



РЕСУРСЫ ЛЕСА. ТЕХНОЛОГИИ И МАТЕРИАЛЫ

ЛЕСОХИМИЧЕСКИЕ ПРОДУКТЫ ДЛЯ
МЕДИЦИНЫ, СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

НОВЫЕ ВЕЩЕСТВА И МАТЕРИАЛЫ
ИЗ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ

МЕТОДЫ ТАКСАЦИИ И СТОИМОСТНОЙ
ОЦЕНКИ ЛЕСОВ

БИОТЕХНОЛОГИИ В ЛЕСНОМ КОМПЛЕКСЕ



наука 

И ТЕХНОЛОГИИ

Сибири

НАУКА И ТЕХНОЛОГИИ СИБИРИ

Выпуск 14 — Ресурсы леса: технологии и материалы.
Июль 2024 г.

Учредитель:

Федеральное государственное бюджетное учреждение
«Сибирское отделение Российской академии наук».
630090, Россия, Новосибирск,
проспект Академика Лаврентьева, дом 17.

Издатель:

Федеральное государственное бюджетное учреждение
«Сибирское отделение Российской академии наук».
630090, Россия, Новосибирск,
проспект Академика Лаврентьева, дом 17.

Главный редактор:

академик РАН Валентин Николаевич Пармон.

Редакционный совет:

Академики РАН С.В. Алексеенко, И.В. Бычков, М.И. Воевода,
А.П. Деревянко, Н.А. Колчанов, Д.М. Маркович, В.И. Молодин,
В.М. Фомин, д.ф.- м.н. С.Р. Сверчков, генеральный директор
ООО «Газпром трансгаз Томск» В.И. Бородин, генеральный директор
АО «Академпарк» Д.Б. Верховод, заместитель полномочного
представителя Президента РФ в СФО В.М. Головкин, д.т.н., президент
НГТУ НЭТИ, председатель Совета ректоров СФО Н.В. Пустовой,
основатель АФК «Система» В.П. Евтушенко .

Редакционная группа:

Заместитель главного редактора Сергей Сверчков, Лариса Деева,
Владимир Ларин, Андрей Соболевский, Любовь Батраева,
Юлия Андреева.

Фото

авторов представленных материалов и из открытых источников.

Дизайн:

ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный университет
архитектуры, дизайна и искусств имени А.Д. Крячкова»,
ректор Багрова Наталья, арт-директор Чешева Татьяна,
дизайнер Теряева Анна

Свидетельство о регистрации СМИ ПИ № ФС 77-82311

от 03.12. 2021 г. выдано Федеральной службой по надзору в сфере
связи, информационных технологий и массовых коммуникаций
(Роскомнадзор).

Адрес редакции: 630090, Россия, Новосибирск,
проспект Лаврентьева, 17, тел.: (383) 217-45-78,
e-mail: l.batraeva@sb-ras.ru

Отпечатано ИП Сергеев Сергей Сергеевич

тел.: +7 (920) 451-77-32,
e-mail: 89204517732@mail.ru

Подписано в печать 22.07.2024

Бумага мелованная. Печать офсетная.
Тираж 800 экз. Свободная цена.

Перепечатка материалов только с письменного разрешения редакции.
Изданию присвоен номер ISSN: 2782-4969

© Сибирское отделение РАН, 2024



ОФОРМИТЬ
ПОДПИСКУ
НА ЖУРНАЛ



ТЕХНОЛОГИЯ ПЕРЕРАБОТКИ ОТХОДОВ ЛЕСОПИЛЕНИЯ В КОМПЛЕКСНОЕ УДОБРЕНИЕ



Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Иркутский институт химии им. А.Е. Фаворского Сибирского отделения Российской академии наук
664033, г. Иркутск, ул. Фаворского, д. 1

Беловежец Людмила Александровна

доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории экологической биотехнологии

lyu-sya@yandex.ru

Малков Юрий Алексеевич

кандидат технических наук, научный сотрудник лаборатории экологической биотехнологии

