



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

**(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ**

(21)(22) Заявка: 2013143384/13, 26.09.2013

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
26.09.2013

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 26.09.2013

(43) Дата публикации заявки: 10.08.2014 Бюл. № 22

(45) Опубликовано: 10.09.2015 Бюл. № 25

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: RU 2354135 C2, 10.05.2009. RU 2205163 C2, 27.05.2003. WO 1995012560 A1, 11.05.1995. US 6579713 B2, 17.06.2003

Адрес для переписки:

117997, Москва, ул. Профсоюзная, 84/32,  
строение 14, ЦЭПЛ РАН, Тебеньковой Д.Н.

(72) Автор(ы):

Лукина Наталья Васильевна (RU),  
Тебенькова Дарья Николаевна (RU),  
Орлова Мария Анатольевна (RU),  
Воробьев Роман Алексеевич (RU),  
Королева Ольга Владимировна (RU),  
Федорова Татьяна Васильевна (RU),  
Лендесман Елена Олеговна (RU),  
Кляйн Ольга Ивановна (RU),  
Рыбалов Леонид Борисович (RU),  
Бастраков Александр Иванович (RU),  
Барне Александр Жанович (RU),  
Стриганова Белла Рафаиловна (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Центр по проблемам экологии и продуктивности лесов Российской академии наук (RU)

**(54) СПОСОБ БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ТВЕРДЫХ ОТХОДОВ ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ БИОГУМУСА, ВКЛЮЧАЮЩИЙ СТАДИЮ ОБРАБОТКИ ГРИБАМИ И СТАДИЮ ВЕРМИПЕРЕРАБОТКИ**

(57) Реферат:

Группа изобретений относится к сельскому хозяйству. Способы биотехнологической переработки твердых отходов целлюлозно-бумажной промышленности для получения биогумуса включают: а) стадию обработки грибами, заключающуюся в том, что в твердые отходы целлюлозно-бумажной промышленности вносят грибной инокулянт базидиальных грибов белой гнили из расчета 0,8-1,1 л на 10 кг отходов или зерновой мицелий грибов белой гнили из расчета 300-350 г на 6-8 кг отходов и проводят твердофазное культивирование в течение 45-65 дней при температуре 18-28°C или в течение 15 дней при температуре 10-15°C, а в следующие 40-45 дней - при температуре 18-28°C; б) стадию вермипереработки, заключающуюся в том, что

субстрат, полученный на стадии а) увлажняют до 65-80%, затем на 10 кг или на 6-8 кг указанного субстрата вносят 1300-2500 особей или 200 шт. половозрелых красных калифорнийских червей *Eisenia andrei*, после чего в течение 42-47 дней поддерживают указанную влажность, при этом субстрат содержат при температуре 12-34°C; в) стадию подготовки биогумуса, заключающуюся в том, что осуществляют отделение червей от увлажненного биогумуса, полученного на стадии б), затем биогумус просушивают до влажности 50-65%. Изобретения позволяют упростить способ получения биогумуса из твердых отходов целлюлозно-бумажной промышленности, а также интенсифицировать утилизацию указанных отходов. 2 н. и 8 з.п. ф-лы, 4 табл., 3 пр.



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**(21)(22) Application: **2013143384/13, 26.09.2013**(24) Effective date for property rights:  
**26.09.2013**

Priority:

(22) Date of filing: **26.09.2013**(43) Application published: **10.08.2014 Bull. № 22**(45) Date of publication: **10.09.2015 Bull. № 25**

Mail address:

**117997, Moskva, ul. Profsojuznaja, 84/32, stroenie  
14, TsEhPL RAN, Teben'kovoj D.N.**

(72) Inventor(s):

**Lukina Natal'ja Vasil'evna (RU),  
Teben'kova Dar'ja Nikolaevna (RU),  
Orlova Marija Anatol'evna (RU),  
Vorob'ev Roman Alekseevich (RU),  
Koroleva Ol'ga Vladimirovna (RU),  
Fedorova Tat'jana Vasil'evna (RU),  
Lendesman Elena Olegovna (RU),  
Kljajn Ol'ga Ivanovna (RU),  
Rybalov Leonid Borisovich (RU),  
Bastrakov Aleksandr Ivanovich (RU),  
Barne Aleksandr Zhanovich (RU),  
Striganova Bella Rafailovna (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Federal'noe gosudarstvennoe bjudzhetnoe  
uchrezhdenie nauki Tsentr po problemam  
ehkologii i produktivnosti lesov Rossijskoj  
akademii nauk (RU)**(54) **METHOD OF BIOTECHNOLOGICAL PROCESSING SOLID WASTES OF PULP AND PAPER INDUSTRY FOR OBTAINING BIOHUMUS, COMPRISING STEP OF PROCESSING WITH FUNGI AND STEP OF VERMI-PROCESSING**

(57) Abstract:

FIELD: textiles, paper.

