

ПОЛУЧЕНИЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БАКТЕРИАЛЬНОЙ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ В КАЧЕСТВЕ КОМПОЗИТНОГО СЫРЬЯ

Е. А. Рогова, Ю. Д. Алашкевич, В. А. Кожухов

Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М. Ф. Решетнева
Российская Федерация, 660037, г. Красноярск, просп. им. газеты «Красноярский рабочий», 31
E-mail: kat-rogo@yandex.ru

Аннотация. Сырьевая база для целлюлозно-бумажной промышленности имеет очень широкий спектр. Но, не смотря на это, основным сырьем по-прежнему остаются волокна растительного происхождения (древесина хвойных и лиственных пород, однолетние растения), что негативно влияет на экологию в целом. Из-за широкого диапазона применения продукции целлюлозно-бумажного производства, производители готовой продукции все чаще применяют композиции из волокон различного происхождения, производя замену от 1 до 90 % растительных волокон. Это позволяет сократить расход волокон растительного происхождения, что в свою очередь благоприятно влияет на экологическую обстановку.

В настоящее время все больший интерес проявляется к волокнам, имеющим бактериальное происхождение, так называемая бактериальная целлюлоза (БЦ), которая в композиции с волокнами растительного происхождения, позволяет получить готовый продукт с различными характеристиками и различным назначением.

В исследовании представлены результаты получения композиционного сырья из волокон хвойных пород древесины и БЦ для целлюлозно-бумажного производства; представлены результаты физико-механических испытаний готовой продукции.

Ключевые слова: бактериальная целлюлоза, целлюлоза из хвойных пород древесины, композиционные материалы, биореактор для получения бактериальной целлюлозы, композиционные материалы, композиционные материалы с применением бактериальной целлюлозы.

Conifers of the boreal area. 2025, Vol. XLIII, No. 4, P. 93–97

PRODUCTION AND USE OF BACTERIAL CELLULOSE AS A COMPOSITE RAW MATERIAL

E. A. Rogova, Y. D. Alashkevich, V. A. Kozhukhov

Reshetnev Siberian State University of Science and Technology
31, Krasnoyarskii rabochii prospekt, Krasnoyarsk, 660037, Russian Federation
E-mail: kat-rogo@yandex.ru

Annotation. The raw material base for the pulp and paper industry has a very wide range. However, despite this, the main raw materials are still plant fibers (coniferous and deciduous wood, annual plants), which negatively affects the environment as a whole. Due to the wide range of applications of pulp and paper products, manufacturers of finished products are increasingly using fiber compositions of various origins, replacing from 1 to 90 % of plant fibers. This reduces the consumption of plant-based fibers, which in turn has a beneficial effect on the environmental situation.

Currently, there is increasing interest in fibers of bacterial origin, the so-called bacterial cellulose (BC), which, in combination with fibers of plant origin, makes it possible to obtain a finished product with different characteristics and different purposes.

The study presents the results of obtaining composite raw materials from softwood fibers and BC for pulp and paper production; the results of physico-mechanical tests of finished products are presented.

Keywords: bacterial cellulose, softwood cellulose, composite materials, bioreactor for the production of bacterial cellulose, composite materials, composite materials using bacterial cellulose.

ВВЕДЕНИЕ

Целлюлоза – это волокнистый материал, который по своей природе является нерастворимым в воде полимером. Целлюлоза играет важную роль в поддержании структуры стенок растительных клеток. Более того, целлюлоза является биоразлагаемым, биосовместимым и возобновляемым природным полимером и, следовательно, считается альтернативой неразла-

гаемым полимерам на основе ископаемого топлива. Возможности технологического использования целлюлозы огромны, однако, получение чистой целлюлозы, т. е. отделение ее от корковых компонентов, требует химической обработки, которая не является экологически чистой, нерентабельной и требует большого количества энергии. Растения являются основным источником целлюлозы, но в настоящее время

