

**А.В. Канарский, Е.Р. Якубов, И.В. Кручина-Богданов,
З.А. Канарская, Э.И. Семёнов, В.М. Гематдинова**

УТИЛИЗАЦИЯ ПОЛИСАХАРИДОВ СТОЧНЫХ ВОД ПРОИЗВОДСТВА ВОЛОКНИСТЫХ ПОЛУФАБРИКАТОВ

Введение. Участки подготовки древесины, промывки и отбеливания целлюлозы, а также варочный цех являются основными источниками сточных вод в целлюлозно-бумажной промышленности. Объем сточных вод тесно связан с количеством получаемой целлюлозы в каждом конкретном процессе [Askermann, 1999]. При этом образуется значительное количество вторичных ресурсов в виде поли- и олигосахаридов, которые присутствуют в цеховых и заводских сточных водах [Березкин, 1979]. Насыщенный цвет сточных вод обусловлен присутствием лигнина и его производных [Dilek, 1994].

В настоящее время эти воды подвергаются биологической очистке с образованием ила, который не находит полноценного практического применения. Использование активного ила в качестве флокулянта приводит к необходимости аэрирования, что достаточно дорого [Евилевич, 1979]. Использование ила в качестве кормовых добавок не представляется возможным, так как в нем накапливаются токсиканты, и кроме того, желудочно-кишечный тракт многих животных не способен переваривать осажденную клетчатку. Ил не находит применения в сельском хозяйстве, так как сильная гидратация требует трудоемких и затратных операций перевалки, транспортировки, хранения и последующего внесения в почву [Захватаева, 2013].

Следует заметить, что присутствующие полисахариды в сточных водах, образующихся при получении волокнистых полуфабрикатов, гетерогенны по составу и в основном представлены гемицеллюлозами: олигомерными гексозанами и пентозанами. Известно, что олигомеры эффективно усваиваются микроорганизмами, обладающими целлюлазной и гемицеллюлазной активностью. Достаточно мощной ферментативной активностью по отношению к гемицеллюлозам обладают мицелиальные грибы, в частности, рода *Trichoderma* [Гаврилов, 2016], биомасса которых может быть использована как источник кормового белка и биологически активных веществ [Шлегель, 1987], а клеточная стенка – в качестве адсорбента микотоксинов.

Цель данного исследования – разработка микробиологического процесса утилизации полисахаридов в сточных водах производства волокнистых полуфабрикатов и последующая переработка биомассы микроорганизмов на адсорбенты микотоксинов.

Объект исследования – сточные воды, образующиеся при получении древесной массы из щепы древесины березы. Древесное сырье обрабатывали в варочном аппарате Пандия в водной среде, содержащей соду, при температуре 150–160 °С. Далее щепа была размолота на рафинерах с получением волокнистой массы, промыта путем отбора на фильтрах избыточной воды и сгущена. Сточные воды для экспериментов отбирали на выходе из цеха получения волокнистых полуфабрикатов.

В сточных водах определяли содержание олигомерных полисахаридов для подбора состава питательной среды. Подбирали условия культивирования гриба *Trichoderma reesei* M18. Далее адсорбционные свойства биомассы после обработки проверяли по отношению к Т-2 микотоксину.

Методика исследования. В экспериментах использовались стандартные химические реагенты: натрия гидроокись, ч.д.а., ГОСТ 4328–77; серная кислота, ч.д.а., ГОСТ 4204–77; соляная кислота, х.ч., ГОСТ 3118–77; этиловый спирт, 95%; натрий двууглекислый, ГОСТ 2156–76. Растворы приготавливали на дистиллированной воде по ГОСТ 6709–72.

Взят стандартный образец (СОП 002–94) раствора Т-2 микотоксина в бензоле. Массовая концентрация Т-2 микотоксина 100 мкг/см³.

