

0.30x  
Г67

СОНЬ ГИ

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

УДК 630\*863: 631.862

ГОРБАТЕНКО Ирина Викторовна

ПЕРЕРАБОТКА ОТХОДОВ ЛИГНОЦЕЛЛЮЗНЫХ МАТЕРИАЛОВ В  
ГУМУСОСОДЕРЖАЩЕЕ ОРГАНОМИНЕРАЛЬНОЕ УДОБРЕНИЕ

05.21.03 - Технология и оборудование химической переработки  
древесины, химия древесины

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание учёной степени  
кандидата технических наук

Минск -1997

Работа выполнена в Белорусском государственном технологическом университете.

Научный руководитель	доктор химических наук, старший научный сотрудник ЗИЛЬБЕРГЛЕЙТ М.А?
Научный консультант	кандидат технических наук КЕБИЧ М.С.
Официальные оппоненты:	доктор технических наук, профессор Горский Г.М.;
	кандидат биологических наук, старший научный сотрудник Герба В.В.
Оппонирующая организация	Санкт-Петербургский техноло- гический университет расти- тельных полимеров

Защита состоится "\_\_\_" \_\_\_\_\_ 1997 г. в \_\_\_ часов на засе-  
дании совета по защите диссертаций Д 02.08.04 в Белорусском госу-  
дарственном технологическом университете (г. Минск, ул. Свердло-  
ва, 13<sup>а</sup>, зал заседаний учёного совета).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Белорусского  
государственного технологического университета. ...

Автореферат разослан "\_\_\_" \_\_\_\_\_ 1997 г.

Учёный секретарь совета  
по защите диссертаций

СНОПКОВ В.В.

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы диссертации. Рациональное использование природных ресурсов - одна из важнейших задач современности. В этой связи повышение коэффициента использования имеющихся природных ресурсов и утилизация образующихся отходов является актуальной задачей.

Производственная деятельность предприятий лесопромышленного и химико-лесного комплексов связана с образованием и накоплением значительных количеств малоценных отходов, которые не находят должного применения. Современным решением этой проблемы, с учетом потребности сельского хозяйства Республики Беларусь в органических удобрениях, является переработка отходов древесного вещества в гумусосодержащее органоминеральное удобрение методом биодеструкции растительного материала.

По настоящему времени производство подобного рода удобрений в Республике Беларусь в промышленных условиях не осуществлялась. В этой связи разработка технологического процесса деструкции лигноцеллюлозных отходов и получения дешевого гумусосодержащего удобрения является целесообразным с экономической и экологической точек зрения. Несмотря на кажущуюся простоту процесса, химическая сущность его недостаточно изучена из-за разнообразия используемого сырья, сложности происходящих при этом превращений и их зависимости от ряда макрокинетических факторов.

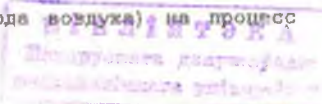
Связь с крупными научными программами, темами. Диссертационная работа соответствует целям и задачам Республиканской комплексной научно-технической программы "Разработать и внедрить ресурсосберегающие технологии и оборудование, обеспечивающие расширенное воспроизводство и рациональное использование древесных ресурсов в Белорусской ССР на 1988-1995 годы и на период до 2005 года", тематике Белбиофарм по утилизации гидролизного лигнина.

Цель и задачи исследования. Цель настоящей работы заключается в обосновании и разработке технологического процесса получения эффективного гумусосодержащего органоминерального удобрения путем биодеструкции отходов лигноцеллюлозных материалов.

Для достижения поставленной цели предусмотрено решение следующих задач:

1. Изучить влияние технологических факторов (влажности, состава минеральных солей, расхода кислорода воздуха) на процесс

16ар



биодеструкции отходов лигноцеллюлозных материалов и образование гумусовых веществ.

2. Определить оптимальные условия получения гумусосодержащего удобрения.

3. Интенсифицировать процесс биодеструкции и гумификации органических отходов.

4. Разработать экологически безопасный процесс получения органоминеральных удобрений на основе отходов лигноцеллюлозных материалов.

5. Дать качественную и количественную оценку гумусовым веществам, выделенным из гумифицированных отходов древесного вещества.

6. Получить опытно-промышленную партию органоминерального удобрения.

7. Провести опытные и промышленные испытания удобрений при выращивании различных видов культур.

Научная новизна полученных результатов. Установлена возможность получения гумифицированного продукта из отходов лигноцеллюлозных материалов, а также изучено влияние технологических параметров на процесс образования гумусовых веществ без участия компонентов почвы. Впервые выделены препараты гуминовых кислот и фульвокислот из гумифицированных материалов и определены их основные свойства. Установлена возможность интенсификации процесса биодеструкции с применением принудительной аэрации кислородом воздуха с целью повышения качества продукта. Впервые изучено влияние катиона используемых азотсодержащих солей на выход гумусовых кислот.

Разработан технологический процесс интенсивной деструкции и гумификации отходов древесного вещества с получением эффективного органоминерального удобрения.

Новизна разработанного технологического процесса защищена патентом Республики Беларусь.

