

4. ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ. БИОТЕХНОЛОГИЯ

УДК 66.081.32

С.Р. Мамбетова, А.В. Бахтиярова

СОРБЦИОННАЯ ОЧИСТКА КСИЛОЗНОГО ГИДРОЛИЗАТА АКТИВИРОВАННЫМ УГЛЕМ ИЗ ЦЕЛЛЮЛИГНИНА

Введение. По данным Международной Федерации Диабета на конец 2021 года диабетом страдает в мире примерно 537 млн, а в Российской Федерации по данным Росстата – 5 млн 168,8 тыс. человек. По прогнозам к 2045 г. ожидается практически двукратное увеличение – до 783 млн человек [Дедов и др., 2023].

Ксилроза – это низкокалорийный альтернативный сахар, используемый для производства ксилита, ароматизаторов и пищевых карамельных красителей [Satyavolu et al., 2020]. Ксилит обладает сладким вкусом и является заменителем сахара, который не требует для своего усвоения инсулин, а также широко используется в пищевой промышленности в качестве подсластителя пищевых продуктов, влагоудерживающего агента, стабилизатора и эмульгатора [Barathikannan et al., 2016; Umai et al., 2022]. Он зарегистрирован как пищевая добавка Е 967 [ГОСТ Р 53904-2010] и служит сырьем в химической промышленности для производства поверхностно-активных веществ (ПАВ), лаков, клеев, эфиров канифоли, ксифталевых алкидных смол, заменителей глицерина и др. [Ковернинский и др., 2002]. Ксилит также широко используется при производстве зубной пасты и ополаскивателей для рта, благодаря его антикариозному свойству и способности восстанавливать твердость зубов [Janket et al., 2019].

Для получения ксилита используется непищевое возобновляемое растительное сырьё богатое пентозанами – березовая древесина и отходы сельскохозяйственного производства. Его получают методом гидролиза и последующего гидрирования пентозных гидролизатов.

На данный момент наиболее перспективным видом сырья для российской ксилитной промышленности является берёзовая древесина. В ней содержится значительно меньше нежелательных компонентов, таких как

зольные элементы, полиуроновые кислоты, азотистые вещества, лигнин, вещества, экстрагируемые горячей водой, затрудняющих процесс выделения ксилита из ксилозных растворов и снижающих качество товарного продукта [Холькин, 1989].

При использовании березовой древесины для производства ксилита процесс химического облагораживания не оказывает существенного влияния на качество гидролизата [Денисенко и др., 2023]. Это позволяет значительно упростить очистку полупродуктов производства. При этом содержание пентозанов в березовой древесине незначительно уступает их содержанию в растительных отходах сельского хозяйства.

Ксилит попал в пятый пакет санкций Евросоюза и основным поставщиком ксилита в Россию стал Китай. Стоимость и качество китайского ксилита ниже, чем финского и составляет около 3,5 \$ за кг [Мамбетова и др., 2023].

Высокие требования к качеству ксилита обусловлены его применением в пищевой и фармацевтической промышленности. Количество основного вещества в составе продукта должно составлять не менее 98,5% (в пересчете на безводный продукт) [ГОСТ Р 53904-2010], а получаемые гидролизаты растительного сырья содержат примеси, которые можно отнести к трем основным группам: производные фурана, алифатические кислоты и фенольные соединения [Carvalho et al., 2005]. Эти соединения образуют комплекс называемый лигногуминовыми или лигнофурановыми веществами, образующимися в результате поликонденсации продуктов частичной деструкции лигнина – фенольных соединений – и моносахаридов – фурановых продуктов. Этот комплекс относится к окрашивающим веществам [Трофимова и др., 2009].

Помимо образования лигногуминовых веществ, продуктами потемнения гидролизата являются неокислительные реакции углеводов, которые включают эффект карамелизации и их взаимодействия с аминными соединениями гидролизата по реакции Майяра. Скорость реакции образования карамельных пигментов увеличивается при увеличении температуры и pH [Нечаев и др., 2007].