SUBSTANCE: group of inventions relates to agriculture. The methods of biotechnological processing solid wastes of pulp and paper industry for obtaining biohumus comprise: a) the step of processing with fungi, which consists in the fact that fungal inoculum of basidiomycetes of white rot is applied in the solid wastes of pulp and paper industry at the rate of 0.8-1.1 litres per 10 kg of wastes or the grain mycelium of white rot fungi based on 300-350 g per 6-8 kg of wastes and the solid state cultivation is carried out during 45-65 days at a temperature of 18-28°C or within 15 days at a temperature of 10-15°C, and during the next 40-45 days - at a temperature of 18-28°C; b) the step of vermi-processing consisting in that the substrate obtained in

step a) is moistened to 65-80%, then per 10 kg or per 6-8 kg of the said substrate 1300-2500 zooids or 200 pcs. adult red Californian earthworms *Eisenia andrei* are applied, then within 42-47 days the specified humidity is kept, at that the substrate is maintained at a temperature of 12-34°C; c) the stage of biohumus preparation consisting in the fact that the separation of worms from moist biohumus obtained in step b) is carried out, then the biohumus is dried to a moisture content of 50-65%.

EFFECT: inventions enable to simplify the process of preparation of biohumus from solid wastes of pulp and paper industry, as well as to intensify the disposal of these wastes.

10 cl, 4 tbl, 3 ex

Группа изобретений относится к области биотехнологии, точнее к способу утилизации целлюлозосодержащих отходов.

Известны способы усиления интенсивности утилизации отходов в системе микроорганизмы - дождевые черви по сравнению с интенсивностью утилизации отходов этими организмами по отдельности / Терещенко Н.Н. Эколого-микробиологические аспекты вермикультивирования / Н.Н. Терещенко. - Новосибирск: Наука, 2003. - 113 с.2. Stom D.I. Transformation of Oil in Soil by a Microbial Preparation and Earthworms / D.I. Stom, D.S. Potapov, A.E. Balayan, O.N. Matveeva // Eurasian Soil Science. - 2003. - Vol.36, No.3. - P.329-331/.

Известен способ получения биоудобрения / Патент РФ 2125549 C05F 11/08, C05F 11/00, 1999 г./.. Способ заключается в том, что субстрат на основе органических отходов сельского хозяйства и промышленности вермикомпостируют при помощи новой промышленной линии дождевых червей "Оболенский гибрид", полученных путем скрещивания "Красного калифорнийского гибрида" с российской популяцией дождевых червей *Eisenia fetida* при 16-24°C в течение 4-6 месяцев. От полученного биогумуса отделяют червей. Целесообразно после отделения червей биогумус выдержать в естественных условиях для дозревания. В биогумус после отделения червей или после дозревания вводят микроорганизмы, обладающие фунгицидной активностью. В качестве микроорганизмов вводят штамм *Bacillus subtilis* ИПМ-215 в концентрациях 1-109-1-1012 спор на 1 кг или культуру микофильного гриба *Trichoderma viride* Per sex S.F. Cray N 16 в концентрациях 1-104-1-108 колониеобразующих единиц на 1 кг. Биоудобрение, полученное предлагаемым способом, улучшает агрохимические показатели почвы, обладает фунгицидными и ростостимулирующими свойствами для растений.

Известен способ переработки органических отходов / Заявка РФ 2011107180 C05F 11/08, 2011 г. / с помощью вермикультуры с дождевыми червями *Eisenia fetida*, в исходный субстрат одновременно с червями вносят штамм *Trichoderma asperellum* МГ-97 (ВКПМ F-765) в виде спор и мицелия или препарат триходермин М в количестве 105-106 КОЕ/кг исходного субстрата.