Практическая значимость полученных результатов. Научные результаты работы были использованы при разработке технологического процесса производства гумусосодержащего органоминерального удобрения на основе отходов предприятий ЛПК. На Речицком гидролизном заводе получена опытная партия удобрения на основе гидролизного лигнина. Разработаны и утверждены технические условия на "Лигногумус" (ТУ РБ 14516535.001-95).

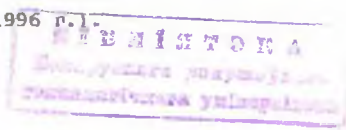
Экономическая значимость полученных результатов. Разработанный технологический процесс получения органоминеральных удобрений на основе отходов лигноцеллюлозных материалов позволит наладить выпуск в Республике Беларусь дешевых, эффективных удобрений и улучшить гумусное состояние почв. Их применение обеспечит увеличение урожайности сельскохозяйственных культур. Производство удобрений на основе отходов предприятий ЛПК не требует значительных капитальных затрат, экологически безопасно и быстро окупается.

Основные положения диссертации, выносимые на защиту.

1. Закономерности процесса биодеструкции как способа получения органоминеральных удобрений на основе отходов лигноцеллюлозного вещества в промышленных условиях.
2. Способ интенсивной биодеструкции отходов лигноцеллюлозных материалов, позволяющий получить органоминеральное удобрение с повышенным содержанием гуминовых кислот.
3. Результаты исследования гумусовых веществ, выделенных из органоминеральных удобрений.
4. Результаты экспериментальных и промышленных испытаний удобрений при выращивании различных видов культур.

Личный вклад соискателя. Автор лично занимался планированием эксперимента, реализацией его в лабораторных и промышленных условиях, обработкой и обсуждением полученных результатов. Все экспериментальные исследования и расчеты по диссертационной работе выполнены автором в лаборатории химической переработки растительного сырья. На Речицком ОПГУ опробована возможность получения органоминерального удобрения по разработанному способу. Все экспериментальные и промышленные проверки эффективности полученных удобрений проходили при его присутствии и деятельном участии.

Апробация результатов диссертации. Основные результаты диссертационной работы доложены на ИТК "Ресурсосберегающие и экологически чистые технологии" (Гродно, 1994 и 1996 гг.), на научно-технических конференциях Белорусского государственного технологического университета (Минск, 1995-1997 гг.), Международных научно-технических конференциях "Лес-95" (Минск, 1995 г.) и "Проблемы промышленной экологии и комплексная утилизация отходов производства" (Витебск, 1995 г.), Международной выставке и семинаре "Химия-96" (Минск, 1996 г.), Международном симпозиуме "Целлюлоза и лигноцеллюлоза-96" (Китай, Гуанджоу, 1996 г.).



Опубликованность результатов. Основные результаты исследований изложены в 5 статьях, 5 тезисах докладов конференций; получен 1 патент Республики Беларусь.

Структура и объём диссертации. Диссертация состоит из введения, 6 глав, 7 приложений и изложена на 150 страницах текста, содержит 20 иллюстраций на 20 страницах, 35 таблиц на 31 странице, 7 приложений на 15 страницах, 124 литературных источников на 11 страницах. В приложениях приводятся акты опытно-промышленной выработки продукции; опытной и промышленной проверки их эффективности.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

1. Аналитический обзор. Первая глава посвящена обзору литературных источников по проблеме биоконверсии отходов лигноцеллюлозных материалов в компосты, органоминеральные удобрения, мелиоранты почв. Дана характеристика основных видов отходов древесного вещества, рассмотрены технологические процессы компостирования, их аппаратно-техническое оформление. Установлено, что основная масса опубликованных работ освещает утилизацию коры путём термохимического воздействия на её компоненты при повышенном давлении с последующей ферментацией при введении активного ила, гидролитических ферментов и микроорганизмов.

Кроме того, целью большинства исследований служило получение компостов и выявление их потребительских свойств, и при этом технология процесса практически не изучалась.

Анализ информационных источников показал, что переработка отходов лигноцеллюлозных материалов в удобрения является наиболее перспективным и целесообразным направлением.

2. Методическая часть. В главе изложены методики проведения исследований. Объектом исследований служили кора хвойно-лиственных пород в соотношении 1:1 по массе, опилки древесины ели и осины, лигнин технический гидролизный нейтрализованный.

Биодеструкцию лигноцеллюлозных материалов проводили путём компостирования в присутствии минеральных солей. В качестве азот-фосфор-, калийсодержащих веществ использовали аммиачную селитру по ГОСТ 2-72, мочевику по ГОСТ 2081-92, двойной суперфосфат по ГОСТ 16306-80Е и хлористый калий по ГОСТ 4568-83 в сухом виде.



Для исследования влияния принудительной  $\epsilon$  радиации на скорость биоконверсии отходов древесного вещества использовали реактор проточного типа.