альтернативным источником целлюлозы являются бактерии из-за растущего спроса на производные растительной целлюлозы, что привело к увеличению потребления древесины в качестве сырья, что также привело к вырубке лесов и глобальной экологической проблеме. Помимо растений, некоторые микроорганизмы обладают способностью производить целлюлозу. БЦ была открыта Брауном в 1886 году. Он идентифицировал рост неразветвленной пленки с химически эквивалентной структурой, как у растительной целлюлозы. БЦ представляет собой органическое соединение, вырабатываемое определенными типами бактерий, такими как *Acetobacter xylinum*, *Acetobacter*, *Rhizobium*, *Agrobacterium*, *Azotobacter*, *Pseudomonas*, *Salmonella*, а также грамположительными бактериями, такими как *Sarcina ventriculi* и в настоящее время ведется поиск бактерий с помощью которых можно получать БЦ. Молекулярная формула БЦ – $(C_6H_{10}O_5)_n$, она имеет связь β -1,4 между двумя молекулами глюкозы, которая такая же, как у растительной целлюлозы, но отличается физическими и химическими характеристиками, такими как высокоупорядоченная структура этих целлюлоз [1]. В отличие от растительной целлюлозы, БЦ не содержит лигнина, гемицеллюлоз и экстрактивных веществ и характеризуется высокой чистотой. БЦ можно получить путем культивирования штамма *Acetobacter xylinum*, который обычно встречается на фруктах, гниющих фруктах, овощах, уксусе, фруктовых соках и алкогольных напитках.

Благодаря своей биосовместимости, БЦ используется во многих областях: пищевая промышленность [2; 3], медицина [4; 5], суперсорбенты [6], биоупаковка [7], биобетоны [8]. Кроме того, наноструктура БЦ и наличие большого количества свободных гидроксильных групп делают ее превосходным биоматериалом для использования в целлюлозно-бумажной промышленности. Коллектив авторов [9], провел исследования по получению фильтрационной бумаги из целлюлозы хвойных пород древесины (ХЦ) и БЦ. Диапазон исследованных композиций очень широкий от 0 до 100 % БЦ, через каждые 10 %, но пропущены точки 20, 40 и 80 % БЦ. Также в исследовании участвовала ХЦ не прошедшая никакой механической обработки при начальной степи помола 32 °ШР. БЦ используемая в исследовании была получена статическим методом. В исследовании приведены наиболее значимые результаты при композиции 80 % ХЦ и 20 % БЦ.

Авторы исследования [10] также применяли композицию из ХЦ и БЦ, при этом провели механическую обработку ХЦ, до степени помола в 35°ШР, 45°ШР и 55°ШР, без указания способа обработки. В композицию была добавлена БЦ полученная статическим методом в диапазоне от 0 до 6 %, через 1 %. Представленные результаты, показали уменьшение разрушающего усилия с увеличением БЦ в композиции.

Проанализировав, вышеуказанные исследования была поставлены задачи:

- провести механическую обработку ХЦ с указанием метода и параметров размолла;

- получить БЦ динамическим способом в виде гель-пленки с помощью аппарата [11] и использовать ее для получения композиции с ХЦ;

- получить готовый продукт из композиции ХЦ и БЦ в диапазоне 0–50 % и изучить их физико-механические свойства.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

ХЦ была предоставлена ОАО «Группа «Илим» г. Братск с начальной степенью помола 12°ШР. Размол производился на дисковой мельнице, с использованием гарнитуры [12], форма межножевой полости с прямолинейной формой ножей, при концентрации волокнистой массы 2 %, межножевом зазоре 0,2 мм, частоте вращения ротора 2000 об/мин. Размол проводили до степени помола 45 °ШР, 60 °ШР, 75 °ШР по Шоппер–Риглеру.

БЦ была получена в биореакторе [11] совместно с институтом Биофизики СО РАН в городе Красноярск. Синтез бактериальной целлюлозы осуществлялся штаммом *Komagataeibacter Xylinum* в течение 12 суток. Среда для синтеза БЦ – Хестрина и Шрамма в объеме 1 литр. Исходная концентрация глюкозы 30 г/л, на 5 сутки в среду была введена дополнительная глюкоза в количестве 30 грамм. Частота вращения ротора 2 об/мин. Для получения БЦ в виде гель-пленки в биореактор был помещен цилиндрический пластиковый ротор [13].