Определение физико-химических свойств сточных вод производства древесной массы из щепы древесины березы. Измерение биохимического потребления кислорода в пробе (БПК) выполняли по РД 52.24.420–2006.

Определение химического потребления кислорода (ХПК) выполняли ускоренным дихроматным методом для постоянных ежедневных анализов, проводимых для контроля очистных сооружений или состояния воды в водоеме [Муравьев, 2004], что включало следующие этапы: отбор пробы анализируемой воды, окисление отобранной пробы дихроматом калия и титрование избытка дихромата калия раствором соли Мора.

Определение сухих веществ проводили гравиметрическим методом. Метод заключался в фильтровании пробы через фильтровальную бумагу или мембрану, высушивании при температуре 105 °С и взвешивании.

Определение фенола проводили броматометрическим методом. Определение фенола основано на том, что в анализируемый раствор вводится

избыток бромид-броматной смеси, которая в кислой среде выделяет свободный бром. Образующийся бром реагирует с фенолом. При добавлении к этому раствору йодида калия избыточный, не прореагировавший бром окисляет йодид до йода, который титруют стандартным раствором тиосульфата натрия.

Йодометрическое определение меди велось по ГОСТ 15934.1–91. Определение цинка – по РД 52.18.191–89. Определение карбонатной жёсткости воды – по ГОСТ Р 52963–2008.

Массовую долю РВ в гидролизатах определяли по методу Макэна–Шоорля [Shoorl, 1929].

Подготовка питательной среды для культивирования. В сточных водах определяли содержание редуцирующих веществ. Для повышения содержания РВ в сточных водах вели подготовку тремя способами:

- инверсией подкислением гидролизата соляной кислотой до $\text{pH} = 3$ с последующей нейтрализацией известью;
- упариванием исходного гидролизата с $\text{pH} = 4,9$ в 3 раза;
- упариванием инвертированного гидролизата в 3 раза.

В исследованиях использовали мицелиальный гриб *T.reesei* M18, предоставленный кафедрой биохимии и биотехнологии Казанского федерального университета. Культуру гриба выращивали в чашке Петри на картофельно-глюкозном агаре, имеющем следующий состав, г/л: отвар картофеля – 200, агар – 20, стрептомицин – 1. Инокулирование культуры гриба в питательную среду проводили петлей из чашки Петри.

Культивирование гриба *Trichoderma reesei* M18. Для культивирования гриба использовали сточные воды, обогащенные редуцирующими веществами. В питательную среду добавляли минеральные вещества, г/л: KH_2PO_4 – 15,0; CaCl_2 – 0,3; $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ – 4,9; $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ – 0,3. pH питательной среды 6,0–6,5.

Культивирование проводили периодическим глубинным способом при температуре $(28 \pm 1)^\circ\text{C}$ от 6 до 15 сут. при непрерывном перемешивании (частота вращения 130 мин^{-1}) в темноте на шейкере-инкубаторе Innova 43R (США) в колбах вместимостью 250 мл. Объем питательной среды – 50 мл.

Определение ксиланазной активности проводили в трех повторностях по методу Кенига [Konig, 2002], целлюлазной активности – в трех повторностях по методу IUPAC [Морозова, 2012].

Получение адсорбента. Биомасса гриба *Trichoderma reesei* M18 подвергалась гидробаротермической обработке, которую проводили в автоклаве с мешалкой с автоматическим поддержанием температуры и давле-

ния. Исходное сырье загружалось в автоклав, заливалось раствором 2 н. соляной кислоты. Температура обработки $98 \pm 2^\circ\text{C}$. Температура водопроводной воды при промывке хитин-глюканового комплекса $98 \pm 2^\circ\text{C}$. При этом гидромодуль сохранялся постоянным 1:10. По истечении необходимого времени обработки через нижний клапан производили слив отработанного раствора. Полученную массу промывали водой на фильтрах. Затем для регулирования содержания белка и D-глюкозамина клеточную стенку обрабатывали протолитическим ферментом Protex 6L при встряхивании с режимом термостатирования при 60°C в течение 12 ч при pH 8,5. Варьировали расход ферментного препарата от 5 до 10 мл на килограмм клеточной стенки. Активность ферментного препарата 580000 DU/g.