Физико-химические и прочие показатели биодеструктируемого материала определяли в соответствии со стандартными методиками. Количественную оценку гумусовых веществ (ГВ) осуществляли по методике Плотниковой-Пономарёвой. В процессе экспериментальных исследований ГВ использовали методы: ИК-спектроскопии, УФ-спектроскопии, дифференциально-термического анализа, а также элементного и функционального анализа. Агрономические показатели гумусосодержащих удобрений (биометрия и т.д.) определяли по общепринятым методикам.

3. Влияние основных технологических параметров процесса на деструкцию отходов лигноцеллюлозных материалов. На основании анализа литературных данных выбраны основные факторы, лимитирующие процесс конверсии древесных отходов - влажность деструктируемого материала ( $X_1$ ), расход азота ( $X_2$ ) и фосфора ( $X_3$ ). Для оценки влияния этих факторов применялся метод планирования эксперимента (ортогональный композиционный план второго порядка  $V_3$ -плана Бокса). Процесс трансформации компонентов отходов древесины оценивали степенью деструкции полисахаридов, лигнина и образованием гумусовых веществ в компосте. В качестве выходных параметров, в частности приняты:  $Y_1$  - степень деструкции легкогидролизуемых полисахаридов (ЛГПС);  $Y_2$  - степень деструкции трудногидролизуемых полисахаридов (ТГПС);  $Y_3$  - коэффициент убыли массы;  $Y_4$  - содержание азота в компосте, % к массе абсолютно сухого сырья (а.с.с.);  $Y_5$  - степень деструкции лигнина;  $Y_6$  - массовая доля гумусовых веществ в готовом продукте, % к а.с.с.

Для решения задачи оптимизации использовали обобщённую функцию желательности. Оптимальные условия процесса были определены по максимуму функции желательности. Результаты оптимизации процесса переработки различных видов отходов в органоминеральное удобрение представлены в табл. 1. Как видно из представленных данных, оптимальные условия определяются видом используемых древесных отходов.

Оценивая процесс деструкции древесного сырья в целом по степени конверсии компонентов, образования гумусовых веществ, по затратам питательных веществ, следует отметить, что наблюдается непрерывная деструкция компонентов сырья в течение 90 суток.

Таблица 1

Результаты оптимизации процесса биоконверсии  
лигноцеллюлозных материалов

Биодеструктурируемый материал	функция желатильности $D_{max}$	Входные параметры процесса			Показатели процесса биоконверсии					
		$X_1$	$X_2$	$X_3$	$Y_1$	$Y_2$	$Y_3$	$Y_4$	$Y_5$	$Y_6$
Кора	0,56	75	1,00	0,25	0,50	0,65	0,38	1,12	0,52	10,5
Опилки ели	0,64	40	1,61	1,25	0,50	0,44	0,35	1,97	0,38	7,5
Опилки осины	0,78	70	0,75	0,95	0,33	0,29	0,27	0,70	0,55	10,0

При переработке опилок лиственной древесины период трансформации их в ГВ можно сократить до 60 суток с сохранением качества продукта. Полученные результаты показали, что введение минеральных питательных веществ ускоряет процесс биоконверсии древесного материала в 4,0-5,0 раз и увеличивает выход ГК в 5-6 раз по сравнению с контролем.

При проведении биоконверсии различных видов сырья наблюдают-ся существенные различия в процессах потребления азота. Установлено, что минимальное количество этого элемента расходуется при внесении органического и минерального азота в соотношении 1:4. Раздельное введение аммиачной селитры и карбамида позволяет сократить потери азота до 8-10% от введённого количества.

Биодеструкция отходов древесного вещества проходила в условиях естественной ассоциации микроорганизмов. В результате микробиологических исследований компоста выявлена бактериальная микрофлора, грибы, актиномицеты. Групповой состав микроорганизмов в течение процесса компостирования изменялся в зависимости от химического состава исходного сырья и заселённости его определённой микрофлорой. На начальных этапах биоконверсии ведущая роль принадлежала микроскопическим грибам. Позже получали развитие актиномицеты. Установлено, что наибольшее количество микроорганизмов участвует в процессе конверсии гидролизного лигнина в органоминеральное удобрение.

4. Интенсификация процесса биодеструкции древесных материалов. Нами экспериментально показано, что использование определённых



ных технологических методов позволяет существенно сократить период конверсии древесных отходов без снижения качества получаемого продукта. Для интенсификации процессов конверсии древесного вещества наибольший интерес представляет использование активного ила, микроэлементов и принудительной аэрации реакционной массы.

Установлено, что применение активного ила обеспечивает более глубокую степень деструкции углеводов коры без снижения выхода целевого продукта. При этом в сопоставимых условиях скорость деструкции ЛГПС при внесении активного ила возросла в 1,4 раза, ТГПС - в 1,2 раза.

Использование древесной золы приводит к улучшению сбалансированности микроэлементного питания. Показано, что замена солей калия золой от сжигания древесных отходов и введение её в количестве 3,0-10,0% к массе а.с.с. увеличивает скорость конверсии компонентов древесного вещества в 1,5 раза. Наряду с ростом скорости деструкции углеводов введение древесной золы снижает также затраты азота на процесс до 0,3-8,6% от его валового количества.