Также известен способ утилизации целлюлозосодержащих отходов, с помощью вермикультуры с дождевыми червями *Eisenia fetida* и культуры грибов *Trichoderma viride*. При этом предварительно производят пероральную инокуляцию дождевых червей *Eisenia fetida* инсулиновым шприцем со спиленным острием иглы суспензией мицелия и спор целлюлозоразрушающего штамма недельной культуры грибов *Trichoderma viride* с содержанием в ней колониеобразующих единиц (КОЕ) в количестве 10 КОЕ/мл в количестве 0,05 мл, или суточное выдерживание червей в субстрате, пропитанном такой суспензией.

Недостатками известных способов являются техническая сложность осуществления указанных в них приемов биотехнологической переработки твердых отходов целлюлозно-бумажной промышленности.

Задачей предлагаемого изобретения является упрощение способа получения биогумуса из твердых отходов целлюлозно-бумажной промышленности, а также интенсификация утилизации указанных отходов.

Поставленная задача достигается тем, что заявленный способ биотехнологической переработки твердых отходов целлюлозно-бумажной промышленности для получения биогумуса включает: а) стадию обработки грибами, заключающуюся в том, что в твердые отходы целлюлозно-бумажной промышленности вносят грибной инокулят базидиальных грибов белой гнили из расчета 0,8-1,1 л на 10 кг отходов и проводят твердофазное культивирование в течение 45-65 дней при температуре 18-28°C; или в

твердые отходы целлюлозно-бумажной промышленности вносят зерновой мицелий грибов белой гнили из расчета 300-350 г на 6-8 кг отходов и проводят твердофазное культивирование в течение 15 дней при температуре 10-15°C, а в следующие 40-45 дней - при температуре 18-28°C; б) стадию вермипереработки, заключающуюся в том, что субстрат, полученный на стадии а) увлажняют до 65-80%, затем на 10 кг указанного субстрата вносят 1300-2500 особей *Eisenia andrei*, после чего в течение 42-47 дней поддерживают указанную влажность, при этом субстрат содержат при температуре 12-34°C, предпочтительно при температуре 22-27°C; в) стадию подготовки биогадуса, заключающуюся в том, что осуществляют отделение червей от увлажненного биогадуса, полученного на стадии б), затем биогадус просушивают до влажности 50-65%, предпочтительно до влажности 55-60%. После отделения червей от увлажненного биогадуса дополнительно можно просеять биогадус. При этом базидиальные грибы белой гнили представляют собой: *Trametes sp.*, *Lenzites sp.*, *Pleurotus sp.*

По данным государственной статистики за 2011 год объем отходов производства бумаги составляет 6,1 млн тонн. К тому же до сих пор для отбеливания древесных волокон большинство отечественных целлюлозно-бумажных предприятий использует хлор и его соединения. Известно, что сточные воды, образующиеся при таком виде отбеливания, характеризуются высокой концентрацией химических веществ, таких как гидроксид натрия, карбонат натрия, сульфид натрия, элементарный хлор или диоксид хлора, оксид кальция, соляная кислота, и т.д. Избыточный активный ил является неизбежным и нежелательным отходом систем биологической очистки промышленных и хозяйственно-бытовых сточных вод, общее количество которых в отрасли по России достигает 20-50 млн. куб.м в год. Поэтому его утилизация, также как и утилизация других твердых отходов целлюлозно-бумажной промышленности (ЦБП), на сегодняшний день остается одной из актуальных эколого-экономических проблем. Решение этой задачи обеспечит возможность ввода в эксплуатацию больших земельных площадей, занимаемых в настоящее время иловыми картами, шламонакопителями и короотвалами, позволит рекультивировать нарушенные почвы, приведет к сокращению затрат на оборудование «могильников» для захоронения отходов. Для этого предлагается двухстадийная переработка отходов, предусматривающая: 1 - переработку базидиомицетами и 2 - вермипереработку. Необходимость в такой последовательной обработке объясняется следующим. Уникальной особенностью базидиомицетов является их способность продуцировать комплекс внеклеточных оксидаз, позволяющих им проводить деградацию отходов ЦБП. Кроме того, базидиальные грибы выполняют функцию по детоксикации -разложению хлорорганических соединений - диоксинов. К тому же грибы способствуют возрастанию доли соединений органического азота (аммонийного азота). В результате роста и размножения червей происходит переработка отходов ЦБП в биогадус. Черви повышают плодородие субстрата, способствуя его структурности, возрастанию воздухопроницаемости, увеличению содержания доступных для растений соединений азота (прежде всего в нитратной форме), а также калия, кальция, магния и других элементов питания.

