

ПЕРЕРАБОТКА МИСКАНТУСА КИТАЙСКОГО

В.В. Будаева, Р.Ю. Митрофанов, В.Н. Золотухин, Г.В. Сакович

В статье приведены результаты исследования химической переработки биомассы нового для России вида недревесного сырья – Мискантуса китайского. Определены основные физико-химические свойства волокнистого продукта и целлюлозы из Мискантуса китайского в зависимости от способа переработки сырья. Оценена сравнительная реакционная способность продуктов химической переработки к ферментативному гидролизу.

ВВЕДЕНИЕ

Мискантус (*Miscanthus*), род многолетних травянистых растений семейства злаков. Известно около 25 видов, распространённых от тропической и Южной Африки до Восточной и Юго-Восточной Азии. На территории бывшего СССР произрастают три вида: Мискантус сахароцветковый (*Miscanthus sacchariflorus*), Мискантус краснеющий (*Miscanthus purpurascens*), Мискантус китайский (*Miscanthus sinensis*). Последние двадцать лет за рубежом активно занимаются выведением новых сортов Мискантуса. В связи с неприхотливостью этой древовидной травы и чрезвычайно высокой урожайностью биомассы (10–30 т сухой массы с 1 га) Мискантус является типичным представителем энергетических растений [1]. Его севооборот составляет 10–15 лет. Растение практически не требует подготовки почвы, и после посадки дальнейшая обработка и сбор урожая осуществляется без больших затрат. При использовании правильной технологии посадки и ухода Мискантус может улучшить состояние истощенной почвы. Глубокие корни (до 2,5 м в глубину) укрепляют структуру почвы, увеличивают содержание органических веществ в ней и служат своего рода фильтрами для грунтовых вод. Отсутствие ежегодного вспахивания также оказывает положительное влияние на почву (уменьшается эрозия). Для культуры характерен не только быстрый рост, особенно жарким летом (к третьему году урожай составляет 10–16 т/га), но и удовлетворительная морозостойкость [2].

Сотрудниками Института цитологии и генетики СО РАН (ИЦиГ СО РАН) выведен новый вид Мискантуса китайского, адаптированный к выращиванию в условиях Западной Сибири. Интерес ученых к этому растению связан с уникальным активным корнеобразованием, позволяющим использовать авторскую форму Мискантуса для сохранения высыхающих озер путем посадки растения по берегам, а также препятствовать обвалам

склонов оврагов.

Поскольку теплота сгорания Мискантуса составляет 17 МДж/кг (сухой массы), содержание золы – 2,7 %, первыми способами утилизации являются прямое сжигание и производство биогаза. По оценке специалистов, производство биогаза из энергетических культур является выгодным с точки зрения соотношения затраченной и полученной энергии. Например, для Мискантуса полученная энергия 20 ГДж/га в 2,86 раз превышает затраченную на выращивание 7 ГДж/га. Для сравнения: для кукурузы это соотношение составляет 1,92, клевера – 1,22 [2].

Вследствие высокой урожайности биомасса Мискантуса рассматривается как сырьевой источник недревесной целлюлозы. Результаты определения химического состава зарубежных видов Мискантуса подтверждают содержание целлюлозы в пределах 40–44 % и лигнина 18–23 %.

Самыми перспективными из химических методов переработки Мискантуса за рубежом названы щелочная делигнификация, использование органических катализаторов и обработка органическими растворителями и разбавленными водными кислотами (органосольв-процессы) [3].

Предприняты попытки химической модификации целлюлозы Мискантуса [4].

Особенно актуально исследование ферментации биомассы Мискантуса и продуктов ее предварительной обработки в зависимости от способа обработки, вида ферментного комплекса, конструкции ферментера и т. д. Полученные гидролизаты планируется использовать для дальнейшего превращения в биоспирты (этанол, бутанол) и водород [5]. Определенные успехи достигнуты в изучении продуктов ферментации биомассы Мискантуса после предобработки аммиаком [6, 7].

Целью работы является исследование условий переработки биомассы Мискантуса китайского и характеристика свойств полученных продуктов.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Мискантус китайский урожая 2008 года выращен на плантации Института цитологии и генетики СО РАН и предоставлен в ИПХЭТ СО РАН.

Мискантус был измельчен на электрической соломорезке.