Полученная гель-пленка БЦ была разбита на волокна с помощью высокоскоростного разбивателя HURAKAN HKN-HBN830 при скорости 25000 об/мин.

В ходе проведения исследования использовались следующие методы:

1. Измерение степени помола по Шоппер–Риглеру проводились в соответствии с ISO 5267–1 (1999) [14].

2. Измерение показателя разрывной длины проводилось в соответствии с ГОСТ ИСО 1924–1–96 [15].

3. Измерение числа двойных перегибов определялось в соответствии с ГОСТ 13525.2–80 [16].

4. Определение показателя сопротивления продавливанию проводилось в соответствии с ГОСТ 13525.8–86 [17].

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Что бы исследовать закономерности изменений физико-механических свойств готовой продукции, были изготовлены опытные образцы отливок из 100 % ХЦ при различных степенях помола. Затем была составлена композиция из БЦ и ХЦ в следующем процентном соотношении БЦ/ ХЦ: 10/90, 20/80, 30/70, 40/60, 50/50.

Образцы готовой продукции из композиции БЦ/ ХЦ были выполнены в соответствии с требованиями [18] и определены их физико-механические характеристики, закономерности которых показаны на рисунках (рис. 1–3).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЯ

На рис. 1 представлена зависимость сопротивления излому (число двойных перегибов) от % соотношения БЦ при использовании в качестве основного

компонента сырья целлюлозы из хвойных пород древесины размолотой до 45 °ШР, 60 °ШР, 75 °ШР. Что касается количественных значений, то величина сопротивления излому равномерно увеличивается по показательной функции с увеличением % роста БЦ. Средний процент прироста показателя при добавлении каждых 10 % БЦ в композицию, колеблется в пределах 8–14 % не зависимо от степени помола. В то время как при добавлении в композицию 50 % БЦ, показатель вырастает в среднем на 60 % относительно первоначального значения 100 % ХЦ не зависимо от степени помола.

На рис. 2 представлена зависимость сопротивления продавливанию от % соотношения БЦ при ис-

пользовании в качестве основного компонента сырья целлюлозы из хвойных пород древесины размолотой до 45 °ШР, 60 °ШР, 75 °ШР. Как видно из графиков, зависимости качественных показателей, они представляют собой показательные зависимости. Количественные значения показателя, для каждой степени помола происходят равномерно. Средний процент прироста показателя при добавлении каждых 10 % БЦ в композицию, колеблется в пределах 5–12 % не зависимо от степени помола. В то время как при добавлении в композицию 50 % БЦ, показатель вырастает в среднем на 57 % относительно первоначального значения 100 % ХЦ не зависимо от степени помола.

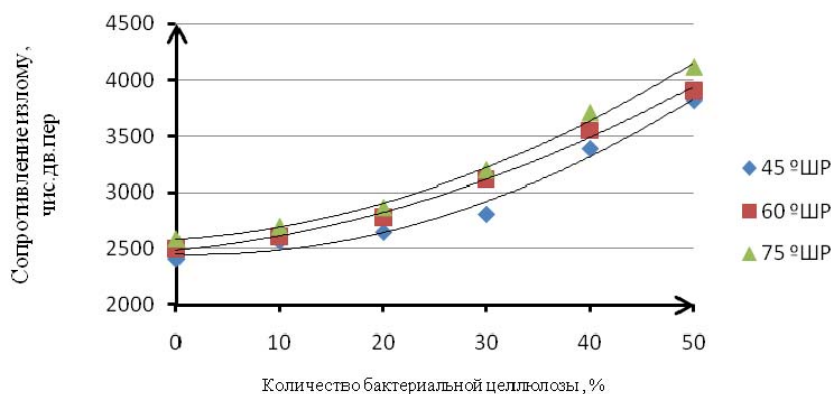


Рис. 1. Зависимость сопротивления излому от % бактериальной целлюлозы в композиции

