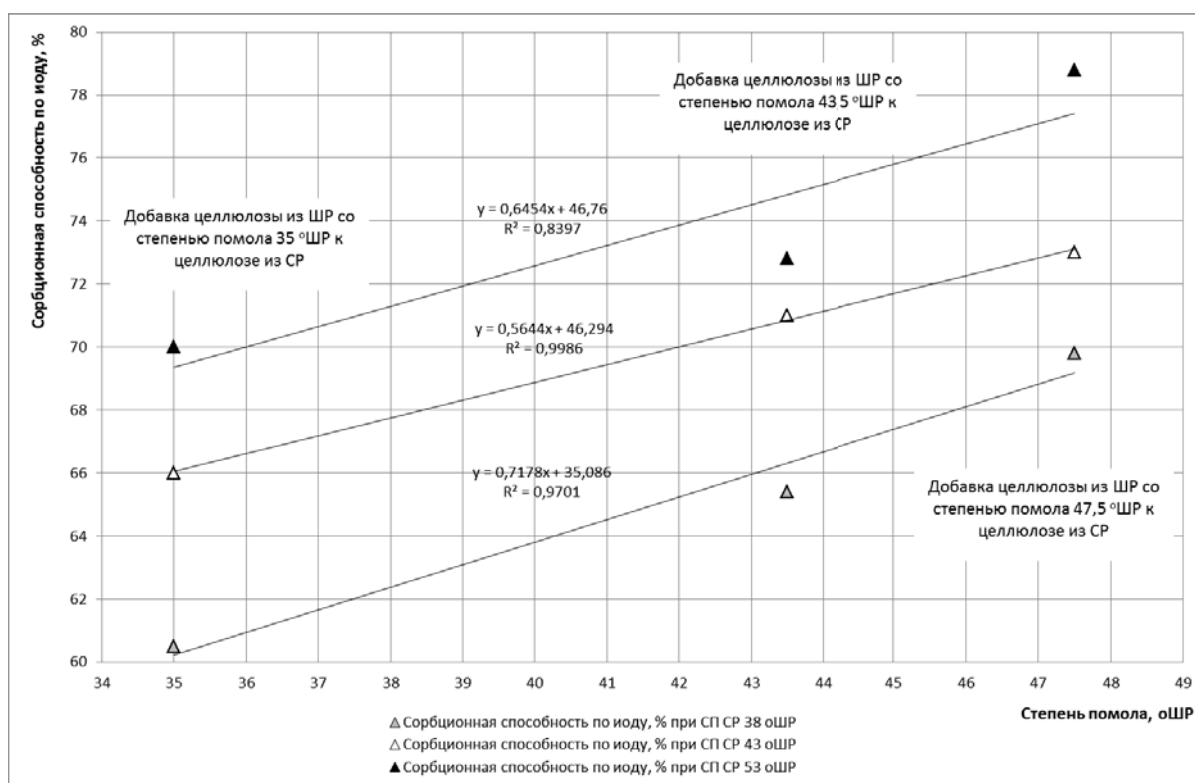


Рис. 3. Зависимость значений сорбционной способности по йоду от степени помола технической целлюлозы

На рис. 3 представлена зависимость значений сорбционной способности по йоду от степени помола технической целлюлозы. Из рис. 3 видно, что при увеличении степени помола целлюлозы из соломы риса в композиции, сорбционная способность по йоду увеличивается (при повышении степени помола на 15 °ШР сорбционная способность по йоду увеличивается в среднем на 8%). Представленные графические зависимости, описанные линиями тренда, показывают, что при постоянном содержании соломы риса 50 % в композиции и добавлении к ней целлюлозы из шелухи риса с увеличивающейся степенью помола сорбционная способность по йоду так же увеличивается. Следовательно, на сорбционную способность по йоду оказывает влияние, как степень помола целлюлозы из ШР, так и степень помола целлюлозы из СР.