yumalkov@gmail.com

Самульцев Дмитрий Олегович

кандидат химических наук, заместитель директора по научной работе ИрИХ СО РАН

samulcev@mail.ru

Белоусов Дмитрий Сергеевич

аспирант лаборатории экологической биотехнологии

belousov_off@mail.ru



Рис. 1. Внешний вид готового биогумуса

Лесная промышленность является одной из наиболее востребованных в России и, в то же время, одной из наиболее экологически небезопасных. Объем отходов лесопиления исчисляется миллионами тонн, среди которых в дальнейшую переработку вовлекается не более половины. Остальная часть отходов складывается на территориях, прилегающих к ЛПК. Несмотря на то, что хранение и утилизация таких отходов регламентируется рядом ФЗ и норм СанПиНа, большая часть складывается непосредственно около ЛПК, нанося экологический вред окружающим территориям. Негативное воздействие отходов лесопиления связано как с их способностью к саморазогреву, который зачастую заканчивается пожарами, так и с выделением токсичных, чаще всего фенольных соединений, губительно действующих на почвенную экосистему, растения и животных. К тому же лигноцеллюлозное сырье обладает большой способностью к физическому и химическому поглощению минеральных веществ из-за наличия функциональных групп



Рис. 2. Перемешивание компостной массы через 1 месяц после начала переработки

и большой поверхностной активности частиц. Установлено, что 1 т опилок способны физически и химически связывать весь азот, содержащийся в 1.8 т куриного помета и 42 л водного аммиака. Кроме того, скопления опилок могут являться резервуаром для возбудителей болезней деревьев. Показано, что сосновая нематода *Bursaphelenchus xylophilus* способна переживать неблагоприятные условия в скоплениях опилок, а затем эффективно заражать здоровые деревья.

Спектр областей применения древесных отходов достаточно узок. Традиционно большая часть опилок прессуется в пеллеты. Однако эта технология требует высокого качества опилок, а пеллеты потребляются только котельными с определенным типом котлов, не распространенным в нашей стране. Поэтому спрос на пеллеты в большей части обусловлен экспортом. Около 10% опилок перерабатывается в древесную муку, востребованную во многих областях промышленности. Часть опилок прессуется в топливные брикеты. Однако, несмотря на имеющиеся способы переработки, большая часть опилок никак не используется.

Применение древесных опилок в качестве органического субстрата имеет свои положительные и отрицательные стороны. С одной стороны, опилки дают хороший мульчирующий эффект. С другой стороны, из-за наличия функциональных групп и большой поверхностной активности частиц, лигноцеллюлозное сырье обладает большой способностью к физическому и химическому поглощению минеральных веществ, необходимых растениям. Следовательно, для



Рис. 3. Внешний вид готового биогумуса в сравнении с исходными опилками (Архангельская область)

использования опилок в виде удобрения необходима их переработка. Одним из перспективных способов такой переработки является микробное компостирование. В настоящее время древесные опилки широко используются как субстрат для приготовления компостов в России и за рубежом. Однако чаще всего опилки используются лишь как небольшая часть в смеси различных органических субстратов. Компостирование же смесей, в которых доля опилок составляет не менее 90%, практически не проводится.

В Иркутском институте химии им. А. Е. Фаворского СО РАН разработан способ ускоренного компостирования древесных опилок с применением специально подобранной композиции дереворазрушающих грибов, позволяющий перерабатывать чистые опилки с небольшими добавками минеральных удобрений и гашеной извести для нейтрализации pH опилок [Пат. RU 2701 942 С1, 2019]. Технология основана на активном действии разработанной ассоциации непатогенных микроорганизмов, осуществляющих биотрансформацию и гумификацию возобновляемого растительного сырья. Предложенный способ производства удобрения позволяет использовать опилки любого качества, в том числе некондиционные или лежалые, без какой-либо предварительной обработки и в неограниченном количестве. Компостирование осуществляется в буртах на открытых площадках или под навесом в течение летних месяцев. Продукт микробной трансформации (биогумус) не токсичен, пожаро- и взрыво-безопасен, не содержит тяжелых металлов и патогенных микроорганизмов (рис. 1–4). Производимое по на-



Рис. 4. Полупромышленный эксперимент по микробной трансформации опилок

шей технологии удобрение, имеющее в своей основе древесные опилки, независимо от состава субстрата, времени и места компостирования стабильно по составу и основным агрохимическим показателям. Удобрение содержит азот, фосфор, калий в легко усваиваемой растениями форме и в хорошо сбалансированном виде (табл.). Эти вещества, а также гуминовые кислоты, входящие в состав удобрения, будут обеспечивать эффективный рост и развитие растений в течение вегетационного периода.