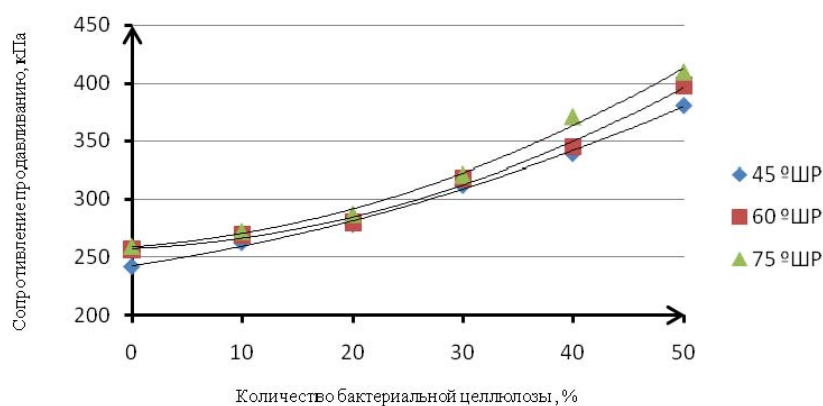


Рис. 2. Зависимость сопротивления продавливанию от % бактериальной целлюлозы в композиции

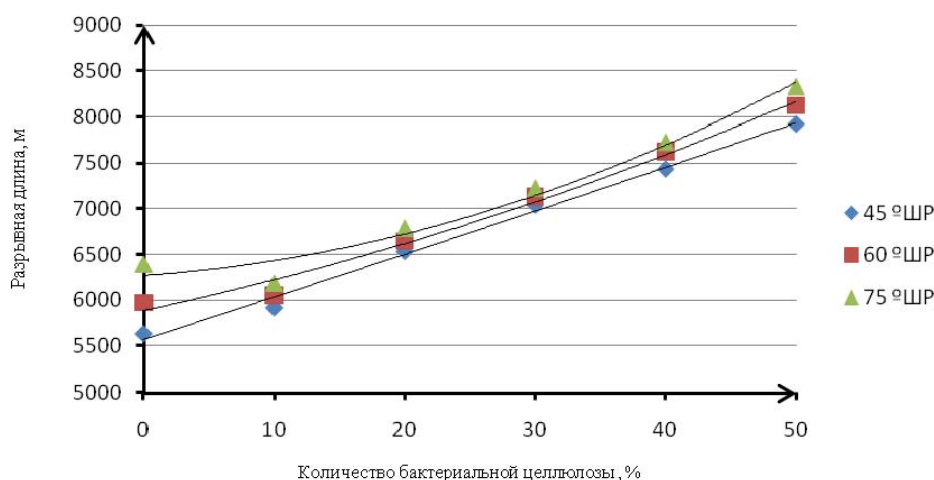


Рис. 3. Зависимость изменения разрывной длины от % бактериальной целлюлозы в композиции

На рис. 3 представлена зависимость изменения разрывной длины от % соотношения БЦ при использовании в качестве основного компонента сырья целлюлозы из хвойных пород древесины размолотой до 45 °ШР, 60 °ШР, 75 °ШР. Как видно из графиков, зависимости качественных показателей близки к линейным зависимостям. Количественные значения показателя, для каждой степени помола, так же происходит равномерно. Средний процент прироста показателя при добавлении каждых 10 % БЦ в композицию, колеблется в пределах 5–10 % не зависимо от степени помола. В то время как при добавлении в композицию 50 % БЦ, показатель вырастает в среднем на 35 % относительно первоначального значения 100 % ХЦ не зависимо от степени помола.

ВЫВОДЫ

Как видно из результатов исследования физико-механические характеристики готовых изделий изменяются от количества БЦ в композиции, причем для показателя сопротивления излому и сопротивления продавливанию, качественный прирост осуществляется по показательной зависимости. Что касается показателя разрывной длины, то качественная зависимость для него носит линейный характер.

Выяснилось, что изменение физико-механических характеристик практически не зависят от прироста степени помола, изменение этих характеристик колеблется в пределах от 5 до 10 % для каждого показателя.