Для ксилитного производства важным показателем является цветность гидролизата. Одной из самых главных задач подготовки растворов к гидрированию является их осветление. Для этих целей наиболее часто применяется сорбционная и флокуляционная очистка получаемых растворов [Трофимова и др., 2009], а также мембранные методы очистки [Кинд и др., 2010].

Адсорбция активированным углем широко применяется для очистки гидролизатов для удаления фенолов, фурфурола и гидроксиметилфурфурола [Tavares et al., 2022]. Обработка активированным углем эффективна для снижения концентрации фенольных соединений на 78% [Vardhan et al., 2023], фурфурола на 42%, гидроксиметилфурфурола на 65% [Arminda et al., 2021]. Химизм и механизм этих процессов подробно описан в работе [Выглазов, 2004].

Почти 50% затрат при получении ксилита составляют затраты на очистку гидролизата. Улучшить экономику ксилитного производства позволит замена дорогостоящего осветляющего активированного древесного угля, используемого при сорбционной очистке гидролизата, на активированный уголь из целлюлозы, который является отходом данного производства.

Материалы и методика исследования. Гидролиз березовых опилок проводили в лабораторном гидролиз-аппарате (ГА). Для проведения гидролиза брали навеску воздушно-сухих опилок массой 1030 г, равномерно пропитывали раствором серной кислоты концентрацией 0,5%. Оставляли для полной пропитки древесины, а затем подготовленную массу загружали в гидролиз-аппарат, где проводили гидролиз при технологическом режиме: $T = 160^{\circ}\text{C}$, соотношение жидкость: твердое вещество=1,0 (ГМ), $\tau = 30$ мин.

Из гидролизат-массы пентозный гидролизат выделяли методом экстракции горячей водой. Содержание редуцирующих веществ и летучих органических кислот определяли по методикам [Бахтиярова и др., 2018], сухие вещества определяли рефрактометрическим методом [ГОСТ ISO 2173–2013]. В ксилитном производстве важным показателем является доброкачественность гидролизатов, которую определяли как отношение редуцирующих веществ к сухим веществам гидролизата. Цветность гидролизата определяли в единицах Штаммера (ед.Шт.) по формуле

$$\text{Ц} = \frac{100 \times 1000 \times D_{420}}{130 \times C_{CB} \times d \times b}, \text{ ед.Шт.}, \quad (1)$$

где D_{420} – показание фотометра для анализируемого раствора; C_{CB} – массовая доля СВ раствора, %; ρ – плотность, г/см^3 ; b – длина оптического пути, см.

Оставшуюся после экстракции твердую фракцию использовали для получения гранулированного активированного угля посредством формирования целлюлозы и его пирогазетической переработки с последующей активацией полученного при пиролизе угля [Бахтиярова и др., 2019].

Технологические параметры проведения процесса осветления пентозного гидролизата берёзовой древесины: pH гидролизата: 1,2 и 3,0; сорбенты: гранулированный активный уголь (ГАУ) из целлолигнина, древесный активный уголь марки БАУ-А; количество сорбента, вносимого в гидролизат: 5, 10, 15, 17, 20% от СВ гидролизата; температура – 80 °С; продолжительность обработки – 30 мин; перемешивание.

Использованные для осветления гидролизата ГАУ из целлолигнина, подсушенные до воздушно-сухого состояния, регенерировали методом парогазовой активации при температуре 970 °С и продолжительности обработки 10, 15, 20, 25 и 30 минут. Для определения оптимальной продолжительности регенерации, полученные угли использовали для осветления ксилозного гидролизата берёзовой древесины. Осветление проводили в течение 30 минут при перемешивании и температуре 80 °С с внесением регенерированных ГАУ в количестве 17% от СВ гидролизата. Все эксперименты проводились в двух параллельных опытах с расхождением между определениями не более 0,01 единицы и указанием среднего значения.

Результаты и обсуждение. Характеристика гидролизата представлена в табл. 1. При концентрации редуцирующих веществ 5%, доброкачественность гидролизата составила 77%. Выход твердого остатка – целлолигина – 81,5%.