Отделение червей осуществляют на механических виброситах, причем остающиеся на сите черви используются для последующего получения биогадуса из следующей партии субстрата. При этом оптимальным является размер пор сита 0,75 см, что позволяет получать чистый биогадус, свободный от частиц непереработанного субстрата и остатков мусора. Если величина пор сита будет менее 0,5 см, то скорость просеивания будет низка, что увеличит время технологической операции. Если величина пор сита будет более 1,0 см, то вместе с частицами биогадуса в емкость с готовым

продуктом будут попадать и частицы переработанного субстрата, что будет негативно сказываться на качестве готового продукта.

Полученный биогумус подсушивают в потоке горячего воздуха до влажности 50-65% и складывают в крафт-мешки. Если влажность готового биогумуса будет менее 50%, то будет происходить перерасход теплоносителя при сушке продукта. Для комфортного развития в биогумусе антифунгицидных, азотфиксирующих бактерий и микроорганизмов, обеспечивающих перевод трудноусвояемых форм фосфора в легкодоступные для растений, оптимальная влажность составляет 55%. Если влажность готового биогумуса будет более 65%, то качество готового продукта ухудшится, так как получаемое удобрение потеряет сыпучесть, а кроме того, аэрация субстрата будет низкая, что приведет к замедленному развитию микроорганизмов.

Пример 1. Этот пример демонстрирует снижение содержания хлорорганических соединений - диоксинов и повышения плодородия субстрата, полученного на основе отходов целлюлозно-бумажной промышленности (ЦБП) - скопа, методом их поэтапной переработки грибами и червями.

Для проведения эксперимента были использованы отходы Пермского ЦБК, применяющего хлорную отбелку целлюлозы. Обезвоженный волокнистый осадок системы очистки сточных вод предприятия - скоп, был обработан грибами рода *Trametes* sp. следующим образом. В отход вносили грибной инокулянт базидиальных грибов белой гнили из расчета 0,8 л на 10 кг отходов и проводили твердофазное культивирование в течение 45 дней. Полученный после обработки субстрат увлажняли до 70% и на 10 кг обработанных грибами отходов запускали от 1300 до 1800 особей половозрелых красных калифорнийских червей *Eisenia foetida*. Уход за вермикulturой заключался в поверхностном смачивании субстрата 1 раз в 3 дня водопроводной водой для поддержания влажности 65-80%. Субстрат содержали при температуре 18-30°C. Переработка длилась в течение 45 дней.

Были отобраны пробы до переработки отходов, после обработки грибами и после двухстадийной переработки.

Для определения содержания хлорорганических соединений - диоксинов в скопе (контрольный образец) и полученных на его основе субстратах проводили хромато-масс-спектрометрический анализ отобранных проб. В исследовании была использована методика выполнения измерений суммарного содержания полихлорированных дибензо-п-диоксинов и дибензофуранов в пересчете на 2,3,7,8-тетрахлордибензо-п-диоксин в пробах почв, грунтов, донных отложений методом хромато-масс-спектрометрии (ПНД Ф 16.1:2:2.2.56-08). Анализ выполнен на хромато-масс-спектрометре высокого разрешения Thermo Finnigan MAT 95XP. Результаты приведены в таблице 1.

40

45

Таблица 1 – Суммарное содержание хлорорганических соединений - диоксинов в отходах ЦБК и субстрате на его основе.

Вариант субстрата	Суммарная концентрация ПХДД, и ПХДФ <sup>1</sup> , нг/кг		ПДК <sup>2</sup> , нг/кг
	I-TEQ <sup>3</sup>	WHO-TEQ <sup>4</sup>	
<b>Примеры детоксикации отходов Пермского ЦБК</b>			
Скоп, контрольный образец	1,9	1,5	0,33
Скоп обработанный грибом Т.м. <sup>5</sup>	0,41	0,30	
Скоп обработанный грибом Т.н. <sup>6</sup>	0,36	0,29	
Скоп обработанный грибом Т.м.+ Т.н.	0,43	0,34	

Примечание:

<sup>1</sup> Суммарная концентрация ПХДД и ПХДФ - сумма концентраций индивидуальных полихлорированных дибензо-и-диоксинов и полихлорированных дибензофуранов, выраженных в единицах эквивалента токсичности; концентрации компонентов, содержание которых меньше предела обнаружения, принимаются равными нулю.