В целом благодаря добавлению БЦ в композицию с ХЦ получается готовая продукция с различным спектром физико-механических характеристик, что позволит применить данную продукцию в широком диапазоне. Благодаря минимальной механической обработке ХЦ и добавления в композицию БЦ можно получать готовую продукцию высокой прочности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЕ ССЫЛКИ

1. Состояние и перспективы совершенствования способов получения и использования бактериальной целлюлозы (обзор) / Е. А. Рогова, Ю. Д. Алашкевич, В. А. Кожухов, И. Р. Лапин, Е. Г. Киселев, // Химия растительного сырья. 2022. № 4. С. 27–46. DOI 10.14258/jcprm.20220411373.
2. Sukara E., Meliawati R. Potential Values of BacteriaL Cellulose for industrial applications // Jurnal Selulosa. 2014. Vol. 4. № 1. Pp. 7–16.
3. Okiyama A., Motoki M., Yamanaka S. Bacterial cellulose II. Processing of the gelatinous cellulose for food materials // Food Hydrocoll. 1992. № 6. Pp. 479–487.
4. Bacterial cellulose-MMTs nanoreinforced composite films: novel wound dressing material with antibacterial properties / M. Ul-Islam, T. Khan, W. A. Khat-tak, J. K. Park // Cellulose. 2013. № 20 Pp. 589–596.
5. Bacterial Cellulose Hydrogel Loaded with Lipid Nanoparticles for Localized Cancer Treatment / M. Caci-cedo, G. A. Islan, I. Leon, V. A. a Alvarez // Colloids and surfaces B: Biointerfaces. 2018. Vol. 170. DOI: 10.1016/j.colsurfb.2018.06.056.
6. Сорбенты на основе бактериальной целлюлозы для выделения Sr, U, Pu и Am из растворов / Н. А. Аты-

кян, В. В. Ревин, А. В. Сафонов, Я. Ю. Карасева, И. М. Прошин, В. В. Шутова // Радиохимия. 2021. Т. 63, № 5. С. 476–483.

7. Multifunctional Bio-Nanocomposite Coatings for Perishable Fruits / S. Jung, Y. Cui, M. Barnes, C. Satam, S. Zhang, R. A. Chowdhury, A. Adumbumkulath, O. Sahin, C. Miller, S. M. Sajadi, L. M. Sassi, Y. Ji, M. R. Bennett, M. Yu, J. Friguglietti, F. A. Merchant, R. Verduzco, S. Roy, R. Vajtai, J. C. Meredith, J. P. Youngblood, N. Koratkar, M. M. Rahman, P. M. Ajayan // Advanced Materials. 2020. № 32. P. 1908291.

8. Sancheza F., Sobolevb K. Nanotechnology in concrete A review // Construction and Building Materials. 2010. № 24. Pp. 2060–2071.

9. Композиционная бумага из бактериальной наноцеллюлозы и хвойной целлюлозы / Ю. А. Гисматулина, В. В. Будаева, А. Е. Ситникова, Н. В. Бычин, Е. К. Гладышева, Н. А. Шавыркина, Г. Ф. Миронова, Ю. В. Севастьянова // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. 2021. Т. 11, № 3. С. 460–471.

10. Смирнова Е. Г., Афанасьев М. В., Смирнова Е. Г. Применение материалов, полученных с помощью нанотехнологий, в производстве бумаги // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2009. № 188. С. 240–245.

11. Биореактор для получения бактериальной целлюлозы: пат. 2822177 Рос. Федерация. № 2023115782 / Рогова Е. А. ; заявл. 15.06.23 ; опубл. 02.07.24, Бюл. № 19. 3 с.

12. Размалывающая гарнитура дисковой мельницы : пат. 2314380 Российская Федерация. № 2006121708/12 / Ю. Д. Алашкевич, В. И. Ковалев, М. А. Карбышев [и др.]; заявл. 19.06.2006 ; опубл. 10.01.2008, Бюл. № 1. 9 с.

13. Получение бактериальной целлюлозы в аппарате роторного типа и ее применение в композиционных материалах / Е. А. Рогова, Ю. Д. Алашкевич, В. А. Кожухов, Е. Г. Киселев // BIOAsia Altai 2024 : материалы IV Международного биотехнологического форума, Барнаул, 23–28 сентября 2024 года. Барнаул : Алтайский государственный университет, 2024. С. 190–194.