Химическая переработка мискантуса проведена несколькими способами при атмосферном давлении и в автоклаве. Один из них включает в себя предварительную обработку 0,7 %-ным раствором соляной кислоты, затем делигнификацию 3 %-ным раствором гидроокиси натрия (ЩД) при атмосферном давлении. Кроме того, проведена щелочная делигнификация 4 %-ным раствором гидроокиси натрия без предварительного гидролиза сырья.

Другой способ предполагает обработку 3 %-ным раствором азотной кислоты и получение лигноцеллюлозного материала. Третий способ заключается в последовательном проведении щелочной делигнификации и обработки 3 %-ным раствором азотной кислоты (АК), в результате получают волокнистый продукт (ЩД+АК).

В автоклаве [8, 9] проведены щелочная делигнификация сырья 4 %-ным раствором гидроокиси натрия при температуре 140 °С (ЩД-140 °С) и гидротропная делигнификация 30 %-ным раствором бензоата натрия при температуре 160 °С (ГД-160 °С).

Беленые целлюлозы из волокнистых продуктов после автоклавирования получали в следующих условиях: 1 %-ный NaOH, модуль 1:20, температура 50 °С, добавление 36 %-ной H₂O₂ в соотношении сырье: отбеливающий агент = 1,0:3,6.

Анализ полученных волокнистых продуктов и целлюлозы проводили по методикам [10].

ИК-спектры целлюлозы и лигнина снимали на ИК – Фурье спектрометре «Инфралуом ФТ – 801». Термогравиметрический анализ (ТГА) целлюлозы проводили на термоанализаторе Shimadzu-DSC60 в атмосфере воздуха до температуры 700 °С. Образцы продуктов химической обработки Мискантуса исследованы методом электронносканирующей микроскопии (ЭСМ) на растровом электронном микроскопе JSM–840 фирмы «Jeol» с рентгеновским микроанализатором Link–860 серии II. Удельная поверхность и пористость структуры беленой целлюлозы определены на приборе «Micromeritics» ASAP 2000.

Ферментацию исходного Мискантуса и

трех продуктов его химической переработки (беленой целлюлозы, полученной щелочной делигнификацией при атмосферном давлении и отбелкой, лигноцеллюлозного материала, волокнистого продукта (ЩД+АК) проводили в колбах емкостью 500 мл на перемешивающей платформе марки ПЭ-6410М с частотой колебания 50 мин⁻¹ при температуре 50 °С в течение 72 ч. В каждую колбу поместили по 5 г исследуемого сырья, 150 см³ ацетатного буфера (рН = 4,7) [11], в котором было растворено 0,083 г ферментного комплекса «ЦеллоЛюкс-А» (производство: г. Бердск; состав комплекса по паспорту: целлюлаза, β-глюканаза, ксиланаза, глюкоамилаза) [12]. Через определенные промежутки времени отбирали пробу объемом 2 мл и в фильтрате определяли концентрацию глюкозы спектрофотометрическим методом с использованием 3,5-динитросалициловой кислоты [13]. По окончании ферментации проводили фильтрование, сушку осадка на фильтре и определяли убыль массы сырья гравиметрическим методом, а также концентрацию редуцирующих веществ в фильтрате гидролизата по методу Бертрана.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Химическая переработка Мискантуса

Сырье авторской формы ИЦиГ СО РАН Мискантуса представляет собой полноценное растение без корня (срезано с помощью серпа на 30 см от почвы), а именно: стебель – соломину – внизу коленчатый, с частично заполненной сердцевинной, длиной 160 см и толщиной не более 0,4 см, длинные, узкие, плоские листья, хорошо выраженные и твердые междоузлия, соцветие – метелку длиной до 20 см, мелкие черные семена. Масса одного растения в среднем составляет 10 г при влажности 35 % (сентябрь 2008 года). В процессе естественной сушки метелки становятся пушистыми, при этом семена легко отделяются и высыпаются, листья становятся хрупкими, соломина приобретает прочность.

Основные характеристики биомассы: влажность 3,3–9,0 %, зольность (на а.с.с.) 5,0 %, массовая доля кислотонерастворимого лигнина (на а.с.с.) 19,4 %. Результаты фракционирования измельченного Мискантуса приведены в таблице 1.

Наличие фракции размером 1–4 мм в количестве 70 % и отсутствие мелочи (пыли) предполагают благоприятные условия для химической переработки сырья.