<sup>2</sup> Приказ МЗ СССР от 08.09.86 г. № 697 ДСП

<sup>3</sup> I-TEQ - International toxicity equivalent - диоксиновый эквивалент в системе международных коэффициентов токсичности

<sup>4</sup> WHO-TEF - Коэффициент токсичности, введенный ВОЗ для человека в 1998 году

<sup>5</sup> *Trametes maxima*

<sup>6</sup> *Trametes hirsuta*

Проведены исследования содержания углерода, азота, соотношения между ними, минеральных форм азота в скопе и субстрате на его основе. Содержание углерода определяли методом Тюрина, азота - методом Къельдаля. Нитраты и аммоний исследовали колориметрически.

Для оценки перспективности использования полученных на основе скопа Пермского ЦБК субстратов как биогуруса и биоудобрений для сравнения были отобраны образцы органических горизонтов естественных лесных почв.

Результаты химического анализа представлены в таблице 2.

Таблица 2 - Показатели плодородия скопа Пермского ЦБК и органических горизонтов лесных почв

Показатель	С общ., %	N общ., %	C/N	N-NO <sub>3</sub> , мг/кг	N-NH <sub>4</sub> , мг/кг
Вариант отходов					
Органогенный горизонт почв ельника кустарничково-зеленомошного	48,1	1,6	31	33	73
Отходы ЦБК					
Скоп (исходный образец)	43,1	0,3	144	1	12
Отходы после переработки грибами и червями					
Скоп переработанный грибом Т.м. и червями	42,7	0,8	55	41	33
Скоп переработанный грибом Т.н. и червями	41,6	0,7	56	30	20
Скоп переработанный грибом Т.м.+ Т.н. и червями	39,6	0,8	51	40	61

Примечание: Т.н. – *Trametes hirsuta*, Т.м. – *Trametes maxima*

Полученные результаты демонстрируют снижение содержания диоксинов до предельно допустимого уровня и ниже под влиянием биологических агентов - грибов и червей. Из таблицы 2 видно, что исходные образцы отходов характеризуются низким содержанием азота по сравнению с органогенным горизонтом лесной почвы. Под действием грибов и червей азот активно переходит из аммиачной формы в доступную для растений нитратную форму. Показатель C/N уменьшается, что свидетельствует об активном процессе минерализации органического вещества отходов. В целом содержание доступных минеральных форм азота в полученном субстрате из скопа ЦБК достигает уровня содержания в органическом горизонте лесной почвы.

Пример 2. Пример демонстрирует повышение уровня плодородия субстрата, полученного на основе отходов короотвалов - твердых отходов ЦБП, под действием поэтапной переработки грибами и червями.

Объектом эксперимента выбраны отходы Пермского ЦБК, использующего хлорную отбелку целлюлозы. В короотвале Пермского ЦБК складываются смесь коры и древесных остатков со скопом. Образцы короотвала были обработаны грибами рода *Trametes* sp. следующим образом. В указанный отход вносили грибной инокулянт из расчета 1,1 л на 10 кг и проводили твердофазное культивирование в течение 65 дней. Полученный после обработки субстрат увлажняли до 70%, и на 10 кг обработанных грибами отходов запускали от 1800 до 2500 особей половозрелых красных калифорнийских червей *Eisenia foetida*. Уход за вермикulturой заключался в поверхностном смачивании субстрата 1 раз в 3 дня водопроводной водой для поддержания влажности 65-80%. Субстрат содержали при температуре 18-30°C. Переработка длилась в течение 45 дней.

Были отобраны пробы до переработки отходов, после обработки грибами и после двухстадийной переработки.

Эксперимент проводили при комнатной температуре.

Содержание углерода определяли методом Тюрина, азота - методом Кьельдаля. Нитраты и аммоний исследовали колориметрически. Результаты химического анализа представлены в таблице 3. В таблице для оценки перспективности использования субстратов в качестве биогумуса и биоудобрений приведены результаты аналогичного анализа органического горизонта лесной почвы.