Определение сырого протеина по Кьельдалю проводили по методике, описанной в ГОСТ 20083–74.

Определение белка по Барнштейну проводили согласно методике, описанной в ГОСТ 20083–74.

Содержание хитин-глюкана оценивали по D-глюкозамину, для определения которого использовался колориметрический метод [Костина, 1978].

Расчет количества D-глюкозамина (ΔX) определяли по разности содержания D-глюкозамина в пробах, полученных при гидролизе в 6 н. (X_1) и 2 н. (X_2) соляной кислоте, которые определялись по формуле

$$X_{1,2} = \frac{C \cdot V_1 \cdot V_3 \cdot 100}{V_2 \cdot V_4 \cdot n},$$

где C – количество D-глюкозамина по калибровочной кривой, мг/см³; V_1 – объем, взятый на гидролиз, см³; V_2 – объем, взятый на очистку после нейтрализации, см³; V_3 – объем после очистки от артефактов, см³; V_4 – объем, взятый на определение D-глюкозамина, см³; n – навеска биомассы, мг.

Расчет количества азота, принадлежащего D-глюкозамину, производили по формуле

$$A = (\Delta X \cdot 5,6)/100,$$

где 5,6 – коэффициент, отражающий содержание азота в молекуле D-глюкозамина.

Адсорбция Т-2 микотоксина. В основу определения адсорбционной способности *in vitro* Т-2 микотоксина положили методику, описанную В.С. Крюковым и соавт. [Крюков, 1992].

Т-2 микотоксин по химической принадлежности относится к группе 12-, 13-эпокситрихотененов. Хорошо растворяется в ацетонитриле, практически нерастворим в воде. При щелочном гидролизе Т-2 токсина проис-

ходит образование НТ-2 токсина, Т-2 триола и Т-2 тетраола, которые по физико-химическим свойствам незначительно отличаются от Т-2 токсина, но обладают значительно меньшей биологической активностью [Жуленко, 2004]. Также Т-2 токсин хорошо растворяется в таких растворителях средней полярности, как этилацетат, ацетон, хлороформ, метилхлорид и диэтиловый эфир.

Методика определения следующая. В ряд пробирок с содержанием 5 мл водно-солевого раствора вносили 10 мкл спиртового раствора Т-2 микотоксина с концентрацией 1 мкг/мкл и адсорбент в соотношении 1:1000. Далее проводили экспозицию при постоянном встряхивании в течение 30 мин. при рН среды 7,0 и 2,0 и температуре приближенной к условиям желудочно-кишечного тракта – 37–39 °С.

Затем раствор центрифугировали, из фугата токсин экстрагировали в хлороформ тремя порциями по 20 мл, полученные экстракты объединяли и упаривали досуха на ротационном испарителе. Количественное определение остаточных количеств Т-2 токсина в сухом остатке проводили методом тонкослойной хроматографии с биоавтографическим завершением с использованием культуры *Candida pseudotropicalis* штамм 44 ПК [Антонов, 1991].

Результаты исследования. Определение пригодности сточных вод производства древесной массы из щепы березы для культивирования гриба *Trichoderma*. Исследование показало, что сточные воды после промывки волокнистой массы из древесины березы, отобранные на выходе из цеха получения волокнистых полуфабрикатов, имеют следующую характеристику:

рН = 4,9		Фенолы, мг/дм ³ = 0,939
БПК мг О ₂ /дм ³ = 3580		Медь, мг/дм ³ = 0,004
ХПК мг О ₂ /дм ³ = 7600		Цинк, мг/дм ³ = 0,668
Сухой остаток, мг/дм ³ = 4390		Жёсткость, г-экв./дм ³ = 14
		РВ, % = 0,094