Таблица 1

Фракционный состав измельченного Мискантуса

№ сита, мм	12	8	4	2,5	2	1	0,63	поддон	потери
Относительная массовая доля, %	13,36	9,04	46,84	3,96	7,86	12,16	2,50	2,54	1,74

Таблица 2

Выход и характеристики целлюлозосодержащих продуктов Мискантуса

Наименование образца (способ получения)	Выход, % на а.с.с.	Влажность, %	Зола, %	М.д. лигнина, % на а.с.с.	Время, мин*
Волокнистый продукт (без предгидролиза и ЩД при атм. давлении)	42,0	6,0	3,7	6,3	–
Волокнистый продукт (после предгидролиза и ЩД при атм. давлении)	40,0	5,0	2,4	8,7	130
Волокнистый продукт (после ЩД-140 °С в автоклаве)	40,0	5,6	5,1	4,1	20
Беленая целлюлоза (после ЩД -140 °С в автоклаве и отбели)	42,0	3,8	5,2	4,0	30
Лигноцеллюлозный материал (после обработки азотной кислотой в одну стадию)	45,0	5,0	4,8	19,0	110
Волокнистый продукт (после ЩД при атм. давлении и обработки азотной кислотой в две стадии – ЩД+АК)	34,3	5,0	0,4	6,6	10

*Время полного растворения 1 г образца в 90 мл 72 %-ной серной кислоты при температуре 23 °С в условиях определения массовой доли кислотонерастворимого лигнина.

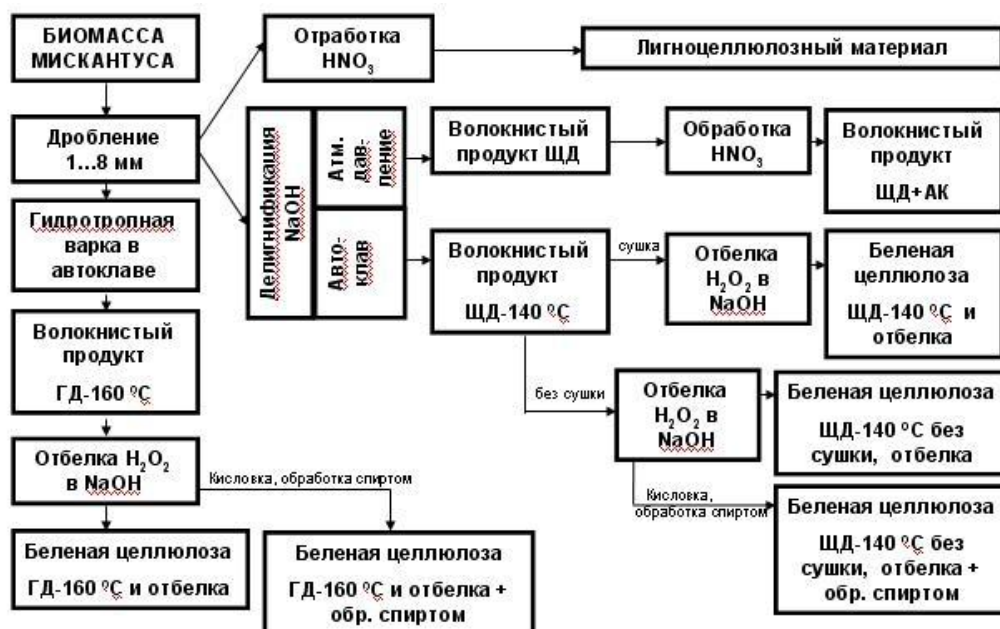


Рисунок 1. Схема химической переработки Мискантуса китайского

Массовая доля веществ, растворимых в 0,7 %-ной соляной кислоте при кипячении, в свежем сырье в пересчете на абс. сухое вещество составляет 18,5 %. Гидролизат представляет собой жидкость с красноватым оттенком и приятным запахом. В составе гид-

ролизата из свежего сырья 100 г в 1,5 л: растворимая зола 3,2 %, редуцирующие сахара 6,7 %, пектиновые вещества 2,0 %, сумма флавоноидов в пересчете на рутин (длина волны максимального поглощения комплекса с хлоридом алюминия 400 нм) – 0,2 %.

ПЕРЕРАБОТКА МИСКАНТУСА КИТАЙСКОГО

Химическую обработку Мискантуса проводили в оптимальных условиях переработки соломы и шелухи злаков [14, 15].