14. ISO 5267-1:1999/Cor.1:2001. Cellulose. Determination of the ability to dehydrate. Part 1. ShopperRigler Method. 8 p.

15. ГОСТ ИСО 1924-1–96. Бумага и картон. Определение прочности при растяжении. Часть 1. Метод нагружения с постоянной скоростью. Взамен ГОСТ 13525.1–79. Введ. 01.01.2000. Минск : Изд-во стандартов, 2000. 10 с.

16. ГОСТ 13525.2–80. Полуфабрикаты волокнистые, бумага и картон. Метод определения прочности на излом при многократных перегибах. Взамен ГОСТ 13525.2–68. Введ. 1981–30–06. М. : Стандартиформ, 2007. 4 с.

17. ГОСТ 13525.8–86. Полуфабрикаты волокнистые, бумага и картон. Метод определения сопротивления продавливанию. Взамен ГОСТ 13525.8–78; ГОСТ 13648.7–78. Введ. 1988–01–01. М. : Стандартиформ, 2007. 6 с.

18. Технология целлюлозно-бумажного производства : справ. материалы. В 3 т. / Всерос. науч.-исслед. ин-т целлюлозно-бумаж. пром-сти (ВНИИБ); [Редкол.:

Осипов П.С. и др.]. СПб. : [Изд-во С.-Петерб. гос. лесотехн. акад. (СПб ЛТА)], 2003. 633 с. ISBN 5-7325-0708-6.

19. Рогова Е. А., Кожухов В. А., Алашкевич Ю. Д. Изменение качественных показателей бумаги из вторичного волокна в композиции с бактериальной целлюлозой // Хвойные бореальной зоны. 2024. Т. 42, № 2. С. 95–99. DOI 10.53374/1993-0135-2024-2-95-99.