Полученное нами удобрение сопоставимо с верховым торфом по основным агрохимическим показателям, но превосходит таковой по содержанию подвижных форм основных биогенных элементов. pH, близкий к нейтральному, также является преимуществом компоста, как и отсутствие семян сорняков и фитопатогенов. Проведенные нами исследования готовых компостов на содержание тяжелых металлов и мышьяка показали полное соответствие продуктов санитарно-гигиеническим нормам и ПДК. По данным Центра гигиены и эпидемиологии в Иркутской области во всех образцах компостов отсутствуют лактозоположительные палочки, патогенные микроорганизмы, в том числе сальмонеллы, фекальные стрептококки, клостридии, жизнеспособные яйца гельминтов и личинки и куколки мух.

С использованием полученного биогумуса проводили вегетационные опыты по выращиванию различных растений. Развитие всех исследованных сельскохозяйственных культур ускорилось, особенно заметно увеличение корневой части растения. Проведение полевых опытов на компосте проводилось на картофеле. Повыше-



Рис. 5. Закладка промышленного компостирования (3000 м³)

ние урожайности достигало 40–50% при внесении компоста 0.2 кг в лунку перед посадкой из расчета 1 кг/м².

Преимущества и уникальность разработки состоят в первую очередь в возможности быстро и дешево переработать неограниченное количество отходов лесопиления любого качества с получением комплексного удобрения, позволяющего улучшить структуру удобряемой почвы, увеличить урожайность сельскохозяйственных культур и вернуть в естественный круговорот значительное количество органического углерода, выносимого с полей с урожаем. Технология защищена патентом РФ.

Исторический/научный бэкграунд, ближайшие отечественные/зарубежные аналоги

Ранее около половины, а в западных регионах России до 90% свежих опилок использовалось для производства пеллет. Однако в современных условиях этот путь утилизации малорентабелен, и на территориях, окружающих ЛПК, образуются огромные отвалы отходов лесопиления, лишь небольшая часть которых утилизируется в котельных для удовлетворения собственных энергетических нужд. В то же время такой высокоуглеродный субстрат, как опилки, не может не привлекать внимание сельского хозяйства. Он используется как индивидуально в виде мульчирующего агента, так и в смесях с различными азотсодержащими добавками (минеральные удобрения, птичий помет, навоз КРС) или подвергается компостированию в составе сложных смесей. В некоторых случаях в их состав дополнительно вводятся инокуляты различных высокоактивных микроорганизмов.

ТАБЛИЦА. КАЧЕСТВЕННЫЙ И КОЛИЧЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ КОМПОСТОВ

Наименование показателя, ед. измерения	Опилки ¹	Компост 1 (осина)	Компост 2 (сосна/лиственница)	Компост 3 (лиственница)	Компост 4 (сосна/ель)	Верховой торф ²
Внешний вид	Структурированная масса светло-желтого цвета	Порошок темно-коричневого цвета с примесью древесных опилок	Рассыпчатая масса коричневого цвета с вкраплениями структурированных опилок	Рассыпчатая масса коричневого цвета с вкраплениями структурированных опилок	Рассыпчатая масса коричневого цвета с вкраплениями структурированных опилок	Рассыпчатая масса с насыщенным черным, либо черным с коричневым оттенком цветом
Массовая доля органического вещества, %	82	44.6	61.8	53.8	66.1	72–94
Емкость катионного обмена, мг*экв/100 гр.	1.2	8.98	10.25	9.11	10.75	10–12
Гидролитическая кислотность, мг*экв/100 гр.	7.3	1.14	1.14	1.17	1.12	5–10
Сумма поглощенных оснований, мг*экв/100 гр	16.2	31.5	31.8	35.6	37.6	60–90
pH водный	4.5	6,2	7.2	6.9	7.7	2.5–3.5
pH солевой	4.2	6.4	6.8	6.5	7.2	3–3.9
Массовая доля гуминовых кислот в пересчете на сухое вещество, %	0	5.3	11.3	9.2	9.4	9–14
Массовая доля золы, %	2.9	20.7	20.1	18.5	12.55	2–12
Массовая доля общего азота (N) в пересчете на сухое вещество, %	0.18	1.62	2.22	1.87	1.65	0.7–1.35
Содержание аммиачного азота (N-NH ₄), мг/100 г	0	500	1200	800	250	5–20
Содержание нитратного азота (N-NO ₃), мг/100 г	0	140	150	140	20	Не опр.
Массовая доля фосфора (P ₂ O ₅) в пересчете на сухое вещество, %	0	0.22	0.28	0.24	0.44	0.1–0.3
Содержание подвижных форм фосфора (P ₂ O ₅), мг/100 г	0	1200	1250	1300	1500	Не опр.
Массовая доля калия (K ₂ O) в пересчете на сухое вещество, %	0	0.5	0.4	0.45	0.4	0.01–0.24
Содержание подвижных форм калия (K ₂ O), мг/100 г	0	1000	1000	1000	1000	Не опр.
Фитотоксичность (на семенах редиса)	отсутствует	отсутствует	отсутствует	отсутствует	отсутствует	отсутствует