Таблица 1

Основные показатели гидролизата

Main parameters of hydrolysate

Показатели	Содержание
Концентрация редуцирующих веществ (РВ), %	5,0
Концентрация летучих органических кислот, %	0,67
Сухие вещества (СВ), %	6,5
Доброкачественность (D), %	77
pH	1,2
Цветность, ед. Штаммера	94

Получаемый гидролизат с pH 1,2 частично нейтрализовали известковым молоком до pH 3,0 и сравнивали степень осветления гидролизата при обработке гранулированным активным углём из целлолигнина при различных pH раствора (рис. 1).

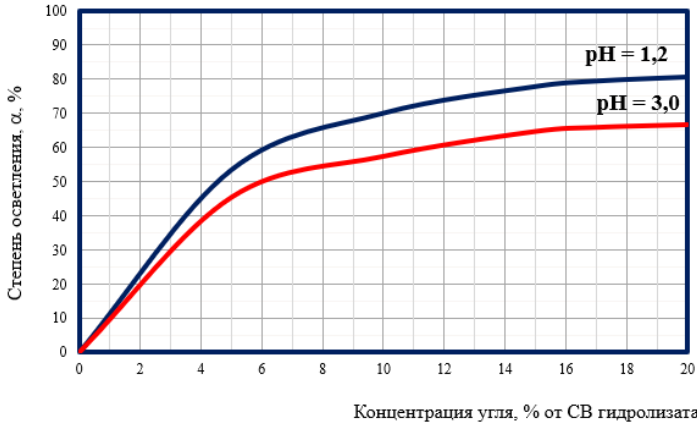


Рис. 1. Зависимость степени осветления гидролизата берёзовой древесины ГАУ от pH гидролизата

Fig. 1. Dependence of the degree of clarification of birch wood hydrolysate by GAU on the pH of the hydrolysate

Данные по сорбционной очистке кислого гидролизата берёзовой древесины (pH = 1,2) и нейтрализованного (pH = 3,0) с гранулированным активным углём из целлюлозы и берёзовым активным углём марки А приведены в табл. 2 и 3. При нейтрализации цветность гидролизата увеличивается с 94,0 до 104,4 ед. Штаммера.

Таблица 2

Результаты сорбционной очистки кислого гидролизата
Results of sorption purification of acid hydrolysate

Расход сорбента на осветление, % от СВ	ГАУ			БАУ–А		
	Характеристики гидролизата:					
	оптическая плотность	цветность, ед. Шт.	степень осветления α, %	оптическая плотность	цветность, ед. Шт.	степень осветления α, %
0	0,689	94,0	—	0,689	94,0	—
5	0,321	43,8	53,4	0,378	51,6	45,1
10	0,207	28,3	70,0	0,269	36,7	61,0
15	0,153	20,9	77,8	0,195	26,6	71,7
17	0,142	19,4	79,4	0,178	24,3	74,2
20	0,134	18,3	80,6	0,169	23,1	75,5

Таблица 3

Результаты сорбционной очистки нейтрализованного гидролизата**Results of sorption purification of neutralized hydrolysate**

Расход сорбента на осветление, % от СВ	ГАУ			БАУ–А		
	Характеристики гидролизата:					
	оптическая плотность	цветность, ед. Шт.	степень осветления α, %	оптическая плотность	цветность, ед. Шт.	степень осветления α, %
0	0,765	104,4	–	0,765	104,4	–
5	0,418	57,0	45,4	0,505	68,9	34,0
10	0,326	44,9	57,4	0,416	56,8	45,6
15	0,270	36,8	64,7	0,362	49,4	52,7
17	0,261	35,6	65,9	0,356	48,6	53,5
20	0,255	34,8	66,7	0,348	48,0	54,5

Сравнение эффективности сорбционной очистки кислого гидролизата берёзовой древесины ($\text{pH} = 1,2$) с использованием в качестве сорбента ГАУ из целлюлогина берёзовой древесины и БАУ–А показало, что степень осветления гидролизата при использовании ГАУ выше, чем при БАУ–А (рис. 2). Вероятно, это связано с тем, что гранулы активного угля из целлюлогина имеют более пористую структуру, чем гранулы БАУ, что обеспечивает лучшее протекание сорбционных процессов. Необходимая цветность гидролизата достигается при добавлении ГАУ в количестве 17% от СВ гидролизата.