Наилучшие показатели биоконверсии отходов лигноцеллюлозных материалов в присутствии золы достигаются при массовом расходе аммиачной селитры и мочевины соответственно 2,0-4,2 и 0,65-1,35% к массе а.с.с. Снижение или повышение их расхода увеличивает продолжительность и затраты азота на процесс.

Важным фактором, существенно влияющим на процесс биодеструкции и гумификации компонентов древесного вещества является принудительная аэрация.

При массовом расходе кислорода воздуха 2 мг/ч г а.с.в. скорость деструкции ЛГПС возрастает в 1,1-1,6 раза в зависимости от используемого источника азота, ТГПС и лигнина - соответственно в 1,8-2,1 и 2,7-3,7 раза.

На примере использования в качестве источника азота - аммиачной селитры изучено влияние расхода кислорода воздуха на деструкцию углеводов и лигнина древесины ели (рис. 1).

Как следует из представленных результатов, с увеличением расхода кислорода воздуха с 2 до 10 мг/ч г а.с.в. в течение 60 суток наблюдается рост степени деструкции компонентов древесного материала. Дальнейшее увеличение расхода до 20 мг/ч г а.с.в. как видно из рис. 1, ингибирует процесс биоконверсии компонентов древесного вещества.

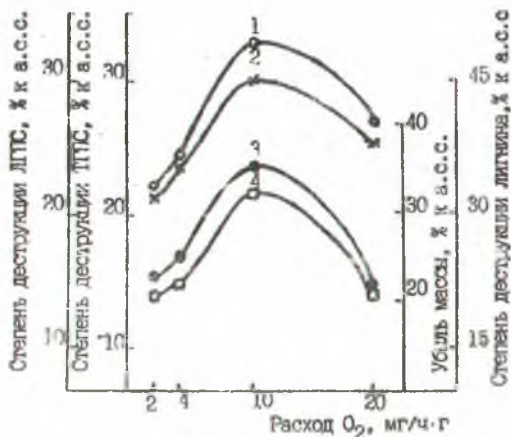


Рис. 1. Зависимость степени деструкции компонентов древесных отходов в процессе их биоконверсии в течение 60 суток от расхода кислорода воздуха (1 - степень деструкции ЛПС; 2 - степень деструкции ТПС; 3 - убыль массы древесного вещества; 4 - степень деструкции лигнина).

Установлено, что на процесс биодеструкции отходов лигноцеллюлозных материалов оказывает влияние природа катиона азотсодержащей соли. Результаты сравнительного анализа влияния природы катиона азотсодержащей соли на степень конверсии компонентов древесного вещества показали, что в ряду солей  $\text{NH}_4\text{NO}_3 \rightarrow \text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \rightarrow \text{NaNO}_3 \rightarrow \text{KNO}_3$  при прочих равных условиях наблюдается заметный рост степени превращения полисахаридов и лигнина. Это хорошо коррелирует с результатами по образованию и выходу гумусовых веществ (рис. 2).

Увеличение массового расхода кислорода воздуха повышает потребление азота. В течение процесса биоконверсии расходуется до 65% азота от введенного количества.

5. Гумификация отходов лигноцеллюлозных материалов. Количество образующихся гумусовых кислот зависит от химического состава деструктируемых отходов лигноцеллюлозных материалов. В ряду: опилки ели  $\rightarrow$  опилки осины  $\rightarrow$  кора  $\rightarrow$  гидролизный лигнин за период компостирования 90 суток наблюдается увеличение содержания гуминовых кислот, которое определено величинами: 5,8; 7,5; 8,5; 15,0% соответственно.

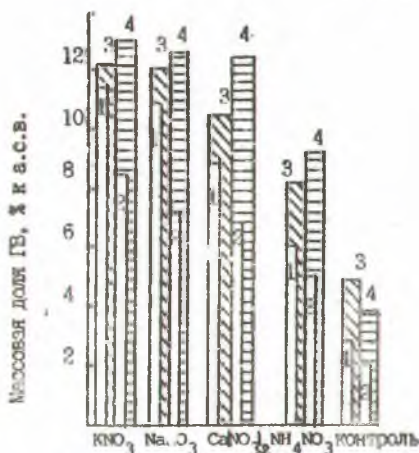


Рис. 2. Диаграмма выхода гумусовых веществ в зависимости от природы катиона азотсодержащей соли, расхода кислорода воздуха и продолжительности процесса биодеструкции отходов: 1 - расход 2 мг  $O_2$ /чг (30 суток); 2 - расход 4 мг  $O_2$ /чг (30 суток); 3 - расход 4 мг  $O_2$ /чг (60 суток); 4 - расход 2 мг  $O_2$ /чг (60 суток).

Анализ процесса показал, что собственно на биохимическое окисление и гумификацию расходуется до 35-55% легко- и 45-65% трудногидролизуемых полисахаридов древесины и до 40% лигнина. Определена степень участия компонентов древесных отходов в образовании гумусовых веществ. Более 50% образованных гуминовых кислот приходится на долю лигнина. Чем выше степень участия лигнина в процессе биоконверсии, тем более высокое содержание гуминовых кислот в итоговом продукте. Подтверждением этого служат результаты гумификации лигнина, в которых наблюдается наиболее высокий выход ГВ. Это свидетельствует о том, что лигнин служит основным источником образования гумусовых кислот.