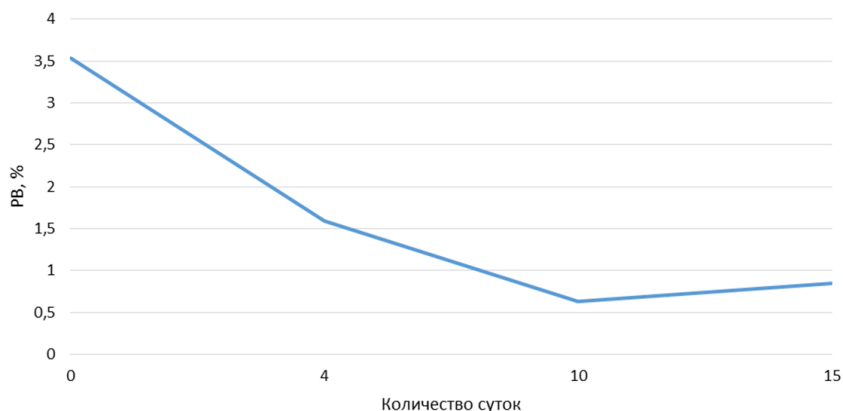
Как видно из представленных результатов, стоки характеризуются как кислая среда с рН 4,9 с высоким содержанием БПК и ХПК и содержат фенолы и взвешенные вещества. В этом субстрате количество редуцирующих веществ составляет 0,094%. Это значение РВ недостаточно высокое для культивирования гриба *Trichoderma reesei* М18. Исходя из этого, в сточных водах повышали содержание редуцирующих веществ до уровня, необходимого для культивирования *Trichoderma reesei* М18. Результаты исследования по повышению содержания РВ методами инверсии, упариванием и инверсией + упариванием в сточных водах следующие. Содержание РВ

после трех способов обработки сточных вод: инверсия – 0,35 %; упаривание в 3 раза – 1,78 %; инверсия + упаривание в 3 раза – 3,53 %.

Инверсия сточных вод увеличивает содержание количества сахаров, а упаривание после инверсии способствует еще большему их нарастанию. Полученные результаты дают основание полагать, что присутствующие в стоках олигосахариды и полисахариды при упаривании инвертированного субстрата в кислой среде продолжают гидролизоваться. В результате наблюдается значительное повышение концентрации редуцирующих веществ, которые необходимы для культивирования грибов *Trichoderma reesei* M18.

Таким образом, инверсия в кислой среде при pH 4,9 и температуре кипения (упаривание) позволяет значительно улучшить доброкачественность получаемых субстратов из сточных вод.

Культивирование гриба *Trichoderma reesei* M18 на питательной среде, приготовленной на основе инвертированных и упаренных сточных вод, при pH 6,0–6,5 и температуре $28 \pm 1^\circ\text{C}$ в течение 15 сут. показали, что гриб проявляет ксиланазную и целлюлазную активность, которые обуславливают ферментативный гидролиз олигосахаридов в питательной среде. В частности, ксиланазная активность после 10 сут. составила 63,14 U/мл, целлюлазная 0,612 FPU/мл. После 15 суток ксиланазная активность составила 76,54 U/мл, целлюлазная 0,352 FPU/мл. Как видно из представленного графика, на конец культивирования количество РВ не снижается, а увеличивается.



Влияние продолжительности культивирования гриба *Trichoderma reesei* M18 на содержание редуцирующих веществ в культуральной жидкости

The effect of the duration of cultivation of the fungus *Trichoderma reesei* M18 on the content of reducing substances in the culture broth

Следует полагать, что образующиеся РВ за счет ферментализации олигомеров способствуют увеличению выхода биомассы гриба *Trichoderma reesei* M18, который составил 33 %.