Степень осветления значительно зависит от величины pH гидролизата (рис.2). При очистке нейтрализованного до $\text{pH} = 3,0$ гидролизата эффективность осветления гранулированным активным углём из целлюлогина также выше, чем углём марки БАУ–А. Однако, достижение необходимой степени осветления гидролизата невозможно без применения дополнительных методов обработки.

Эффективность осветления кислого гидролизата берёзовой древесины ($\text{pH} = 1,2$) регенерированным гранулированным активным углём из целлюлогина представлена в табл. 4. Регенерированные ГАУ пригодны для использования при сорбционной очистке и для достижения необходимой осветляющей способности активного угля и требуемой цветности гидролизата. Достаточная продолжительность регенерации составляет 20 мин.

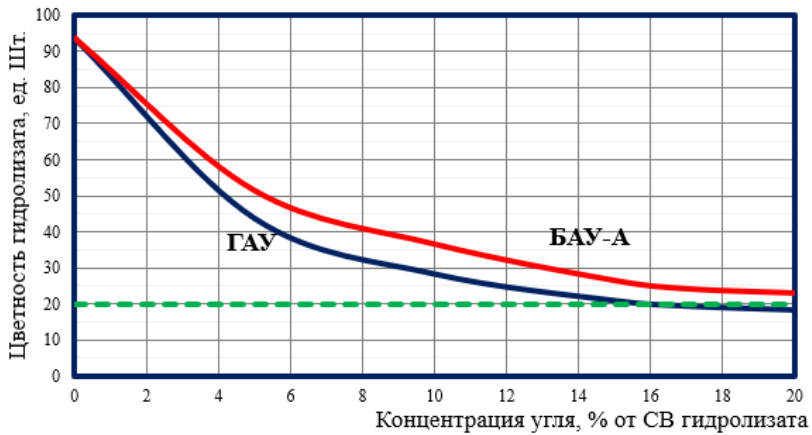


Рис. 2. Сравнение эффективности сорбционной очистки гидролизата с использованием ГАУ и БАУ-А

Fig. 2. Comparison of efficiency of sorption purification of hydrolysate using GAU and BAU-A

Таблица 4

Эффективность осветления кислого гидролизата березовой древесины регенерированным гранулированным активным углём из целлюлогнина

Efficiency of clarification of acidic birch wood hydrolysate by regenerated granular active carbon from cellulignin

Продолжительность регенерации, мин	Оптическая плотность гидролизата, D	Цветность гидролизата, ед. Шт.	Степень осветления гидролизата, α , %
10	0,186	25,4	73,0
15	0,174	23,7	74,8
20	0,114	15,6	83,5
25	0,113	15,4	83,6
30	0,111	15,2	83,9

При использовании для осветления гидролизата берёзовой древесины в качестве сорбента ГАУ из целлюлогнина, норма остаточной цветности гидролизата пентозансодержащего сырья после сорбционной очистки,

предусмотренная промышленным регламентом на производство ксилита (< 20 ед. Шт.), достигается при расходе угля на осветление в количестве 17% от СВ гидролизата.

Объем производства гранулированных активных углей для завода производительностью 1000 тонн ксилита в год составит около 2500 т/год, что в 3 раза превышает потребность в активном угле для осветления ксилозного гидролизата. Себестоимость производства ГАУ составляет 12 тыс. руб./т. При стоимости активированного угля 87 тыс. руб/т, экономия предприятия составит 56 млн руб. в год.

При проведении регенерации активного гранулированного угля из целлолигнина методом парогазовой активации установлено, что оптимальная продолжительность процесса, которая позволяет достичь сорбционной способности регенерированного угля, необходимой для осветления пентозного гидролизата берёзовой древесины, составляет 20 мин. При увеличении продолжительности регенерации ГАУ из целлолигнина его сорбционная способность практически не изменяется.