Общая схема химической переработки биомассы приведена на рисунке 1. Схема предусматривает целевыми только продукты целлюлозосодержащие: лигноцеллюлозный материал, волокнистые продукты, полученные при атмосферном давлении ЩД, ЩД+АК, при автоклавировании ЩД-140 °С, ГД-160 °С, а также беленые целлюлозы из соответствующих волокнистых продуктов. В схеме не показано дальнейшее использование фугатов после делигнификации для выделения еще одного биополимера – лигнина Мискантуса.

Выход и характеристики целлюлозосодержащих продуктов переработки Мискантуса, приведены в таблице 2.

Результаты, представленные в таблице, позволяют сделать вывод, что использование 3 %-ного раствора гидроксида натрия в качестве делигнифицирующего агента при атмосферном давлении после предварительного гидролиза сырья позволяет получить волокнистый продукт с выходом 40 % и удовлетворительными качественными характеристиками, а именно: с зольностью 2,4 % и остаточным лигнином 8,7 %.

Исключение стадии предварительного гидролиза с одновременным использованием 4 %-ного раствора гидроксида натрия неоднородно отражается на качестве волокнистого продукта: зольность повышается до 3,5 %, остаточный лигнин уменьшается до 6,0 %.

Проведение делигнификации в автоклаве значительно снижает продолжительность процесса, но вносит дополнительные трудности при фильтрации и промывки целевого волокнистого продукта. Продукт после делигнификации в автоклаве характеризуется большей зольностью 5,1 %, но остаточный лигнин в нем намного меньше и составляет 4,1 %.

Обработка азотной кислотой сырья приводит к лигноцеллюлозному материалу с выходом 45,0 %, при этом остаточный лигнин составляет 19,0 %. Следует обратить внимание, что только последовательная ЩД при атмосферном давлении и обработка азотной кислотой позволяют получить волокнистый продукт с самым низким значением зольности 0,4 % и удовлетворительным остаточным лигнином 6,6 %.

Время полного растворения продукта переработки Мискантуса в 72 %-ной серной кислоте косвенно характеризует способность образца целлюлозосодержащего продукта к химическому гидролизу. Самым реакционноспособным из представленных в таблице 2 образцов является именно продукт, полученный последовательной ЩД при атмосферном давлении и обработкой азотной кислотой.

С целью получения беленой целлюлозы с наименьшим остаточным лигнином была проведена отбелка волокнистого продукта (ЩД-140 °С) без сушки и последующая обработка 96 %-ным этиловым спиртом.

Таблица 3

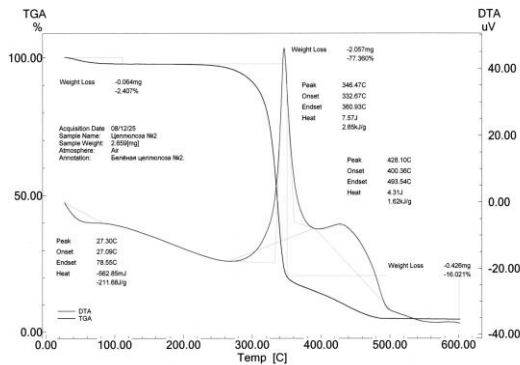
Выход и характеристика беленой целлюлозы Мискантуса (ЩД-140 °С и отбелка)

Наименование образца (способ получения)	Выход, % на а.с.с.	Влажность, %	Зола, %	М.д. лигнина, % на а.с.с.	Удел поверх., м ² /г
Беленая целлюлоза (ЩД-140 °С без сушки и отбелка)	41,4	3,3	4,7	1,9	1,8
Беленая целлюлоза (ЩД -140 °С без сушки и отбелка + обработка спиртом)	41,4	3,1	4,4	1,3	8,0

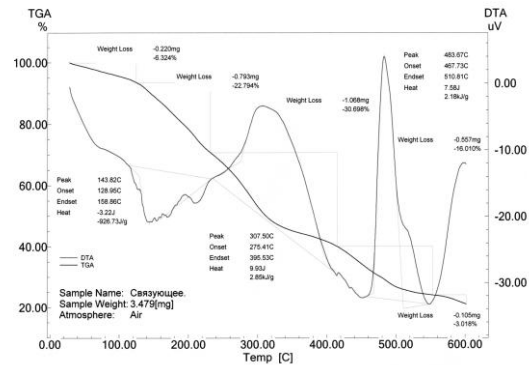
Таблица 4

Выход и характеристика беленой целлюлозы Мискантуса (ГД-160 °С и отбелка)