REFERENCES

1. Sostoyanie i perspektivy sovershenstvovaniya sposobov polucheniya i ispol'zovaniya bakterial'noj cellyulozy (obzor) / E. A. Rogova, Yu. D. Alashkevich, V. A. Kozhuhov, I. R. Lapin, E.G. Kiselev // Himiya rastitel'nogo syr'ya. 2022. № 4. S. 27–46. DOI 10.14258/jepm.20220411373.
2. Sukara E., Meliawati R. Potential Values of BacteriaL Cellulose for industrial applications // Jurnal Selulosa. 2014. Vol. 4. № 1. Pp. 7–16.
3. Okiyama A., Motoki M., Yamanaka S. Bacterial cellulose II. Processing of the gelatinous cellulose for food materials // Food Hydrocoll. 1992. № 6. Pp. 479–487.
4. Bacterial cellulose-MMTs nanoreinforced composite films: novel wound dressing material with antibacterial properties / M. Ul-Islam, T. Khan, W. A. Khattak, J. K. Park // Cellulose. 2013. № 20 Pp. 589–596.
5. Bacterial Cellulose Hydrogel Loaded with Lipid Nanoparticles for Localized Cancer Treatment / M. Cacicedo, G. A. Islan, I. Leon, V. A. a Alvarez // Colloids and surfaces B: Biointerfaces. 2018. Vol. 170. DOI:10.1016/j.colsurfb.2018.06.056.
6. , Sorbenty na osnove bakterial'noj cellyulozy dlya vydeleniya Sr, U, Pu i Am iz rastvorov / N. A. Atykyan, V. V. Revin, A. V. Safonov, Ya. Yu. Karaseva, I. M. Proshin, V. V. Shutova // Radiohimiya. 2021. Т. 63, № 5. С. 476–483.
7. Multifunctional Bio-Nanocomposite Coatings for Perishable Fruits / S. Jung, Y. Cui, M. Barnes, C. Satam, S. Zhang, R. A. Chowdhury, A. Adumbumkulath, O. Sahin, C. Miller, S. M. Sajadi, L. M. Sassi, Y. Ji, M. R. Bennett, M. Yu, J. Friguglietti, F. A. Merchant, R. Verduzco, S. Roy, R. Vajtai, J. C. Meredith, J. P. Youngblood, N. Koratkar, M. M. Rahman, P. M. Ajayan // Advanced Materials. 2020. № 32. P. 1908291.
8. Sancheza F., Sobolevb K. Nanotechnology in concrete A review // Construction and Building Materials. 2010. № 24. Pp. 2060–2071.
9. Kompozicionnaya bumaga iz bakterial'noj nano-cellyulozy i hvojnoj cellyulozy / Yu. A. Gismatulina, V. V. Budaeva, A. E. Sitnikova, N. V. Bychin, E. K. Gladysheva, N. A. Shavyrkina, G. F. Mironova, Yu. V. Sevast'yanova // Izvestiya vuzov. Prikladnaya himiya i biotekhnologiya. 2021. Т. 11, № 3. S. 460–471.
10. Smirnova E. G., M. V. Afanas'ev, E. G. Smirnova, Primenenie materialov, poluchennyh s pomoshch'yu nanotekhnologij, v proizvodstve bumagi // Izvestiya Sankt-Peterburgskoj lesotekhnicheskoy akademii. 2009. № 188. S. 240–245.
11. Bioreaktor dlya polucheniya bakterial'noj cellyulozy: pat. 2822177 Ros. Federaciya. № 2023115782 / Rogova E. A. ; zayavl. 15.06.23 ; opubl. 02.07.24, Byul. № 19. 3 s.
12. Razmalyvayushchaya garnitura diskovoj mel'nicy: pat. 2314380 Rossijskaya Federaciya. № 2006121708/12 / Yu. D. Alashkevich, V. I. Kovalev, M. A. Karbyshev [i dr.]; zayavl. 19.06.2006 ; opubl. 10.01.2008, Byul. № 1. 9 s.
13. Poluchenie bakterial'noj cellyulozy v apparate rotornogo tipa i ee primenenie v kompozicionnyh materialah / E. A. Rogova, Yu. D. Alashkevich, V. A. Kozhuhov, E. G. Kiselev // BIOAsia Altai 2024 : materialy IV Mezhdunarodnogo biotekhnologicheskogo foruma, Barnaul, 23–28 sentyabrya 2024 goda. Barnaul : Altajskij gosudarstvennyj universitet, 2024. S. 190–194.
14. ISO 5267-1:1999/Cor.1:2001. Cellulose. Determination of the ability to dehydrate. Part 1. ShopperRigler Method. 8 p.
15. GOST ISO 1924-1–96. Bumaga i karton. Opredeleniye prochnosti pri rastyazhenii. CH. 1: Metod na gruzheniya s postoyannoy skorost'yu. Vzamen GOST 13525.1–79. Vved. 01.01.2000. Minsk : Izd-vo standartov, 2000. 10 s.
16. GOST 13525.2–80. Polufabrikaty voloknistyye, bumaga i karton. Metod opredeleniya prochnosti na izlom pri mnogokratnykh peregibakh. Vzamen GOST 13525.2–68. Vved. 1981–30–06. M. : Standartinform, 2007. 4 s.
17. GOST 13525.8–86. Polufabrikaty voloknistyye, bumaga i karton. Metod opredeleniya soprotivleniya prodavlivaniyu. Vzamen GOST 13525.8–78; GOST 13648.7–78. Vved. 1988–01–01. M. : Standartinform, 2007. 6 s.
18. Tekhnologiya cellyulozno-bumazhnogo proizvodstva : sprav. Materialy. V 3 t. / Vseros. nauch.-issled. int cellyuloz.-bumazh. prom-sti (VNIIB); [Redkol.: Osipov P.S. i dr.]. SPb. : [Izd-vo S.-Peterb. gos. lesotekhn. akad. (SPb LTA)], 2003. 633 s. ISBN 5-7325-0708-6.
19. Rogova E. A., Kozhuhov V. A., Alashkevich Yu. D. Izmenenie kachestvennyh pokazatelej bumagi iz vtorichnogo volokna v kompozicii s bakterial'noj cellyulozoy // Hvojnye boreal'noj zony. 2024. Т. 42, № 2. С. 95–99. DOI 10.53374/1993-0135-2024-2-95-99.

© Рогова Е. А., Алашкевич Ю. Д.,
Кожухов В. А., 2025

Поступила в редакцию 18.06.2025
Принята к печати 04.08.2025