Заключение. Гранулированный активный уголь из целлолигнина по своим физико-химическим свойствам близок к древесному углю и его можно эффективно применять для сорбционной очистки пентозных гидролизатов при производстве ксилита. При сравнении эффективности сорбционной очистки гидролизата берёзовой древесины с использованием в качестве сорбентов ГАУ и БАУ-А было выявлено, что степень осветления гидролизата при использовании ГАУ выше, чем при БАУ-А. При регенерации отработанных ГАУ определена оптимальная продолжительность, которая составила 20 минут. Организация производства ГАУ из целлолигнина непосредственно на предприятии по получению ксилита позволит значительно снизить расходы на сорбционную очистку гидролизата, а следовательно уменьшить себестоимость пищевого кристаллического ксилита и повысить экономическую эффективность ксилитного производства.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Библиографический список

Бахтиярова А.В., Белоусов И.И., Кинд А.В., Романенко К.А., Спицын А.А. Пиролиз и активация уплотненного целлолигнина // Химическая технология. 2019. Т. 20, № 3. С. 98-103. DOI: 10.31044/1684-5811-2019-20-3-98-103

Бахтиярова А.В., Денисенко Г.Д. Технология гидролизных и микробиологических производств. СПб.: СПбГЛТУ, 2018. 44 с.

Выглазов В.В. Технология высококачественного ксилита и других полиолов на основе пентозансодержащего растительного сырья: дисс. ... д-ра техн. наук. СПб., 2004. 602 с.

Дедов И.И., Шестакова М.В., Викулова О.К., Железнякова А.В., Исаков М.А., Сазонова Д.В., Мокрышева Н.Г. Сахарный диабет в Российской Федерации: динамика эпидемиологических показателей по данным Федерального регистра сахарного диабета за период 2010–2022 гг. // Сахарный диабет. 2023. 26(2). С. 104–123. doi.org/10.14341/DM13035

Денисенко Г.Д., Румянцева В.Г., Шурыгина М.С. Исследование процесса обогащения древесины лиственных пород в ксилитном производстве // Актуальные проблемы лесного комплекса. 2023. № 63. С. 352–355.

Кинд А.В., Кинд В.Б., Выглазов В.В. и др. Ультрафильтрационный мембранный аппарат для очистки гидролизатов растительного сырья // Леса России в XXI веке: матер. четвертой Междунар. науч.-практич. интернет-конференции. Апрель 2010 г. СПб.: ЛТА, 2010. С. 161–166.

Ковернинский И.Н., Комаров В.И., Третьяков С.И. Комплексная химическая переработка древесины: учебник. Архангельск: Изд-во Арханг. гос. техн. ун-та, 2002. 347 с.

Мамбетова С.Р., Бахтиярова А.В., Михайлова А.Е. Анализ рынка ксилита // Тенденции развития науки и образования. 2023. № 100-2. С. 112–114. DOI: 10.18411/trnio-08-2023-88.

Нечаев А.П., Траубенберг С.Е., Кочеткова А.А. и др. Пищевая химия. Изд. 4-е, испр. и доп. СПб.: ГИОРД, 2007. 640 с.

Трофимова Н.Н., Бабкин В.А. Изучение кислотного гидролиза полисахаридов древесины лиственницы для получения кристаллической глюкозы // Химия растительного сырья. 2009. № 3. С. 31–37.

Холькин Ю.И. Технология гидролизных производств. М.: Лесн. пром-сть, 1989. 496 с.

Arminda M., Josué C., Cristina D., Fabiana S., Yolanda M. Use of activated carbons for detoxification of a lignocellulosic hydrolysate: statistical optimisation // J. EnvironManage. 2021. No. 296. doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.113320

Barathikannan K., Agastian P. Xylitol: Production, optimization and industrial application // Int. J. Curr. Microbiol. Appl. Sci. 2016. 5. P. 324–339.