Адсорбционные свойства адсорбента микотоксинов на основе клеточной стенки гриба *Trichoderma reesei* M18. Определяли адсорбционные свойства клеточной стенки гриба *Trichoderma reesei* M18, при этом из гриба удаляли белковые вещества. В клеточной стенке определяли остаточное содержание сырого протеина и белка по Барнштейну, используя методику Кьельдаля, а также содержание хитин-глюкана по ДГА.

Адсорбция Т-2 микотоксина клеточной стенкой гриба *Trichoderma reesei* M18 представлена в таблице. Анализ этих результатов показывает, что снижение показателей белка по Барнштейну способствует увеличению содержания в клеточной стенке хитин-глюкана и, соответственно, истинной адсорбции Т-2 токсина при рН = 2.

Влияние содержания белка в клеточной стенке гриба *Trichoderma reesei* M18 на истинную адсорбцию микотоксина Т-2

The effect of the protein content in the cell wall of the fungus *Trichoderma reesei* M18 on the true adsorption of mycotoxin Т-2

Сырой протеин, %	Белок по Барнштейну, %	Содержание D-глюкозамина, %	Адсорбция Т-2 микотоксина, %		Десорбция Т-2 микотоксина, %	Истинная адсорбция, %
			рН = 7	рН = 2		
17,12	16,8	31,1	52	61,36	5,93	55,43
5,51	5,18	59,6	70,72	76,96	10,05	66,91
10	8,22	55,1	76,96	76,96	4,14	72,82
14,96	10,33	32,4	70,72	70,72	10,94	59,78

Выводы.

1. Установлена целесообразность применения сточных вод производства древесной массы из щепы березы для приготовления питательной среды для культивирования гриба *Trichoderma reesei* M18. При этом сточные воды рекомендуется подготавливать путем инверсии при рН 4,9 и упаривания в 3 раза с увеличением содержания РВ до 3,5%

2. Показано, что на питательной среде, приготовленной из концентрированных сточных вод, гриб *Trichoderma reesei* M18 проявляет фермента-

тивную целлюлолитическую и ксиланазную активность, что способствует гидролизу олигосахаридов и, соответственно, увеличению концентрации редуцирующих веществ в питательной среде.

3. Путем кислотной обработки гриба *Trichoderma reesei* M18 получен хитин-глюкан, обладающий адсорбционными свойствами по отношению к T-2 микотоксину. При этом наибольшей истинной адсорбционной способностью по отношению к T-2 микотоксину обладает хитин-глюкан с меньшим содержанием белка по Барнштейну и наибольшим содержанием Д-глюкозамина.

Библиографический список

Антонов Б.И. Лабораторные исследования в ветеринарии: биохимические и микологические. М.: Агропромиздат, 1991. 287 с.

Березкин В.Г. и др. Хроматографический анализ окружающей среды. М.: Химия, 1979. 581 с.

Гаврилов С.В. и др. Ферментативная активность мицелиального гриба *Trichoderma reesei* M18 при культивировании на питательной среде из целлюлозина торфа. // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал, 2016. Т. 354, № 6. С. 142–152.

Евилевич А.З. Утилизация осадков сточных вод. М.: Стройиздат, 1979. 87 с.

Жуленко В.Н., Рабинович М.И., Таланов Г.А. Ветеринарная токсикология. М.: КолосС, 2004. 384 с.

Захватаева Н.В., Шеломков А.С. Активный ил как управляемая экологическая система. М.: Экспо-МедиаПресс, 2013. 288 с.

Костина А.М., Бабицкая В.Г., Лобанок А.Г. Хитин мицелиальных грибов рода *Penicillium* // Прикладная биохимия и микробиология. 1978. Т. XLV, вып. 4. С. 586–593.

Крюков В.С., Крутин В.В., Котик А.Н. Применение клиноптилолита для профилактики микотоксикозов // Ветеринария. 1992. № 9–12. С.28–29.