Наименование образца (способ получения)	Выход, % на а.с.с.	Влажность, %	Зола, %	М.д. лигнина, % на а.с.с.	Удел поверх., м ² /г
Беленая целлюлоза (ГД-160 °С, отбелка, кисловка)	–	4,1	1,8	5,5	2,3
Беленая целлюлоза (ГД-160 °С, отбелка, кисловка, обработка спиртом)	37,4	4,0	1,6	4,7	11,4



а) беленая целлюлоза после обработки спиртом



б) примесь, удаленная спиртом

Рисунок 2. Результаты термогравиметрического анализа целлюлозы после обработки спиртом и примеси, удаленной спиртом

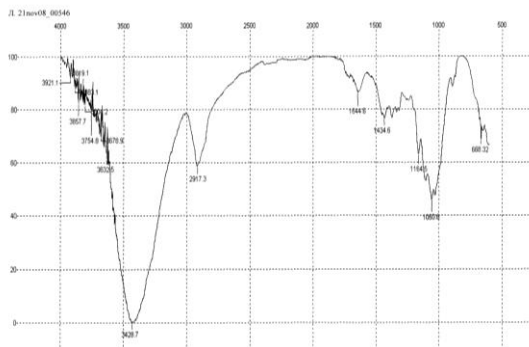


Рисунок 3. ИК-спектр целлюлозы Мискантуса

Исключение операции сушки между стадиями щелочной делигнификации (ЩД-140 °С) и отбелики позволило значительно улучшить характеристики белой целлюлозы, в частности, снизить зольность с 5,2 % до 4,7 % и значительно – остаточный лигнин с 4,0 % до 1,9 % (таблицы 2 и 3). Введение операции обработки 96 %-ным этиловым спиртом дополнительно снизило зольность до 4,4 % и остаточный лигнин до 1,3 %. Результаты исследования образцов целлюлозы до и после обработки спиртом методами ТГА и ЭСМ [16, 17] подтвердили факты увеличения доли волокон целлюлозы с температурой разложения 333–360 °С (рисунок 2) и удаления аморфного вещества, склеивающего волокна целлюлозы. Путем концентрирования спирта, использованного для обработки белой целлюлозы, аморфное вещество было выделено и исследовано методом ТГА. В результате было установлено, что примесь состоит из двух компонентов с температурами разложения 417–511 °С и 520–600 °С (рисунок 2).

ИК-спектр целлюлозы из Мискантуса (рисунок 3) по основным характеристическим частотам соответствует стандартам целлюлозы [18].

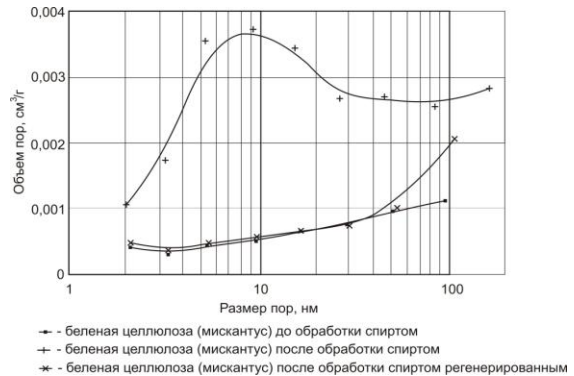


Рисунок 4. Распределение объема пор в белых целлюлозах после ЩД-140 °С до обработки этиловым спиртом, после обработок этиловым спиртом 96 %-ным и 83 %-ным (регенерированным)

Анализ пористости структуры белых целлюлоз до и после обработки спиртом выявил увеличение в 4 раза удельной поверхности образцов (с 1, 8 до 8,0 м²/г) и объема пор (с 0,005 до 0,02 см³/г). Распределение объема пор в образцах белой целлюлозы после ЩД-140 °С приведены на рисунке 4.

Представленные результаты, а именно: отсутствие увеличения пористости у образца целлюлозы, обработанного регенерированным 83 %-ным этиловым спиртом (удельная поверхность 2,14 м²/г и объем пор 0,006 см³/г), позволяет сделать выводы, что «взрыхление» целлюлозы обосновано не только удалением склеивающей примеси, но и удалением воды.

В качестве альтернативы щелочной делигнификации была проведена гидротропная варка в автоклаве (рисунок 1) и затем отбелика с дополнительным введением операции «кисловки». Гидротропное вещество бензоат натрия значительно увеличивает растворимость лигнина в варочном растворе, при этом один

и тот же раствор можно использовать для четырех и более варок. При варке однолетних растений 30 %-ные растворы гидротропных веществ растворяют кремневую кислоту, в результате получают целлюлозу с более низкой зольностью [19]. Действительно, беленая целлюлоза (ГД-160 °С и отбелка) имеет меньшую зольностью 1,8 %, чем в способе с щелочной варкой 4,7 %. Выход и характеристики белой целлюлозы приведены в таблице 4.

