

М. О. Шевчук, аспирант

**ПЕНТОЗАНСОДЕРЖАЩЕЕ СЫРЬЕ И АНАЛИЗ СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ  
ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ФУРФУРОЛА В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ**

Various kinds of the raw material containing pentosans due to which the base of manufacture furfural Republic of Belarus can be expanded are considered.

За последние 7 лет стоимость нефти выросла приблизительно в 3 раза. Соответственно подорожали и продукты нефтепереработки, поэтому во всем мире ведется поиск технологий, способных стать источниками сырья для химического производства. К таким технологиям относится производство фурфурола из возобновляемого пентозансодержащего сырья.

Фурфурол – гетероциклический альдегид, высокоактивное соединение. Применяется для получения фурфурилового спирта, производства пластмасс, для очистки смазочных масел, в качестве сырья для производства медикаментов.

Необходимо отметить, что фурфурол производится только из сырья растительного происхождения. Потенциальным источником получения фурфурола служат пентозаны растительного сырья и полиуроновые кислоты, при декарбоксилировании которых образуются пентозаны. Пентозаны представляют собой смешанные полисахариды, построенные из остатков пятиатомных моносахаридов (пентоз). Промышленное производство фурфурола основывается на переработке отходов сельского хозяйства и деревообработки, содержащих более 15% пентозанов от массы абсолютно сухого сырья (а. с. с.) [1].

Теоретический выход фурфурола из пентозанов составляет 72,4%, из пентоз – 64%, из уроновых кислот – 49,5%. Промышленный выход фурфурола не превышает 50% от теоретически возможного.

Мировые потребности в фурфуроле ежегодно растут, и для их удовлетворения ведется поиск новых видов сырья. Опубликовано множество научных работ, содержащих характеристики пентозансодержащих отходов, пригодных для получения фурфурола: соевых стеблей [2], подсолнечной лузги [3, 4, 5, 6], стеблей кукурузы [5, 7], соломы пшеницы [1, 4], древесно-кустарниковой растительности [4], лузги овса [1; 5], гречки [4, 5, 6], хлопчатника [8], риса, пальмовых листьев, костры кенафа [9].

Фурфурол также получается как побочный продукт на гидролизных заводах из паров самоиспарения гидролизатов. Концентрация фурфурола в парах самоиспарения не превышает

0,4%. Поэтому для получения 1 т целевого продукта нужно затратить около 250 т пара, что делает его производство убыточным при нынешних ценах на энергоресурсы.

Фурфурол может быть получен в целлюлозно-бумажной промышленности при производстве сульфатной целлюлозы. При выработке сульфатной целлюлозы проводят предгидролиз щепы. В процессе предгидролиза происходит деацетилирование углеводов, повышается содержание уксусной кислоты, что благоприятствует гидролизу гемицеллюлоз.

В результате действия повышенных температур в кислой среде пентозные сахара превращаются в фурфурол. Исследована схема отбора и выделения фурфурола из конденсата выпарных газов предгидролизата с применением органических растворителей. Содержание фурфурола в конденсате предгидролизата 1,2% [10].

По литературным данным существует возможность получения 15–15,2 кг фурфурола на 1 т целлюлозы [11].

Не исключается возможность получения фурфурола при пиролизе древесного сырья, предварительно обработанного кислотой [4].

Из-за ограниченности объемов пентозансодержащего сырья и с целью комплексного использования сырья ведутся работы по получению фурфурола из гексоз [12], но пока только в лабораторных масштабах.

В настоящее время в Республике Беларусь имеются два гидролизных завода: Бобруйский гидролизный завод (БГЗ) в г. Бобруйск и Речицкий опытно-промышленный гидролизный завод (РОПГЗ) в г. Речица. Фурфурольное производство действует сейчас только на РОПГЗ (прямой способ). БГЗ отказался от выпуска фурфурола в 90-е годы прошлого века из-за высокой себестоимости конечного продукта.