Для сравнительной характеристики выделены препараты гуминовых кислот (ГК) и фульвокислот (ФК) из каждого вида биодеструктированных материалов. Проведена их идентификация на соответствие этому классу соединений. Выделенные препараты охарактеризованы по элементному составу (табл. 2). Анализ данных показал, что выделенные образцы ГВ характеризуются повышенным содержанием водорода и соответственно наименьшим отношением C:H в сравнении с почвенными ГВ. Это указывает на минимальную долю ароматических структур в молекуле ГК в отличие от почвенных.

В ходе гумификации наблюдались изменения в элементном составе гуминовых кислот. По мере увеличения срока гумификации в кислотах возрастало содержание кислорода и снижалась доля углерода. В связи с этим изменялось соотношение между ароматической и алифатической частями в молекуле ГК.

Таблица 2

## Химическая характеристика гумусовых кислот

Объект гумификации	Элементный состав, мас. %				Атомные соотношения						Степень ароматизации по Д. ван Кревелену
	C	H	O	N	C:H	C:O	C:N	H:C	O:C		
Кора	53,0	6,1	36,7	4,2	0,73	1,93	14,7	1,37	0,52	0,39	
Опилек ели	58,5	6,7	30,6	4,2	0,73	2,55	16,2	1,36	0,39	0,45	
Опилек осыка	58,8	7,1	30,3	3,8	0,70	2,59	18,1	1,43	0,39	0,42	
Древесина 1	67,6	7,3	25,1	-	0,78	3,39	-	1,28	0,28	0,53	
2	63,8	5,7	25,8	3,7	0,80	3,30	29,4	1,25	0,30	0,51	
3	62,5	6,4	29,1	-	0,82	2,86	-	1,22	0,35	0,51	
Кора	46,1	7,8	42,1	4,0	0,50	1,46	13,2	2,01	0,68	0,13	
Опилек ели	43,3	7,8	46,8	2,1	0,45	1,23	24,1	2,14	0,81	0,10	
Опилек осыка	49,5	8,2	38,7	3,6	0,51	1,70	15,8	1,97	0,59	0,20	
Древесина	48,6	6,9	38,9	5,6	0,59	1,67	10,1	1,69	0,60	0,26	

Гумусовые кислоты

Фульвокислоты

Установлено, что препараты ГК из биодеструктированного лигнина по элементному составу наиболее близки к ГК дерново-подзолистых почв.

Анализ функциональных групп исследуемых препаратов показал значительно меньшее содержание карбоксильных и карбонильных групп в сравнении с почвенными гумусовыми кислотами. Функциональный состав выделенных препаратов ГК характеризуется содержанием карбоксильных групп - 12 - 93 мп. экв./100 г, карбонильных - 11-82,5 мп. экв./100 г, фенольных гидроксидов - 51-308 мп. экв./100 г, спиртовых гидроксидов - 158-566 мп. экв./100 г. Выделенные препараты ГК содержат в мп. экв./100 г: карбоксильных групп - 41-70, карбонильных - 21-64, фенольных гидроксидов - 115-204, спиртовых гидроксидов - 98-402.

Увеличение срока гумификации способствует постепенному обогащению ГК карбоксильными и карбонильными группами, снижению содержания гидроксильных групп. Это позволяет рассматривать гумификацию отходов лигноцеллюлозных материалов как процесс медленного биохимического окисления.

Анализ спектров поглощения выделенных препаратов показал, что наибольшим поглощением характеризуются ГК лигнина. В ряду ГК, выделенных из гумифицированной коры → опилок ели → опилок осины поглощение в УФ области спектра постепенно снижается, что может свидетельствовать об уменьшении степени ароматизации ГК. Результаты определения порога коагуляции ГК также свидетельствуют о их высокой степени гидрофильности в сравнении с почвенными. Показатели коэффициента цветности для ГК и ГК имеют обратную зависимость в сравнении с почвенными гумусовыми кислотами, что объясняется условиями гумификации исходного материала. Установлено, что с увеличением срока гумификации коэффициент цветности гумусовых кислот постепенно сдвигается в сторону значений, характерных для почвенных гумусовых веществ.

ИК-спектры выделенных препаратов ГК и ГК определяются набором полос поглощения, характерных для подобного класса соединений. Количественная интерпретация ИК-спектров также показала, что в процессе гумификации увеличивается содержание амидных группировок, формируются карбоксильные группы, снижается количество спиртовых гидроксидов, групп  $-CH_2-$  и  $-CH_3-$ .

Методом дериватографического анализа определена термическая устойчивость препаратов ГК и ГК. Анализ препаратов гумусовых кис-



лот показали некоторое различие в их строении в зависимости от исходного древесного вещества. Препараты ГК, выделенные из образцов биодеструктированного гидролизного лигнина в интервале температур 100-300°C обладают большей устойчивостью в сравнении с другими полученными ГК.