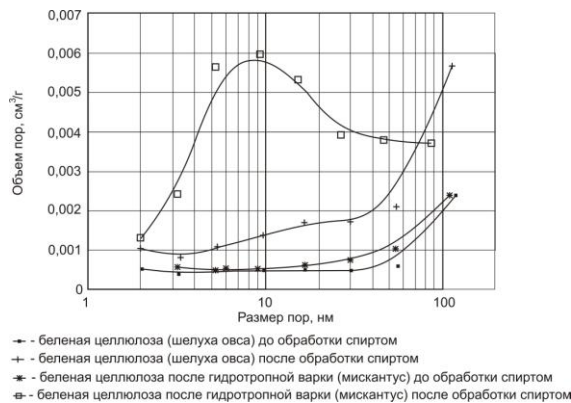


Рисунок 5. Распределение объема пор в беленых целлюлозах после ГД-160 °С до и после обработки 96 %-ным этиловым спиртом

Как следует из представленных результатов по определению удельной поверхности, введение операции обработки 96 %-ным этиловым спиртом позволило увеличить удельную поверхность целлюлозы в пять раз с 2,3 до 11,4 м²/г и объема пор (с 0,007 до 0,03 см³/г). Распределение объема пор в образцах белой целлюлозы после ГД-160 °С приведены на рисунке 5.

Таким образом, проведено несколько способов делигнификации биомассы Мискантуса с целью получения волокнистых продуктов и целлюлозы. Определены свойства полученных продуктов.

Лигнин Мискантуса – второй целевой продукт щелочной делигнификации Мискантуса, выделенный после нейтрализации щелока концентрированной соляной кислотой с выходом 6,9 %. ИК-спектр переосажденного лигнина приведен на рисунке 6 и имеет общие характеристические частоты со спектрами лигнинов соломы и шелухи злаков [14].

Следует обратить внимание на более низкий выход лигнина в сравнении с проведенными ранее результатами получения лигнина из соломы и шелухи злаков. При наличии в сырье лигнина в пределах 20–24 % методом щелочной делигнификации в мягких условиях выделяли 9–13 % [20, 21], т. е. не менее 50 %. В данном случае удалось выде-

лить лишь 37 % от содержания лигнина в сырье, определенного стандартным методом [8].

Полагаем, что лигнин Мискантуса более водорастворим (является более низкомолекулярным полимером), поэтому при выделении и промывки осадка большая часть лигнина остается в растворе.

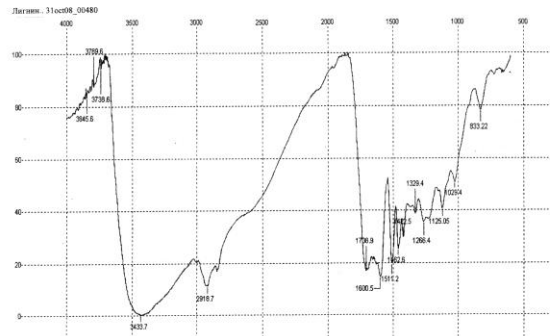


Рисунок 6. ИК-спектр переосажденного щелочного лигнина Мискантуса китайского

Исследование реакционной способности Мискантуса и продуктов его химической переработки к ферментативному гидролизу. ферментным комплексом «ЦеллоЛюкс-А» проводили в условиях, аналогичным ферментации шелухи овса и соломы овса [22].

Зависимости концентрации глюкозы в гидролизате от продолжительности ферментации для исходного сырья, белой целлюлозы, лигноцеллюлозного материала, волокнистого продукта ЩД+АК приведены на рисунке 7.