Таблица 3 - Показатели плодородия отходов короотвала Пермского ЦБК

Показатель	С общ., %	N общ., %	C/N	N-NO <sub>3</sub> , мг/кг	N-NH <sub>4</sub> , мг/кг
Вариант отходов					
Органогенный горизонт почв ельника кустарничково-зеленомошного (контроль)	48,1	1,6	31	33	73
Отход ЦБК					
Отходы из короотвала (исходный образец)	42,9	1,2	37	3	47
Отход ЦБК после грибной стадии					
Короотвал переработанный грибом Т.м.	39,7	0,9	43	12	327
Короотвал переработанный грибом Т.н.	38,2	1,2	33	8	271
Короотвал переработанный грибом Т.м.+ Т.н.	38,3	1,0	38	5	359
Отход после переработки грибами и червями					
Короотвал переработанный грибом Т.м. и червями	43,3	1,1	40	493	26
Короотвал переработанный грибом Т.н. и червями	40,5	1,2	34	581	22
Короотвал переработанный грибом Т.м.+ Т.н. и червями	29,6	1,1	27	764	23

Примечание: Т.н. – *Trametes hirsuta*, Т.м. – *Trametes maxima*

Из таблицы 3 видно, что исходный образец отхода характеризуется показателями, сходными с контрольными показателями общего углерода и азота, но при этом значительно уступает ему по содержанию доступных форм азота. Под действием грибов происходит увеличение азота, особенно его аммиачной формы. На втором этапе переработки под действием червей азот активно переходит из аммиачной формы в доступную для растений нитратную форму, превышая контрольные значения более чем в десятков раз.

Исходя из полученных результатов, можно сделать заключение о перспективности поэтапной переработки отходов короотвала Пермского ЦБК с целью получения

биогумуса и биоудобрений для использования в лесном и сельском хозяйстве.

Пример 3. Пример демонстрирует повышение уровня плодородия субстрата, полученного из твердых отходов ЦБП под действием поэтапной переработки грибами и червями. Исследование проводили на отходах Сясьского ЦБК, использующего хлорную отбелку целлюлозы. Скоп - смесь волокнистого осадка, глины, различных органических и неорганических примесей, активного избыточного ила.

Предварительно однократно стерилизованные образцы отходов фасовали в полиэтиленовые пакеты в объеме 5-7 литров каждый (6-8 кг). В различные части каждого пакета закладывали зерновой мицелий вешенки обыкновенной (*Pleurotus* sp.) в количестве 300-350 г. Опытные образцы поливали из рассеивателя каждые 3 дня 400-600 мл отстоявшейся водопроводной водой. После 2 недель микопереработки в пакете делали 5-6 отверстий диаметром в среднем 3 см для прорастания плодовых тел гриба. Грибную переработку проводили в течение 60 дней. В течение первых 15 дней - при температуре 10-15°C, а в следующие 45 дней - при температуре 18-28°C.

Далее образцы перекладывали в пластиковые контейнеры, где заселяли красными калифорнийскими червями. Для постепенной адаптации червей к новому для них субстрату 200 особей половозрелых червей с небольшим количеством навоза прикладывали к краю субстрата. Путем естественной миграции черви по мере адаптации переползали в новый субстрат. Навоз спустя неделю полностью убирала, выбирая оставшихся червей и запуская их непосредственно в субстрат на основе скопа. Полив осуществлялся водопроводной водой каждые 3-5 суток по 300-350 мл на каждый образец. Переработка червями длилась 60 суток при комнатной температуре.

На каждой стадии были отобраны пробы для проведения химического анализа на содержание элементов плодородия.

Актуальную кислотность (рН) измеряли потенциометрически в водной вытяжке, используя соотношение субстрат: раствор - 1:25. Потенциально доступными для растений формами элементов являются водорастворимые, обменные, часть органических соединений. Для определения концентрации доступных соединений элементов питания образцы субстрата обрабатывали 1М  $\text{CH}_3\text{COONH}_4$  (рН=4,65). Использовали те же соотношения субстрата и вытеснителя, что и при определении рН. Содержание углерода определяли методом Тюрина, азота - методом Кьельдаля, фосфора - колориметрически, металлы - методом ААС. Нитраты и аммоний исследовали колориметрически.

Результаты анализа представлены в таблице 4. В таблице для сравнения приведены результаты аналогичного анализа органического горизонта лесной почвы.