6. Технологический процесс получения органоминеральных удобрений на основе отходов лигноцеллюлозных материалов. На основании проведённых исследований по переработке отходов лигноцеллюлозных материалов разработан процесс получения органоминерального удобрения и его аппаратурное оформление. Процесс получения проработан в промышленных условиях на Речицком ОПИЗ. Биодеструкция и гумификация малоиспользуемых отходов не требует больших капитальных затрат. На производство органоминеральных удобрений разработаны технологический регламент и технические условия на "Лигногумус" - ТУ РВ 14516530.001-95.

Результаты эксперимента по гумификации гидролизного лигнина в промышленных условиях хорошо коррелируют с данными лабораторных исследований (табл. 3).

Таблица 3

Результаты по гумификации гидролизного лигнина в лабораторных и промышленных условиях (60 суток)

Исследуемые образцы	Степень деструкции полисахаридов, % к а.с.с.	Содержание в готовом продукте, % к а.с.м.				
		азота (N <sub>2</sub> )	фосфора в пересчёте на P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	гуминовых веществ	гуминовых кислот	фульвовых кислот
Лабораторное лигнорганическое удобрение	83	1,6	-	11,7	11,4	0,28
Промышленное лигнорганическое удобрение	62	3,85	1,15	12,5	12,2	0,3

Опытно-промышленные испытания органоминеральных удобрений на основе лигноцеллюлозных материалов показали, что они являются ка-



чественным субстратом для выращивания различных культур и по многим показателям лучше торфа. Показана возможность использования этих удобрений в овощеводстве при выращивании томатов, в растениеводстве при черенковании роз, в лесоводстве при выращивании сеянцев сосны. Гумифицированный субстрат обладает ростстимулирующим действием, способствует развитию корневой системы растений. Наиболее ярко выражено действие органоминерального удобрения на основе гидролизного лигнина на рост различных культур. Результаты проверки подтверждены соответствующими актами о целесообразности применения органоминеральных удобрений.

В результате исследований определён ряд физических свойств полученных удобрений. Установлено, что наиболее целесообразно их внесение в тяжёлые почвы.

#### ВЫВОДЫ

1. Изучено влияние основных технологических параметров (влажности, расхода минеральных питательных веществ) на процесс биодеструкции и гумификации отходов лигноцеллюлозных материалов в условиях естественной ассоциации микроорганизмов. Установлены оптимальные условия процесса получения органоминеральных удобрений из отходов опилок древесины, коры и гидролизного лигнина.

2. Установлено, что минимизации потерь азота в процессе деструкции отходов способствует применение нитратов щелочных и щелочно-земельных металлов, нитрата аммония и карбамида с отдельным введением минерального и органического азота при соотношении 4:1 соответственно.

3. Установлено, что принудительная аэрация интенсифицирует процесс деструкции и гумификации лигноцеллюлозных отходов. Изучено влияние массового расхода кислорода воздуха на степень деструкции и гумификации опилок ели и показано, что оптимальный расход кислорода не превышает 10 мг/ч.л в.с.с. Выявлено влияние природы катиона азотсодержащей соли на процесс биоконверсии отходов лигноцеллюлозных материалов и установлено, что выход гумусовых веществ увеличивается в ряду солей  $\text{NH}_4\text{NO}_3 \rightarrow \text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \rightarrow \text{NaNO}_3 \rightarrow \text{KNO}_3$ .

4. Показана возможность интенсификации процесса биодеструкции отходов древесного материала путём введения в реакционную массу активного ила в количестве до 2% по сухим веществам к массе

а.с.с., внесение 3-10% древесной золы в массу а.с.с. заметно ускоряет процесс биодegradации и гумификации отходов лигноцеллюлозных материалов и исключает применение солей калия.

5. Впервые выделены препараты гуминовых кислот и фульвокислот из биодеструктированных отходов лигноцеллюлозных материалов, дана их качественная оценка методами элементного и функционального анализов, ИК- и Уф-спектроскопии, термогравиметрии. Показано, что природа гумусовых кислот из биодеструктированных материалов близка к молодым формам почвенных гумусовых веществ.

6. Разработан технологический процесс получения гумусосодержащего органоминерального удобрения на основе отходов лигноцеллюлозных материалов. В условиях Речицкого ОПЗ выпущена опытная партия органоминеральных удобрений из гидролизованного лигнина.

7. Разработаны промышленный регламент на новые органоминеральные удобрения из коры и гидролизованного лигнина и технические условия на "Лигногумус". Проверка полученных удобрений осуществлена при выращивании томатов на Минской овощной фабрике, сеянцев сосны - в Неворельской опытно-учебной лесхозе, черенков роз - в совхозе "Декоративные культуры". Установлено положительное действие удобрений на рост и развитие различных видов растений. Укореняемость черенков роз в сравнении с контрольными образцами возросла на 20%, выход сеянцев сосны на органоминеральном удобрении составил 100%. Урожайность томатов повышается на 1700 кг/га в сравнении с торфяным субстратом.

#### СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ АВТОРОМ РАБОТ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Зильберглейт М.А., Кебич М.С., Горбатенко И.В. Производство органоминеральных компостов и удобрений из малоиспользуемого древесного вещества // Ресурсосберегающие и экологически чистые технологии: Тез. докл. научно-техн. конф. - Гродно, 1994. - С. 117.

2. Зильберглейт М.А., Кебич М.С., Горбатенко И.В. Производство органоминеральных компостов и удобрений из малоиспользуемого древесного вещества / Сб. Трудов научно-техн. Конф. - Гродно, 1995. - Ч. 2. - С. 330-334.

3. Кебич М.С., Зильберглейт М.А., Горбатенко И.В., Богущ В.Д. Применение малоиспользуемых отходов древесины в производстве органоминерального компоста // Деревообрабатывающая промышлен-

ность. - 1995, № 3. - С. 8-10.

4. Кебич М.С., Зильберглейт М.А., Горбатенко И.В. Утилизация отходов деревообработки методом биоконверсии // Лес-95: - Тез. докл. междунар. научно-практ. конф. - Минск, 1995. - С. 74.

5. Кебич М.С., Зильберглейт М.А., Горбатенко И.В. Трансформация гидролизного лигнина в гумусовые вещества при получении лигноорганического удобрения // Проблемы промышленной экологии и комплексная утилизация отходов производства: Тез. докл. междунар. науч. конф. - Витебск, 1995. - С. 121.

6. Зильберглейт М.А., Кебич М.С., Горбатенко И.В. Утилизация малоценных отходов древесного вещества в гумусосодержащее удобрение (обзор) // Материалы, технологии, инструменты. - 1996, № 3. - С. 56-66.

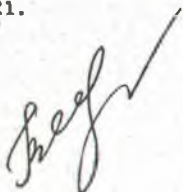
7. Зильберглейт М.А., Кебич М.С., Горбатенко И.В., Фёдорова О.И. Влияние принудительной аэрации на скорость биоконверсии компонентов древесины // Весці Акадэміі навук Беларусі. Сер. хімічных навук. - 1996, № 3. - С. 111-115.

8. Zilbergleit M.A., Gorbatenko I.V., Kebich M.S. Biodestruction of ligno-cellulosic materials to humus compounds // International Symposium on Cellulose and Lignocellulosics'96. - China, 1996. - S. 129-130.

9. Зильберглейт М.А., Горбатенко И.В., Кебич М.С. Гумусовые вещества из отходов древесины // Ресурсосберегающие и экологически чистые технологии: Тез. докл. научно-техн. конф. - Гродно, 1996. - С. 208-209.

10. Пат. 1449 Республики Беларусь, МКИ 6 С 05 F 11/00. Способ получения органоминерального компоста на основе малоценных отходов древесины / М.С. Кебич, М.А. Зильберглейт, Е.П. Шшаков, В.Д. Бопуш, А.М. Петрашкевич, И.В. Горбатенко (РБ). - Заявл. 23.12.93; Опубл. 15.12.95; Бюл. № 4(1). - 4 с.

11. Зильберглейт М.А., Кебич М.С., Горбатенко И.В. Гумификация древесных отходов в процессе их биодеструкции // Агрохимия. - 1997, № 3. - С. 17-21.



РЭЗЮМЕ

ГХРБАЦЕНКА Ірына Віктараўна

ПЕРАПРАЦОўКА АДЫХОДАў ЛІГНАЦЭЛЮЛОЗНЫХ МАТЭРЫЯЛАў У  
ГУМУСАўТРЫМЛІВАЮЧАЕ АРГАНАМІНЕРАЛЬНАЕ ўГНАЕННЕ

Адыходы драўняныя, тэхнічны лігнін, дэструкцыя, біяканверсія, гуміфікацыя, гумусавыя рэчывы, гумінавыя кіслоты, фульвакіслоты, арганамінеральнае ўгнаенне.

Аб'ект даследавання - кара хвойна-ліставых парод, пілавінне яліны, пілавінне асіны, гідролізны лігнін.

Мэта работы - абгрунтаванне і распрацоўка тэхналагічнага працэсу атрымання эфектыўнага арганамінеральнага ўгнаення шляхам біядэструкцыі адыходаў лігнацэлюлозных матэрыялаў.

У рабоце вывучаны ўплыў тэхналагічных параметраў на працэс біядэструкцыі адыходаў лігнацэлюлозных матэрыялаў і ўтварэнне гумусавых рэчываў. Аптымізаваны ўмовы атрымання гумусаўтрымліваўчага ўгнаення з розных відаў драўняных адыходаў. Вывучаны ўплыў дзеяння актыватараў на працэс біядэградацыі адыходаў драўніны. Устаноўлена, што павелічэнне расходу кіслароду паветра значна павышае ступень дэструкцыі лігніну. Выяўлены ўплыў прыроды катыёну азотутрымліваўчай солі на ступень дэструкцыі кампанентаў зыходнага матэрыялу і выхад гумусавых рэчываў. Распрацаваны працэс інтэнсіўнай дэструкцыі адыходаў драўніннага рэчыва ва ўмовах натуральнай асацыяцыі мікраарганізмаў з атрыманням гуміфіцэраванага прадукту для сельскай гаспадаркі.