Carvalho F., Duarte L.C., Lopes S., Parajó J.C., Pereira H., Gírio F.M. Evaluation of the detoxification of brewery's spent grain hydrolysate for xylitol production by *Debaryomyces hansenii* CCM 941 // Proc. Biochem. 2015. 40. P. 1215–1223. DOI: 10.1016/j.procbio.2004.04.015

Janket S.J., Jaspreet B., Isaac P., Leland K.A., Jukka H.M. Oral and systemic effects of xylitol consumption // Caries Res. 2019. 53. P. 491–501. DOI: 10.1159/000499194

Satyavolu J., Ganesh Dattatreya Tadimeti J., Thilakarathne R. Xylose production and the associated integration for biocoal production // Energy Conversion and Management. 2020. X. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ecmx.2020.100073

Tavares A.P.M., Gonçalves M.J.A., Brás T., Pesce G.R., Xavier A.M.R.B., Fernandes M.C. Cardoon Hydrolysate Detoxification by Activated Carbon or Membranes System for Bioethanol Production // *Energies*. 2022. 15. 1993. URL: <https://doi.org/10.3390/en15061993>

Umai D., Kayalvizhi R., Kumar V., Jacob S. Xylitol: Bioproduction and Applications // *Front. Sustain*. 2022. Vol. 3. P. 2. DOI: 10.3389/frsus.2022.826190

Vardhan H., Sasmal S., Mohanty K. Detoxification of areca nut acid hydrolysate and production of xylitol by *Candida tropicalis* (MTCC 6192) // *Preparative Biochemistry & Biotechnology*. 2023. P. 1–12 DOI: 10.1080/10826068.2023.2207093

References

Arminda M., Josúe C., Cristina D., Fabiana S., Yolanda M. Use of activated carbons for detoxification of a lignocellulosic hydrolysate: statistical optimisation. *Journal of Environmental Management*, 2021, no. 296, pp. 1–9

Bahtijarova A.V., Belousov I.I., Kind A.V., Romanenko K.A., Spitsyn A.A. Pyrolysis and activation of compacted lignocellulosic materials. *Chemical Technology*, 2019, vol. 20, no. 3, pp. 98–103. DOI: 10.31044/1684-5811-2019-20-3-98-103. (In Russ.)

Bahtijarova A.V., Denisenko G.D. Technology of Hydrolysis and Microbiological Productions. St. Petersburg: SPbGLTU, 2018. 44 p. (In Russ.)

Barathikannan K., Agastian P. Xylitol: Production, optimization and industrial application. *Int. J. Curr. Microbiol. Appl. Sci.*, 2016, no. 5, pp. 324–339. DOI: 10.20546/ijcmas.2016.509.036.

Carvalho F., Duarte L.C., Lopes S., Parajó J.C., Pereira H., Gírio F.M. Evaluation of the detoxification of brewery's spent grain hydrolysate for xylitol production by *Debaryomyces hansenii* CCMI 941. *Proc. Biochem*, 2005, no. 40, pp. 1215–1223. DOI: 10.1016/j.procbio.2004.04.015.

Dedov I.I., Shestakova M.V., Vikulova O.K., Zheleznyakova A.V., Isakov M.A., Sazonova D.V., Mokrysheva N.G. Diabetes mellitus in the Russian Federation: dynamics of epidemiological indicators according to the Federal Register of Diabetes Mellitus for the period 2010–2022. *Diabetes mellitus*, 2023, no. 26, pp. 104–123. DOI: 10.14341/DM13035. (In Russ.)

Denisenko G.D., Rumyancheva V.G., Shurygina M.S. Issledovanie processa oblagorazhivaniya drevesiny' listvenny'x porod v ksilitnom proizvodstve [Investigation of hardwood refining process in xylitol production]. *Aktual'ny'e problemy' lesnogo kompleksa*, 2023, no. 63, pp. 352–355. (In Russ.)

Janket S.J., Jaspreet B., Isaac P., Leland K.A., Jukka H. M. Oral and systemic effects of xylitol consumption. *Caries Res.*, 2019, no. 53, pp. 491–501. DOI: 10.1159/000499194.