Морозова Ю.А. и др. Биосинтез ксиланаз и целлюлаз грибами рода *Trichoderma* на послеспиртовой барде // Вестн. Казан. технол. ун-та. 2012. № 19 (15). С. 120–122.

Муравьев А.Г. Руководство по определению показателей качества воды полевыми методами. СПб.: Кримас+, 2004. 248 с.

Шлегель Г. Общая микробиология: пер. с нем. М.: Мир, 1987. 567 с.

Ackermann R.O. et al. Pollution prevention and abatement handbook 1998: toward cleaner production. Washington, D.C.: World Bank Group, 1999.

Dilek F.B., Gökçay C.F. Treatment of effluents from hemp-based pulp and paper industry I. Waste characterization and physico-chemical treatability // Water Science and Technology. 1994. Vol. 29, no. 9. P. 161–163.

König J. et al. Determination of xylanase, β -glucanase, and cellulase activity Anal // Bioanal. Chem. 2002. Vol. 374, no. 1. P. 80–87.

Schoorl N. Suiker titratie // Chemisch Weekblad 130–134 (1929).

References

Antonov B.I. Laboratory research in veterinary medicine: biochemical and microbiological. M.: Agropromizdat, 1991. 287 p. (In Russ.)

Berezkin V.G. et al. Chromatographic analysis of the environment. M.: Chemistry, 1979. 581 p. (In Russ.)

Gavrilov S.V. et al. Enzymatic activity of the mycelial fungus *Trichoderma reesei* M18 upon cultivation in a nutrient medium from peat cellolignin. *Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Lesnoj zhurnal*, 2016, vol. 354, no. 6, pp. 142–152. (In Russ.)

Evilevich A.Z. Disposal of sewage sludge. M.: Strojizdat, 1979. 87 p. (In Russ.)

Zhulenko V.N., Rabinovich M.I., Talanov G.A. Veterinary toxicology. M.: KolosS, 2004. 384 p. (In Russ.)

Zahvataeva N.V., Shelomkov A.S. Activated sludge as a managed ecological system. M.: Ekspo-MediaPress, 2013. 288 p. (In Russ.)

Kostina A.M., Babickaya V.G., Lobanok A.G. Chitin of *Penicillium* mycelial fungi. *Prikladnaya biokhimiya i mikrobiologiya*, vol. XLV, no. 4, 1978. pp. 586–593. (In Russ.)

Kryukov B.C., Krupin V.V., Kotik A.N. The use of clinoptilolite for the prevention of mycotoxicosis. *Veterinariya*, 1992, no. 9–12, pp. 28–29. (In Russ.)

Morozova Y.A. et al. The biosynthesis of xylanases and cellulases by *Trichoderma* fungi on the post-alcohol draft. *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universitetata*, 2012, no. 19 (15), pp. 120–122. (In Russ.)

Murav'ev A.G. Guidelines for determining water quality indicators using field methods. SPb.: Krismas+, 2004. 248 p. (In Russ.)

Shlegel' G. General microbiology. Trans. fr. german, M.: Mir, 1987. 567 p. (In Russ.)

Ackermann R.O. et al. Pollution prevention and abatement handbook 1998: toward cleaner production. Washington, D.C.: World Bank Group, 1999.

Dilek F.B., Gökçay C.F. Treatment of effluents from hemp-based pulp and paper industry I. Waste characterization and physico-chemical treatability. *Water Science and Technology*, 1994, is. 29, no. 9, pp. 161–163.

König J. et al. Determination of xylanase, β -glucanase, and cellulase activity. *Anal. Bioanal. Chem.*, 2002, vol. 374, no. 1, pp. 80–87.

Schoorl N. Suiker titratie. *Chemisch Weekblad* 130–134, 1929.