На рис. 4 представлена зависимость значений адсорбционной способности по метиленовому-голубому (МГ) от степени помола технической целлюлозы. Из рис. 4 видно, что при постоянном содержании соломы риса 50 % в композиции в независимости от ее степени помола (38; 43; 53 °ШР) адсорбционная способность по МГ находится в пределах погрешности измерений. При постоянном содержании соломы риса 50 % в композиции и добавлении к ней целлюлозы из шелухи риса с увеличивающейся степенью помола адсорбционная способность по МГ увеличивается. Наилучшие результаты достигаются при добавлении целлюлозы из ШР при максимальной степени помола (47,5 °ШР) в независимости от степени помола целлюлозы из СР.

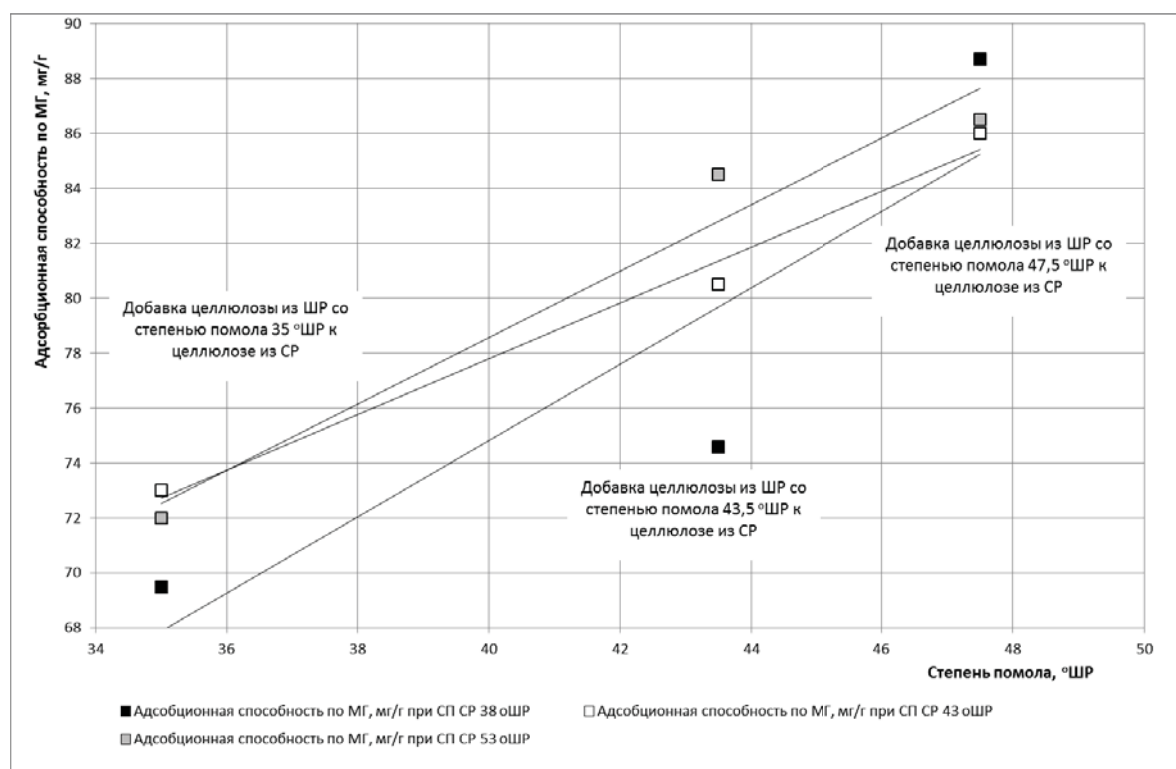


Рис. 4. Зависимость значений адсорбционной способности по МГ от степени помола технической целлюлозы