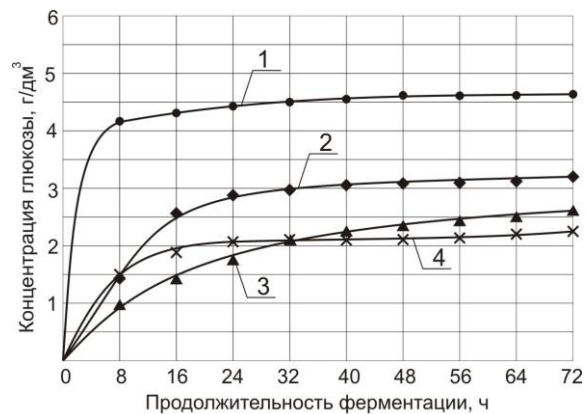


Рисунок 7. Зависимость концентрации глюкозы в гидролизате от продолжительности ферментации: 1 – беленая целлюлоза, 2 – лигноцеллюлозный материал, 3 – волокнистый продукт ЩД+АК, 4 – исходный Мискантус

Обнаружено, что основное накопление глюкозы в гидролизатах всех образцов проис-

ходит в первые 40 часов, по истечению которых зависимость концентрации глюкозы от продолжительности ферментации выходит на плато для всех объектов исследования.

Беленая целлюлоза характеризуется самой высокой начальной скоростью ферментации, в то время, как исходное сырье, лигноцеллюлозный материал и волокнистый продукт ЩД+АК имеют близкие и низкие начальные скорости. Через 32 ч концентрация глюкозы в гидролизате лигноцеллюлозного материала на 30 % выше равных между собой концентраций для волокнистого материала ЩД+АК и исходного сырья. Сравнительный характер полученных зависимостей глюкозы от времени отличается от ранее иссле-

дованных ферментаций для шелухи и соломы овса.

Реакционную способность субстратов к ферментации в заданных условиях (ферментный комплекс, соотношение сырье: уксуснокислый буфер, соотношение ферментный комплекс: сырье, температура, продолжительность процесса, скорость перемешивания) оценивали по убыли массы сырья, конечным концентрациям глюкозы и редуцирующих веществ в гидролизате.

Физико-химические свойства и реакционная способность Мискантуса китайского и продуктов его переработки к ферментации приведены в таблице 5.

Таблица 5

Физико-химические свойства и реакционная способность Мискантуса китайского и продуктов его переработки к ферментации

Показатель		Мискантус китайский	Беленая целлюлоза	Лигноцеллюлозный материал	Волокнистый продукт ЩД+АК
Влажность, %		5,00	3,80	5,00	5,00
Зольность, %		5,00	5,20	4,80	0,40
Остаточный лигнин, %		19,40	4,00	19,00	6,60
Убыль по массе, г		0,50	1,75	1,60	1,95
Выход (по убыли массы), %		10,00	35,00	32,00	39,00
Концентрация, г/дм ³ //	Глюкоза	2,26//	4,66//	3,23//	2,60//
		4,97	10,25	7,11	5,72
Выход, %	Редуцирующие вещества	2,32//	12,47//	7,62//	13,48//
		5,11	27,44	16,76	29,66

По результатам, представленным в таблице, очевидны ряды реакционной способности субстратов.

По концентрации глюкозы: беленая целлюлоза > лигноцеллюлозный материал > волокнистый продукт ЩД+АК > исходный Мискантус китайский.

По концентрации редуцирующих веществ: волокнистый продукт ЩД+АК > беленая целлюлоза > лигноцеллюлозный материал > исходный Мискантус китайский. Обнаруженные закономерности в рядах реакционной способности субстратов в большинстве опытов аналогичны полученным ранее для шелухи и соломы овса [22].

Сравнение полученных абсолютных значений реакционной способности трех видов сырья: шелухи овса, соломы овса и Мискантуса китайского позволяют объявить последний самым активным к ферментации субстратом.

ВЫВОДЫ

Впервые исследованы условия получения продуктов химической переработки биомассы авторской формы ИЦиГ СО РАН Мискантуса китайского. Определены некоторые технологические характеристики нового вида недревесного целлюлозосодержащего сырья. Исследованы физико-химические свойства целлюлозы и лигнина нового вида Мискантуса китайского.