Вывучаны прэпараты гумусавых кіслот з гуміфіцэраваных адыходаў лігнацэлюлозных матэрыялаў і ідэнтыфікавань на адпаведнасць класу гумінавых кіслот і фульвакіслот. Устаноўлена, што вылучаныя прэпараты па асноўных уласцівасцях блізка да маладых формаў глебавых гумусавых кіслот.

Праведзена выпрабаванне арганамінеральнага ўгнаення на прадпрыемствах пры вырошчванні разнастайных культур. Адзначаны стадыі ўплыў арганамінеральнага ўгнаення на рост і развіццё розных відаў раслін.

РЕЗЮМЕ

ГОРБАТЕНКО Ирина Викторовна

ПЕРЕРАБОТКА ОТХОДОВ ЛИГНОЦЕЛЛЮЗНЫХ МАТЕРИАЛОВ  
В ГУМУСОСОДЕРЖАЩЕЕ ОРГАНОМИНЕРАЛЬНОЕ УДОБРЕНИЕ

Отходы древесные, технический лигнин, деструкция, биоконверсия, гумификация, гумусовые вещества, гуминовые кислоты, фульвокислоты, органоминеральное удобрение.

Объект исследования - кора двойно-лиственных пород, опилки ели, опилки осины, гидролизный лигнин.

Цель работы - обоснование и разработка технологического процесса получения эффективного органоминерального удобрения путём биодеструкции отходов лигноцеллюлозных материалов.

В работе изучено влияние технологических параметров на процесс биодеструкции отходов лигноцеллюлозных материалов и образование гумусовых веществ. Оптимизированы условия получения гумусо-содержащего удобрения из различных видов древесных отходов. Изучено влияние действия активаторов на процесс биодеградации отходов древесины. Установлено, что увеличение расхода кислорода воздуха значительно повышает степень деструкции лигнина. Выявлено влияние природы катиона азотсодержащей соли на степень деструкции компонентов исходного материала и выход гумусовых веществ. Разработан процесс интенсивной деструкции отходов древесного вещества в условиях естественной ассоциации микроорганизмов с получением гумифицированного продукта для сельского хозяйства.

Выделены препараты гумусовых кислот из гумифицированных отходов лигноцеллюлозных материалов и идентифицированы на соответствие классу гуминовых кислот и фульвокислот. Установлено, что выделенные препараты по основным свойствам близки к молодым формам почвенных гумусовых кислот.

Проведена апробация органоминеральных удобрений на предприятиях при выращивании различных культур. Отмечено положительное влияние органоминерального удобрения на рост и развитие разных видов растений.



SUMMARY

G'RBATENKO Irena Viktorovna

RECLAMATION OF LIGNO-CELLULOSIC MATERIALS TO HUMUS  
ORGANIC-MINERAL FERTILIZER

Wood wastes, technical lignine, destruction, biokonversion, gumification, humus substance, huminic acids, phulvoacids, organic-mineral fertilizer.

The object of investigation is bark of coniferous and leaf-bearing sorts, fir sawdust, asp sawdust, hydrolized lignine.

The aim of the work is foundation and design of technological process of production of an effective organic-mineral fertilizer by the way of biodestruction of wastes of ligno-cellulosic materials.

In this work the influence of technological parameters on the process of biodestruction of wastes of ligno-cellulosic materials and formation of humus substances is studied. The conditions of humus fertilizer preparation from different sorts of wood wastes are optimized. The influence of the action of activators on the process of biodegradation of wood wastes is studied. It is shown, that the increase of consumption of the air oxygen improve significantly the degree of lignine destruction. The influence of N-containing salt cation nature on the degree of destruction of components of starting material and yield of humus substances is established. The process of intensive destruction of wood materials wastes in under the conditions of natural association of micro-organisms producing the of humified product for agriculture is designed.

The preparates of humus acids from humified wastes of ligno-cellulosic materials are isolated. They are identified in terms of their correspondence to the class of huminic acids and phulvoacids. It is shown, that the obtained preparates are close to young forms of soil humus acids for their main properties.

The evaluation of organic mineral fertilizers on factories during the growing of different crops is conducted. The positive influence of organic mineral fertilizer on the growth and development of different sorts of plants is noted.

Горбатенко Ирина Викторовна

ПЕРЕРАБОТКА ОТХОДОВ ЛИГНОЦЕЛЛЮЛОЗНЫХ МАТЕРИАЛОВ В  
ГУМУСОСОДЕРЖАЩЕЕ ОРГАНОМИНЕРАЛЬНОЕ УДОБРЕНИЕ

Подписано в печать 23.05.97. Формат 60x84 1/16. Печать офсетная.

Усл.печ. л. 1,3. Усл.кр. - отт. 1,3. Уч. - изд. л. 1,1.

Тираж 80 экз. Заказ 220.

Белорусский государственный технологический университет  
220630, Минск, Свердлова, 13а.

Отпечатано на ротапринте Белорусского государственного  
технологического университета.  
220630, Минск, Свердлова, 13.