**Выводы по работе:**

- в условиях оптимизации щелочной обработки и последующей окислительно-органосольвентной варки получена техническая целлюлоза из СР и ШР, с минимальным содержанием минерального компонента (0,05% от а.с.ц.); выходом (СР – 56,8 %, ШР – 56,8 % от а.с.ц.), содержанием остаточного лигнина (СР – 2,5 %, ШР – 3,0 % от а.с. целлюлозы); произведен размол технической целлюлозы и составлены композиции из двух волокнистых полуфабрикатов с различной степенью помола;

- установлено, что капиллярная впитываемость не зависит от степени помола целлюлозы из СР, а от степени помола целлюлозы из ШР снижается незначительно;
- сорбционная способность по йоду зависит от степени помола как целлюлозы из ШР, так и от степени помола целлюлозы из СР. С увеличением степени помола сорбционная способность по йоду увеличивается.
- адсорбционная способность по МГ при постоянном содержании СР 50% в композиции и добавлении к ней целлюлозы из ШР с увеличивающейся степенью помола (35; 43,5; 47,5 °ШР) увеличивается. Наилучшие результаты достигаются при добавлении целлюлозы из ШР при максимальной степени помола (47,5 °ШР) в независимости от степени помола целлюлозы из СР.

### Список литературы

1. Маслакова Т.И., Первова И.Г., Маслаков А.А., Симонова Е.И., Вураско А.В. Исследование особенностей иммобилизации гетарилформазапов на целлюлозосодержащие матрицы // Сорбционные и хроматографические процессы. 2016. Т. 16. № 6. С. 847-857
2. Маслакова Т.И., Первова И.Г., Желновач А.В., Маслаков П.А., Симонова Е.И., Вураско А.В. Сорбционные и физико-химические характеристики целлюлозосодержащих сорбентов, модифицированных гетарилформазапов // Сорбционные и хроматографические процессы. 2017. Т. 17. № 3. С. 398-406.
3. Никифорова Т.Е., Козлов В.А. Сорбция катионов меди (II) целлюлозосодержащим сорбентом из водных сред // Физикохимия поверхности и защита материалов / 2012. Т. 48., № 3. С. 262-266.
4. Багровская Н. А., Алексеева О. В., Рожкова О. В., Родионова А. Н., Лилин С. А. Извлечение ионов тяжелых металлов целлюлозосодержащими материалами // Физикохимия поверхности и защита материалов / 2008. Т. 44., № 4. С. 423-426.
5. Zimmermann Tanja, Sehaqui Houssine, Tingaut Philippe Функциональные материалы из нановолокон целлюлозы. Functional materials from cellulose nanofibers // Chimia. / 2015. № 4. – С. 232. – Англ.
6. Митрофанов Р.Ю., Будаева В.В., Денисова М.Н., Сакович Г.В. Гидротропный метод получения целлюлозы из мискантуса // Химия растительного сырья. 2011. №1. С.25-32.
7. Рахманбердиев Г.Р., Муродов М.М. Разработка технологии получения целлюлозы из растений топинамбура // “Итисодиёт ва инновацион технологиялар” илмий электрон журнали. 2011. № 2. С.1-11.
8. Вураско А.В., Минакова А.Р., Дриккер Б.Н., Сиваков В.П., Косачева А.М. Технология получения целлюлозы из недревесного растительного сырья // Химия растительного сырья. 2010. № 2. С. 165-168.
9. Будаева В.В., Митрофанов Р.Ю., Золотухин В.Н., Сакович Г.В. Новые сырьевые источники целлюлозы для технической химии // Вестник Казанского Технологического Университета. 2011г. №7. С. 205-212.
10. Симонова Е.И., Вураско А.В., Циликора А.О., Шаповалова И.О., Первова И.Г., Маслакова Т.И. Получение сорбционных материалов на основе технической целлюлозы из недревесного растительного сырья // V Всероссийской отраслевой научно-практической конференция «Перспективы развития техники и технологий в целлюлозно-бумажной и деревообрабатывающей промышленности», Пермь, 2017 г. – 24-25 марта – С. 143-151.
11. Оболенская А.В., Ельницкая З.П., Леонович А.А. Лабораторные работы по химии древесины и целлюлозы. М.: 1991. 320 с.
12. Шаповалова И.О. Получение и свойства технической целлюлозы из рисовой шелухи, полученной в лабораторной реакторной системе LR-2.ST / И.О. Шаповалова, Е.И. Симонова, А.О. Циликора, А.В. Вураско // Fundamental science and technology - promising developments X: Proceedings of the Conference. North Charleston, 12-13.12.2016, Vol. 1 – North Charleston, SC, USA: Create Space, 2016. P. 105-107.