Khol'kin Iu.I. Tekhnologii gidroliznykh proizvodstv [Technology of hydrolysis industries]. M.: Lesn. prom-st', 1989. 496 p. (In Russ.)

Kind A.V., Kind V.B., Vy'glazov V.V. i dr. Ul'trafil'tracionny'j membranny'j apparat dlya ochistki gidrolizatov rastitel'nogo sy'r'ya [Ultrafiltration membrane apparatus for purification of plant raw material hydrolysates]. *Lesa Rossii v XXI veke: materialy' chetvertoj mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy internet-konferencii*. April' 2010 g. SPb.: LTA, 2010, pp. 161–166. (In Russ.)

Koverninskij I.N., Komarov V.I., Tret'jakov S.I. Complex chemical processing of wood. Arhangel'sk: Izd-vo Arhang. gos. tehn. un-ta, 2002. 347 p. (In Russ.)

Mambetova S.R., Bahtijarova A.V., Mihajlova A.E. Analysis of the xylitol market. *Trends in the development of science and education*, 2023, no. 100-2, pp. 112–114. DOI: 10.18411/trnio-08-2023-88. (In Russ.)

Nechaev A.P., Traubenberg S.E., Kochetkova A.A. i dr. Pishhevaya ximiya [Food chemistry] / pod red. A.P. Nechaeva. Izd. 4-e, ispr. i dop. SPb.: GIORД, 2007. 640 p. (In Russ.)

Satyavolu J., Tadimetri J.G.D., Thilakarathne R. Xylose production and the associated integration for biocoal production. *Energy Conversion and Management*, 2020, no. 10(1). DOI: 10.1016/j.ecmx.2020.100073.

Tavares A.P.M., Gonçalves M.J.A., Brás T., Pesce G.R., Xavier A.M.R.B., Fernandes M.C. Cardoon Hydrolysate Detoxification by Activated Carbon or Membranes System for Bioethanol Production. *Energies*, 2022, no. 15, pp. 1–15. DOI: 10.3390/en15061993.

Trofimova N.N., Babkin V.A. Study of acid hydrolysis of larch wood polysaccharides to obtain crystalline glucose. *Khimija Rastitel'nogo Syr'ja*, 2009, no. 3, pp. 31–37. (In Russ.)

Umai D., Kayalvizhi R., Kumar V., Jacob S. Xylitol: Bioproduction and Applications. *Front. Sustain*, 2022, no. 3, pp. 1–16. DOI: 10.3389/frsus.2022.826190.

Vardhan H., Sasmal S., Mohanty K. Detoxification of areca nut acid hydrolysate and production of xylitol by *Candida tropicalis* (MTCC 6192). *Preparative Biochemistry & Biotechnology*, 2023, no. 53, pp. 1–12. DOI: 10.1080/10826068.2023.2207093.

Vyglazov V.V. Technology of high-quality xylitol and other polyols based on pentosan-containing plant raw materials : diss. ... of PhD in Engineering : 05.21.03 : defense of the thesis 2005-02-15 : approved 2005-03-22. St. Petersburg: 2005. 602 p. (In Russ.)

Материал поступил в редакцию 05.12.2023

Мамбетова С.Р., Бахтиярова А.В. Сорбционная очистка ксилозного гидролизата активированным углем из целлोलигнина // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2024. Вып. 250. С. 353–365. DOI: 10.21266/2079-4304.2024.250.353-365

Высокие требования к качеству ксилита обусловлены его применением в пищевой и фармацевтической промышленности. Важной задачей при подготовке