Таблица 4 – Содержание элементов плодородия в скопе Сяськинского ЦБК

Показатель	pH	С <sub>общ.</sub> %	N <sub>общ.</sub> %	C/N	N-NO <sub>3</sub> , мг/кг	N-NH <sub>4</sub> , мг/кг	Ca, мг/кг	Mg, мг/кг	K, мг/кг	Na, мг/кг	Mn, мг/кг	Zn, мг/кг	P, мг/кг	S, мг/кг
5 Органогенный горизонт почв ельника кустарничково- зеленомошного (контроль)	4,35	48,1	1,6	31	33	73	2292	590	986	97	208	288	306	142
10 Скоп (исходный образец)	6,76	43,5	0,5	90	7	102	4732	310	239	488	32	22	136	822
Скоп после переработки грибами	5,40	43,4	1,0	48	23	155	6200	711	612	466	26	43	179	915
15 Скоп после переработки вешенкой и червями	6,67	42,3	2,0	22	5	226	124545	1814	2877	1498	93	77	226	986

Из таблицы видно, что содержание доступных форм питательных элементов увеличивается на каждой стадии переработки. Показатель зрелости компоста C/N уменьшается, что свидетельствует об активном процессе минерализации органического вещества отходов. Происходит накопление азота. После двухстадийной переработки 20 отходов содержание Na, K превосходит показатели органического горизонта лесной почвы. Содержание P приближается к значению органического горизонта почвы. Са, Mg, S по своим значениям тоже превосходят контрольный образец. Происходит увеличение содержания Mn, Zn на каждой стадии биообработки.

Таким образом, предложенная биотехнология позволяет получить субстрат из 25 твердых отходов ЦБП с высоким содержанием доступных для растений соединений элементов питания, который возможно использовать как биогумус и биоудобрение для лесовыращивания и сельского хозяйства.

#### Формула изобретения

30 1. Способ биотехнологической переработки твердых отходов целлюлозно-бумажной промышленности для получения биогумуса, включающий:

а) стадию обработки грибами, заключающуюся в том, что в твердые отходы целлюлозно-бумажной промышленности вносят грибной инокулянт базидиальных грибов белой гнили из расчета 0,8-1,1 л на 10 кг отходов и проводят твердофазное 35 культивирование в течение 45-65 дней при температуре 18-28°C;

б) стадию вермипереработки, заключающуюся в том, что субстрат, полученный на стадии а) увлажняют до 65-80%, затем на 10 кг указанного субстрата вносят 1300-2500 особей половозрелых красных калифорнийских червей *Eisenia andrei*, после чего в течение 42-47 дней поддерживают указанную влажность, при этом субстрат содержат 40 при температуре 12-34°C;

в) стадию подготовки биогумуса, заключающуюся в том, что осуществляют отделение червей от увлажненного биогумуса, полученного на стадии б), затем биогумус просушивают до влажности 50-65%.

2. Способ по п.1, в котором базидиальные грибы белой гнили представляют собой: 45 *Trametes sp.*, *Lenzites sp.*, *Pleurotus sp.*

3. Способ по п.1, в котором субстрат на стадии б) содержат при температуре 22-27°C.

4. Способ по п.1, в котором на стадии в) после отделения червей от увлажненного биогумуса, биогумус дополнительно просеивают.

5. Способ по п.1, в котором на стадии в) биогумус просушивают до влажности 55-60%.

6. Способ биотехнологической переработки твердых отходов целлюлозно-бумажной промышленности для получения биогумуса, включающий:

5 а) стадию обработки грибами, заключающуюся в том, что в твердые отходы целлюлозно-бумажной промышленности вносят зерновой мицелий грибов белой гнили из расчета 300-350 г на 6-8 кг отходов и проводят твердофазное культивирование в течение 15 дней при температуре 10-15°C, а в следующие 40-45 дней - при температуре 18-28°C;

10 б) стадию вермипереработки, заключающуюся в том, что субстрат, полученный на стадии а) увлажняют до 65-80%, затем вносят половозрелых красных калифорнийских червей *Eisenia andrei* в количестве 200 шт. на 6-8 кг, после чего в течение 42-47 дней поддерживают указанную влажность, при этом субстрат содержат при температуре 12-34°C;

15 в) стадию подготовки биогумуса, заключающуюся в том, что осуществляют отделение червей от увлажненного биогумуса, полученного на стадии б), затем биогумус просушивают до влажности 50-65%.

7. Способ по п.6, в котором базидиальные грибы белой гнили представляют собой: *Trametes sp.*, *Lenzites sp.*, *Pleurotus sp.*

20 8. Способ по п.6, в котором субстрат на стадии б) содержат при температуре 22-27°C.

9. Способ по п.6, в котором на стадии в) после отделения червей от увлажненного биогумуса, биогумус дополнительно просеивают.

10. Способ по п.6, в котором на стадии в) биогумус просушивают до влажности 55-60%.

25

30

35

40

45