13. Минакова А.Р. Получение целлюлозы окислительно-органосольвентным способом при переработки растительного сырья: дис. канд. техн. наук – г. Архангельск: АГТУ. – 2008 -151с.

14. Справочник бумажника Т.1 / Изд.2-е перераб. и доп. - М.: Изд-во Лесная пром - ть, 1964. – 807 с.

15. Смолин А.С., Бисальская М., Шабель С., Шабиев Р.О., Влияние размола и фракционирования на электроповерхностные свойства целлюлозных гидросуспензий, Химия растительного сырья, 2011, №3, С. 183-192.

---

УДК 661.716

## ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СТАБИЛИЗИРОВАННЫХ ПОЛИМЕРАМИ НАНОЧАСТИЦ СЕРЕБРА И ЗОЛОТА ДЛЯ МОДИФИКАЦИИ ПОВЕРХНОСТИ БУМАГИ

**Ибраева Жанар Ершатовна,**  
канд. хим. наук, доцент, Сатпаев Университет,  
г. Алматы, E-mail: [zhanar-ibraeva@mail.ru](mailto:zhanar-ibraeva@mail.ru)

**Мырзабекова Назым Ерланкызы,**  
магистрант, Сатпаев Университет,  
г. Алматы, E-mail: [nazimirzabekova@mail.ru](mailto:nazimirzabekova@mail.ru)

**Калдыбаева Айжан Далелбеккызы,**  
магистрант, Сатпаев Университет,  
г. Алматы, E-mail: [aizhan\\_95k@mail.ru](mailto:aizhan_95k@mail.ru)

***Ключевые слова:** полимер-протектированные наночастицы серебра и золота, модификация бумаги.*

***Аннотация.** Полимер-протектированные наночастицы серебра и золота использованы для обработки различных сортов бумаги. Методами сканирующей электронной и зондовой микроскопии изучена структура и морфология бумаги. Показана возможность использования коллоидных растворов серебра и золота для придания бумаге дополнительной степени защиты.*

## PROSPECTS OF APPLICATION POLYMER-PROTECTED NANOPARTICLES OF SILVER AND GOLD FOR PAPER SURFACE MODIFICATION

**Ibrayeva Zhanar Rishatovna,**  
Ph.D. of Chemical Sciences, Associate Professor,  
Satpayev University, Almaty, E-mail: [zhanar-ibraeva@mail.ru](mailto:zhanar-ibraeva@mail.ru)

**Myrzabekova Nazim Erlankyzy,**  
master student, Satpayev University, Almaty, E-mail: [nazimirzabekova@mail.ru](mailto:nazimirzabekova@mail.ru)

**Kaldybaeva Aizhan Callbacks,**  
master student, Satpayev University, Almaty, E-mail: [aizhan\\_95k@mail.ru](mailto:aizhan_95k@mail.ru)

***Key words:** polymer-protected silver and gold nanoparticles, paper modification.*

***Abstract.** Polymer-protected nanoparticles of silver and gold have been used for treatment of various kinds of papers. Structure and morphology of papers were studied by scanning electron and atomic force microscope. A possible application of colloid nanoparticles for additional protecting of papers was demonstrated.*