Материал поступил в редакцию 24.10.2019

Канарский А.В., Якубов Е.Р., Кручина-Богданов И.В., Канарская З.А., Семёнов Э.И., Гемагдинова В.М. Утилизация полисахаридов сточных вод производства волокнистых полуфабрикатов // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2020. Вып. 230. С. 253–264. DOI: 10.21266/2079-4304.2020.230.253-264

Участки подготовки древесины, промывки и отбеливания целлюлозы, а также варочный цех являются основными источниками сточных вод в целлюлозно-бумажной промышленности. Объём сточных вод тесно связан с количеством получаемой целлюлозы в каждом конкретном процессе. При этом образуется значительное количество вторичных ресурсов в виде поли- и олигосахаридов, которые присутствуют в цеховых и заводских сточных водах. Эти воды подвергаются биологической очистке с образованием ила, который не находит полноценного практического применения. Использование активного ила в качестве флокулянта приводит к необходимости аэрирования, что достаточно дорого. Использование ила в качестве кормовых добавок не представляется возможным, так как в нем накапливаются токсиканты, и кроме того, желудочно-кишечный тракт многих животных не способен переваривать осажденную клетчатку. Ил не находит применения в сельском хозяйстве, так как сильная гидратация требует трудоемких и затратных операций перевалки, транспортировки, хранения и последующего внесения в почву. Установлена целесообразность применения сточных вод производства древесной массы из щепы берёзы для приготовления питательной среды для культивирования гриба *Trichoderma reesei* M18. При этом, сточные воды рекомендуется подготавливать путём инверсии при pH 4,9 и упаривания в 3 раза с увеличением содержания РВ до 3,5%. Показано, что на питательной среде, приготовленной из концентрированных сточных вод, гриб *Trichoderma reesei* M18 проявляет ферментативную целлюлолитическую и ксиланазную активности, что способствует гидролизу олигосахаридов, и, соответственно, увеличению редуцирующих веществ в питательной среде. Путём кислотной обработки гриба *Trichoderma reesei* M18 получен хитин-глюкан, обладающий адсорбционными свойствами по отношению к Т-2 микотоксину. При этом наибольшей истинной адсорбционной способностью по отношению к Т-2 микотоксину обладает хитин-глюкан с меньшим содержанием белка по Барнштейну и наибольшим содержанием Д-глюкозамина.

Ключевые слова: берёза, древесная масса, сточные воды, гриб *Trichoderma*, культивирование, хитин-глюкан, адсорбция микотоксина.

Kanarskiy A.V., Yakubov E.R., Kruchina-Bogdanov I.V., Kanarskaya Z.A., Semyonov E.I., Gematdinova V.M. Disposal of wastewater polysaccharides in the manufacture of fibrous semi-finished products. *Izvestia Sankt-Peterburgskoj Lesotehnikeskoj Akademii*, 2020, is. 230, pp. 253–264 (in Russian with English summary). DOI: 10.21266/2079-4304.2020.230.253-264

Sections of wood preparation, washing and bleaching of pulp, as well as the brewhouse are the main sources of wastewater in the pulp and paper industry. The volume of wastewater is closely related to the amount of pulp produced in each specific process. In this case, a significant amount of secondary resources is formed in the form of poly- and oligosaccharides, which are present in workshop and factory wastewater. These

waters undergo biological treatment with the formation of sludge, which does not find full practical use. The use of activated sludge as a flocculant leads to the need for aeration, which is quite expensive. The use of sludge as feed additives is not possible, since toxicants accumulate in it, and in addition, the gastrointestinal tract of many animals is not able to digest precipitated fiber. Sludge is not used in agriculture, since strong hydration requires laborious and costly operations of transshipment, transportation, storage and subsequent application to the soil. The feasibility of using wastewater for the production of wood pulp from birch wood chips for the preparation of a nutrient medium for the cultivation of *Trichoderma reesei* M18 fungus has been established. At the same time, it is recommended to prepare wastewater by inversion at pH 4.9 and evaporation by 3 times with an increase in the content of PB to 3.5%. It is shown that *Trichoderma reesei* M18 shows enzymatic cellulolytic and xylanase activity on a substratum prepared from concentrated wastewater, which contributes to the hydrolysis of oligosaccharides, and, accordingly, an increase in reducing substances in the substratum. Acid treatment of the fungus *Trichoderma reesei* M18 yields chitin-glucan, which has adsorption properties in relation to T-2 mycotoxin. At the same time, chitin-glucan with the lower protein content according to Barnstein and the highest content of D-glucosamine possesses the highest true adsorption capacity in relation to T-2 mycotoxin.