Последние 5 лет РОПГЗ производит фурфурол из одубины в количестве приблизительно 1000 т в год. Одубина – отход, образующийся на РОПГЗ при производстве экстракта дубового дубильного. Выпуск фурфурола ограничен объемом одубины, хотя производительность по основному оборудованию может составить 5000 т в год. В связи с этим идет поиск новых видов сырья.

Энергозатраты при производстве фурфурола составляют более 46% от себестоимости. Модернизация котлоагрегатов на РОПГЗ позволит сжигать лигнин и целлюлозигнин и получать сравнительно недорогой пар для технологических нужд. Расчет специалистов предприятия показывает, что себестоимость производства фурфурола в 2006 году будет снижена на 37%, а экстракта дубового – на 10% [13]. Это позволит расширить сырьевую базу и увеличить выпуск фурфурола вплоть до 5000 т в год, что уменьшит условно-постоянные издержки.

Рассмотрим сырье, которое может быть использовано для производства фурфурола на Речицком ОПГЗ.

Затраты на сырье, включающие затраты на его транспортировку и подготовку к технологическому процессу, – один из главных факторов, определяющих себестоимость фурфурола.

Несмотря на значительные количества отходов сельского хозяйства, их не всегда можно использовать в промышленности из-за большой рассредоточенности. Существует множество теоретически возможных ресурсов, но необходимо руководствоваться следующими показателями при выборе сырья для производства фурфурола:

- 1) теоретическим выходом фурфурола, % от массы абсолютно сухого сырья (а. с. с);
- 2) стоимостью сырья;
- 3) запасами сырья.

Рассмотрим краткую характеристику сырья, которое может быть использовано для производства фурфурола на Речицком ОПГЗ.

В таблице представлены различные виды сырья в порядке уменьшения потенциального содержания фурфурола.

Сведения о химическом составе, представленные различными авторами, сильно различаются. Это может быть вызвано рядом причин: неодинаковыми природноклиматическими условиями произрастания сельскохозяйственных культур, использованием различных методик определения состава. Значительных запасов лузги овса Республика Беларусь не имеет, так как данный вид сырья используется мелькомбинатами в производстве комбикормов. Запасов подсолнечной лузги в нашей стране также нет из-за небольшого объема производства семян подсолнечника. Солома пшеницы из-за достаточно высокой питательной ценности, рассредоточенности запасов, невысокой плотности загрузки скорее всего в ближайшее время применяться в качестве сырья для получения фурфурола в Беларуси не будет.

Таблица

Характеристика пентозансодержащего сырья

Сырье	Теоретический выход фурфурола, % от массы а. с. с.	Содержание пентозанов, % от массы а. с. с.	Уроновые кислоты, % от массы а. с. с.	Объемная масса, кг/м <sup>3</sup>	Зольность, % от массы а. с. с.	Промышленный выход фурфурола за рубежом, % от массы а. с. с.	Литературный источник
Лузга овса	23–26	32–36	5,4	169	7,74	11–13	[1, 4, 5]
Кукурузная кочерыжка	22–25	30–39	7,4	125	1,1–3	11–13	[5, 14]
Стебли кукурузы	17–19	23–27	–	–	6,15	8–9	[5, 7]
Щепа березы	16–18	22–25	3,7	155–160	0,14	8–9	[1, 5]
Лузга гречки	7–18	13,6–29	6,3	100–140	1,5–2,63	–	[4, 5, 6]
Костра льна	14–15	23–25	–	90	2,4–4	–	[4]
Солома пшеницы	13–14	18–20	–	–	7,2	6–7	[1, 4]
Подсолнечная лузга	14	17–24	11-12	80–90	2,2–3,7	–	[3, 4, 5, 6]
Одубина	13	14–17	4–5	220	0,86	–	[4, 5]

Применительно к Речицкому ОПГЗ можно предположить, что в ближайшее время доля сельскохозяйственных отходов в общем объеме сырья возрастет, в частности кукурузной кочерыжки, стеблей кукурузы, гречневой лузги.

В Беларуси увеличивается объем производства зерновых культур, среди которых важное место в южных районах отводится кукурузе. В 2005 году только одна специализированная семеноводческая станция в г. Мозырь (Гомельская область) произвела около 8 тыс. т зерна кукурузы. В планах на 2006 год получить около 10 тыс. т. Выход кукурузной кочерыжки составляет около 25% от массы собранного зерна.