Впервые исследована реакционная способность исходного Мискантуса и продуктов его химической переработки к ферментативному гидролизу с применением ферментного комплекса «ЦеллоЛюкс-А». Обнаружено, что ферментация волокнистого продукта (ЩД+АК) приводит к наибольшему выходу редуцирующих веществ, беленая целлюлоза – к наибольшему выходу глюкозы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ракитова О, Овсянко А. // Международная энергетика. – 2007. – № 3. – С. 18-19.
2. Железная Т.А., Морозова А.В. // Пром. теплотехника. – 2008. – Т. 30, № 3. – С. 60-67.
3. Miscanthus: For Energy and Fibre. By Michael B. Jones, Mary Walsh. Contributor Michael B. Jones, Mary Walsh. Published by Earthscan, 2001. – 192 p.
4. Daiyong Ye, Daniel Montané, Xavier Farriol // Carbohydrate Polymers. – V. 62. – 2005. – P. 258-266.
5. T. de Vrije, G.G. Haas and et al. // ЖНЕ. – 27 (2002). – P. 1381-1390.
6. Masahiro Kurakake // Applied Biochemistry and Biotechnology. – 90 (2001). – P. 251-259.
7. Hannah K. Murnen et al. // Biotechnol. Prog. – 2007, 23 – P. 846-850.
8. Оболенская А.В., Ельницкая З.П., Леонович А.А. Лабораторные работы по химии древесины и целлюлозы. – М.: Экология, 1991. – 320 с.
9. П.М. 2518 РФ, МКИ⁵ 6 В 01 J 3/04. Качающийся автоклав с электрообогревом для проведения гетерогенных процессов.
10. Севодина Г.И. Исследование гетерогенных процессов в качающихся автоклавах: Автореф. канд. дис. Бийск, 1998. – 20 с.
11. Толстова С.В., К.А. Калунянц, А.И. Садова // Ферментная и спиртовая промышленность. – 1984. – №7. – С. 16-17.
12. Будаева В.В., Митрофанов Р.Ю., Золотухин В.Н. // Ползуновский вестник. – № 3, 2008. – С. 322-327.
13. Коренман, И.М. Фотометрический анализ. Методы определения органических соединений – М.: Химия, 1970. – 334 с.
14. Сакович Г.В., Ильясов С.Г., Василишин М.С., Будаева В.В., Егоров В.Ю. // Ползуновский вестник. – № 3, 2008 – С. 259-266.
15. Митрофанов Р.Ю., Будаева В.В. // Новые достижения в химии и химической технологии растительного сырья: Мат. IV Всерос. конф., Барнаул, 21-23 апреля 2009 г.: в 2 кн. Барнаул: Изд-во Алт. ун-та, 2009. – Кн. 1. – С. 17–19.
16. Усманов Х.У., Разиков Л.Х. Световая и электронная микроскопия структурных превращений хлопка. – Т.: Издательство Фан УзССР, 1974. – 300 с.
17. Л.А. Алешина, В.С. Глазкова и др. // Химия растительного сырья. – 2001. – № 1. – С. 5-36.
18. Жбанков Р.Г. Инфракрасные спектры и структура целлюлозы. – Минск: Наука и техника, 1972. – 254 с.
19. Лендвил П., Морваи Ш. Химия и технологии целлюлозного производства – М.: Издательство Лесная промышленность. – 1978. – С. 448-451.
20. Золотухин В.Н., Василишин М.С., Будаева В.В. // Новые достижения в химии и химической технологии растительного сырья: Мат. III Всерос. конф. – Барнаул: Изд-во АГУ, 2007.– Кн. 3. – С. 42–46.
21. Золотухин В.Н., Будаева В.В., Бычин Н.В. // Химия XXI век: новые технологии, новые продукты: доклады X Междунар. науч.-практ. конф. – Кемерово: КузГТУ, 2007. – С. 47-49.
22. Бурцева Е.А., Гора А.А., Будаева В.В. // Новые достижения в химии и химической технологии растительного сырья: Материалы IV Всерос. конф., Барнаул, 21-23 апреля 2009 года – Барнаул: Изд-во АГУ, 2009. – Кн. 1. –С.148–151.

**НЕКОТОРЫЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ
ГУМИНОПОДОБНОЙ КИСЛОТЫ ПРЕПАРАТА МУМИЁ**

Е. А. Гуров

Впервые в настоящей работе проведен сравнительный анализ данных по элементному составу (малоисследованный вариант энергодисперсионной рентгеновской спектроскопии) с современными основными физико-химическими методами (ЯМР С¹³, ИК-спектроскопия).

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время исследователей в области химии гуминовых веществ (природное сырьё) привлекают возможности спектроскопии ЯМР С¹³ для количественного анализа и изучения строения таких сложных макромолекул как гуминовые и гуминоподобные

кислоты. Анализ комплексом физико-химических методов обнаруживает наличие одинаковых структурных фрагментов в молекулах гуминовых кислот (ГК) и гуминоподобных кислот (ГПК) независимо от условий их формирования [1].

По данным литературы [2,3], одним из четких показателей качества мумие служит