ксилозных растворов к гидрированию является осветление раствора, так как ксилит – это белый кристаллический порошок. Для этих целей применяются сорбционная и флокуляционная очистка получаемых растворов, а также мембранные методы. Наиболее часто используется сорбционная очистка активированным углем, обработка которым эффективна для снижения цветности получаемых растворов. В статье рассмотрена необходимость сорбционной очистки ксилозного гидролизата и представлена сравнительная характеристика эффективности процесса осветления пентозного гидролизата берёзовой древесины гранулированным активным углём (ГАУ) из целлюлигина и древесным активным углём марки БАУ-А. Степень осветления гидролизата при использовании ГАУ выше, чем при БАУ-А, и необходимая цветность достигается при добавлении ГАУ в количестве 17% от СВ гидролизата. Использование ГАУ для сорбционной очистки пентозных гидролизатов позволяет снизить расход сорбентов на осветление гидролизатов в 1,3 раза. Приведены данные по регенерации отработанного ГАУ из целлюлигина при различной продолжительности обработки, а также результаты эффективности осветления ксилозных растворов регенерированными ГАУ. Регенерированные ГАУ пригодны для сорбционной очистки гидролизата. Достаточная продолжительность регенерации составила 20 минут. Организация производства ГАУ из целлюлигина позволит значительно снизить расходы на сорбционную очистку гидролизата и повысить экономическую эффективность ксилитного производства.

Ключевые слова: Ксилит, ксилозный гидролиз, целлюлигин, гранулированный активный уголь, сорбционная очистка.

Mambetova S.R., Bakhtiiarova A.V. Sorption purification of xylose hydrolysate by activated carbon from cellolignin. *Izvestia Sankt-Peterburgskoj Lesotekhniceskoj Akademii*, 2024, iss. 250, pp. 353–365 (in Russian with English summary). DOI: 10.21266/2079-4304.2024.250.353-365

High quality requirements for xylitol are due to its use in food and pharmaceutical industries. An important task in preparation of xylose solutions for hydrogenation is solution clarification, since xylitol is a white crystalline powder. For this purpose sorption and flocculation purification of the obtained solutions as well as membrane methods are used. The most commonly used sorption purification is activated carbon, the treatment of which is effective in reducing the color of the solutions obtained. The article considers the necessity of sorption purification of xylose hydrolysate and presents a comparative characterization of the efficiency of the process of clarification of pentose hydrolysate of birch wood by granulated active carbon (GAC) from cellolignin and BAU-A wood active carbon. The degree of clarification of hydrolysate when using GAC is higher than that of BAU-A and the required color is achieved when adding GAC in the amount of 17% of the CB of hydrolysate. The use of GAC for sorption purification of pentose hydrolysates allows to reduce the consumption of

sorbents for clarification of hydrolysates in 1.3 times. The data on regeneration of spent GAC from cellulignin at different duration of treatment, as well as the results of efficiency of clarification of xylose solutions by regenerated GAC are presented. The regenerated GAC are suitable for sorption purification of hydrolysate. Sufficient duration of regeneration was 20 minutes. Organization of production of GAC from cellulignin will significantly reduce the cost of sorptive treatment of hydrolysate and increase the economic efficiency of xylitol production.

Key words: xylitol, xylose hydrolysis, cellulignin, granulated active carbon, sorption purification.

МАМБЕТОВА Софья Романовна – магистрант института химической переработки биомассы дерева и техносферной безопасности Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета имени С.М. Кирова. ORCID: 0000-0003-4617-7824.

194021, Институтский пер., д. 5, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: sofya.mam@icloud.com

МАНБЕТОВА Sofya R. – Master's student, St.Petersburg State Forest Technical University, Institute of Chemical Processing of Wood Biomass and Technosphere Safety. ORCID: 0000-0003-4617-7824.

194021. Institute per. 5. St. Petersburg. Russia. E-mail: sofya.mam@icloud.com

БАХТИЯРОВА Анна Валерьевна – старший преподаватель кафедры технологии лесохимических продуктов, химии древесины и биотехнологии Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета имени С.М. Кирова. ORCID: 0000-0002-0480-3156

194021, Институтский пер., д. 5, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: nyroc@rambler.ru

BAKHTIAROVA Anna V. – Senior Lecturer of the Department of technology of wood chemical products, wood chemistry and biotechnology, St.Petersburg state Forest Technical University. ORCID 0000-0002-0480-3156.

194021. Institute per. 5. St. Petersburg. Russia. E-mail: nyroc@rambler.ru