Стебли кукурузы содержат 23,4–25,2% пентозанов, 6,15% золы вполне могут после предварительного измельчения быть использованы гидролизным заводом.

Гречневая лузга имеет зольность от 1,5 до 2,85%, влажность 20–50%, пентозанов 13,6–29%. Гречневая лузга образуется в количестве около 7000 т в год на мелькомбинате г. Гомеля, перерабатывающего зерно гречки, производимое в Республике Беларусь, а также в близлежащих областях Украины и России.

Костра льна из-за низкой плотности загрузки и большого уноса частиц сырья из гидролизатора во время технологического процесса получения фурфурола не может быть использована.

Для фурфурольного производства переработка крупных фракций сырья недопустима [4]. Следовательно, нельзя считать удовлетворительным использование отходов фанерного производства без их дополнительного измельчения.

Из всего вышеизложенного можно сделать вывод, что наиболее перспективными видами сырья для получения фурфурола в Республике Беларусь являются: стержни кукурузных початков, стебли кукурузы, щепки березы, лузга гречки. Но данные по содержанию основных компонентов весьма противоречивы. Следовательно, необходимо уточнить данные по химическому составу сырья произрастающего на территории Республики Беларусь.

#### Литература

1. Carrasco F. Fundamentos de la producción de furfural // AFINIDAD. – 1991. – № 433. – P. 184–188.

2. А.с. 248059 ЧССР, МКИ С 07 D 307/50.

3. Скриган А. И. Ресурсы и химическая характеристика льняной костры и другого пентозансодержащего сырья в Белорусской ССР // Ресурсы пентозансодержащего сырья в СССР. – Рига: Изд. ЛатвССР, 1960. – С. 73–82.

4. Морозов Е. Ф. Производство фурфурола. – М.: Лесн. пром-сть, 1979. – 200 с.

5. Шарков В. И. Гидролизное производство. – Т. 1. – М.: Гослестехиздат. – 1945. – 288 с.

6. Дудник Л. И., Чикишева Л. И., Радошева Н. М., Дудник Г. Л. Получение гидролизатов из гречневой шелухи и ее смесей с подсолнечной лузгой для выращивания кормовых дрожжей // Гидролизная и лесохимическая промышленность. – 1989. – № 3. – С. 27–28.

7. Tortosa J. F., Rubio M., Gomez D. Autohidrolisis de tallo de maiz en suspension acuosa // AFINIDAD. – 1995. – № 457. – P. 181–188.

8. Guarjar R. M. Furfural from cottonseed hulls and other agricultural residues a comparison // Res. and Ind. – 1993. – Vol. 38. – № 3. – P. 144–145.

9. Зинина М. А., Душин В. А. Пентозногексозный гидролиз костры кенафа // Гидролиз. и лесохим. пром-сть. – 1968. – № 8. – С. 25–27.

10. Moulik S., Khandelwal P. K. Recovery of furfural from the prehydrolysis vapour vent condensate from a dissolving pulp plant // Res. and Ind. – 1989. – Vol. 34. – № 3. – P. 205–210.

11. Орлов В. И., Жигалов Ю. В. Получение фурфурола из конденсата паров самоиспарения предгидролизата лиственной древесины // Гидролиз. и лесохим. пром-сть. – 1987. – № 1. – С. 19.

12. Нестерова Е. В., Слюняев В. П., Елкин В. А., Калинин Н. Н. Проблемы химической переработки древесного сырья // Сборник трудов С.-петерб. лесотехн. академии. – СПб.: Изд-во СПбЛТА. – 2000. – С. 91–97.

13. Васильева И. Н. Свое тепло на гидролизном // Днепровец. – 2006. – № 12. – С. 1.

14. Garrote G., Dominguez H., Parajo J. C. Fraccionamiento químico de zuros de maiz en medio acuoso // AFINIDAD. – 2002. – № 500. – P. 357–361.