Key words: birch, wood pulp, waste water, *Trichoderma* fungus, cultivation, chitin-glucan, mycotoxin adsorption.

КАНАРСКИЙ Альберт Владимирович – профессор кафедры пищевой биотехнологии Казанского национального исследовательского технологического университета. SPIN-код: 2196-2000.

420015, ул. К. Маркса, д. 68, г. Казань, Республика Татарстан, Россия. E-mail: alb46@mail.ru.

KANARSKII Albert V. – professor of the department of food biotechnology, Kazan National Research Technological University. SPIN-code: 2196-2000.

420015, 68 Karl Marx str., Kazan, Republic of Tatarstan, Russia. E-mail: alb46@mail.ru.

ЯКУБОВ Евгений Ринатович – студент кафедры пищевой инженерии малых предприятий Казанского национального исследовательского технологического университета.

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

YAKUBOV Evgeny R. – student of the department of food engineering at small enterprises, Kazan National Research Technological University.

420015, 68 Karl Marx str., Kazan, Republic of Tatarstan, Russia. E-mail: rescaolofe@gmail.com.

КРУЧИНА-БОГДАНОВ Игорь Вадимович – директор ООО "АМТ" SPIN-код: 4335-6445

194021, ул. Новороссийская, д. 50, г. Санкт-Петербург, Россия. E-mail: igogo011@gmail.com

KRUCHINA-BOGDANOV Igor V. – director of AMT, Ltd. SPIN-code: 4335-6445

194021. Novorossiskaya str. 50. St. Petersburg. Russia. E-mail: igogo011@gmail.com

КАНАРСКАЯ Зося Альбертовна – доцент кафедры пищевой биотехнологии Казанского национального исследовательского технологического университета. SPIN-код: 2787-1694.

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

KANARSKAYA Zosya A. – assistant professor of the department of food biotechnology, Kazan National Research Technological University. SPIN-code: 2787-1694.

420015, Karl Marx str. 68 Kazan. Republic of Tatarstan. Russia. E-mail: zosya_kanarskaya@mail.ru.

СЕМЁНОВ Эдуард Ильясович – заведующий лаборатории микотоксинов Федерального центра токсикологической, радиационной и биологической безопасности. SPIN-код: 3048-1920.

420075, ул. Научный городок-2, г. Казань, Республика Татарстан, Россия. E-mail: semyonov@bk.ru

SEMYONOV Eduard I. – head of laboratory of mycotoxins, Federal center of toxicological radiation and biological safety. SPIN-code: 3048-1920

420075. Nauchnii gorodok str. 2. Kazan. Republic of Tatarstan. Russia. E-mail: semyonov@bk.ru

ГЕМАТДИНОВА Венера Маратовна – доцент кафедры технологии и организации общественного питания Казанского инновационного университета им. В.Г. Тимирязова. SPIN-код: 4742-2881

420111, ул. Московская, д. 42, г. Казань, Республика Татарстан, Россия. E-mail: venera.nas14@yandex.ru

GEMATDINOVA Venera M. – assistant professor of the department of technology and organization of catering, Kazan Innovative University named after V.G. Timiryasov. SPIN-code: 4742-2881.

420111. Moskovskaya str. 42. Kazan. Republic of Tatarstan. Russia. E-mail: venera.nas14@yandex.ru