1 — среднее по всем типам опилок

2 — литературные данные [Агрохимические свойства торфа [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://big-archive.ru/biology/the_peat_bogs_of_Russian_forest-steppe/31.php]



Беловежец
Людмила

Личный комментарий от разработчика:

«Разработанная нами технология позволила удачно сомкнуть решение двух важных проблем – утилизации огромных отходов лесопиления и создания органического удобрения, необходимого в сельском хозяйстве. Достаточно простой, изящный и недорогой способ позволит помочь владельцам как лесопилок, так и фермерских хозяйств».

Это ускоряет твердофазное компостирование, улучшает качество компоста, увеличивая содержание азота, гуминовых, фульвокислот и гуматов, которые, попадая в почву, постепенно разрушаются, обеспечивая пролонгированное действие удобрения. Однако на сегодняшний день не существует способа, за исключением разработанного в ИРИХ СО РАН, при котором опилки использовались бы в качестве единственного органического компонента, а не были бы дополнительным наполнением для многокомпонентных компостных смесей.

Предполагаемый интерес для внедрения

Опилки являются одним из самых объемных органических отходов производства. Только в Иркутской области ежегодно не вовлекается в дальнейшую переработку более 2 млн кубометров опилок, щепы и горбыля, в Красноярском крае – более 3.5 млн. В ФЗ № 89-ФЗ «Об отходах производства и потребления» от 24.06.1998 закреплено обязательное нормирование и обезвреживание древесных отходов. Более того, готовится к утверждению закон об обязательной переработке древесных отходов. В законодательстве будет закреплён запрет на утилизацию древесины, оставшуюся в результате производственной деятельности, двумя способами: захоронение и сжигание. Все полученные остатки должны снова попасть в производственную цепочку с последующим результатом в виде готовой продукции, компонента для других товаров, выработанной энергии.

Следовательно, утилизация опилок представляет собой сложный и дорогой процесс, снижение затрат на который приведет к значитель-

ной экономии средств владельцев лесопилок. Повсеместно распространенное складирование опилок недопустимо, т.к. они создают высокую пожароопасность, прежде всего за счет способности к самовозгоранию.

В то же время сельское хозяйство, особенно сектор производства органически чистой продукции, испытывает дефицит качественных органических удобрений. Следствием этого становится снижение урожайности сельскохозяйственных культур и ухудшение качества продукции. Согласно постановлению правительства РФ от 25.01.2018 г. перспективными направлениями по утилизации и обезвреживанию отходов лесного комплекса, сельского хозяйства и животноводства являются развитие российских биотехнологий аэробного и анаэробного биотермического компостирования, при использовании которых отходы органического происхождения обезвреживаются и превращаются в ценное органическое удобрение (биогумус, компост), а также получение биогаза, твердого топлива и производство строительных изделий. Объем глобальной торговли органическими удобрениями в настоящее время составляет приблизительно 2,5–3 миллиона тонн в год при обороте около 500–600 миллионов долларов США. По сравнению с началом 1990-х данный рынок и по объему, и по стоимости увеличился в 5–6 раз.

Для данной технологии переработки целевым клиентом являются лесопилки и ЛПК, т.к. технология не только избавит владельцев от необходимости утилизации отходов лесопиления, но и приведет к дополнительным прибылям в виде продажи готового продукта. Себесто-

имость производимого продукта составляет 400 руб./м³ и не включает в себя логистические издержки и фасовку готового продукта. Для владельца лесопилки экономический эффект будет связан с отсутствием расходов на утилизацию опилок (вывоз, оплата сжигания, налог на экологический ущерб за загрязнение атмосферы продуктами сжигания, освобождение площадей, занимаемых опилками), для фермера — закупочными ценами на урожай, для дачника — увеличением объема урожая.

Запрос на индустриальное партнерство

В идеальном случае нам необходим промышленный партнер, одновременно занимающийся сельским хозяйством и лесопереработкой. Такой партнер сможет утилизировать образующиеся у него отходы лесопиления по нашей технологии и в дальнейшем использовать биогурус

на своих сельскохозяйственных угодьях. В настоящий же момент продвижение технологии больше идет со стороны утилизации отходов, нежели запроса на готовый биогурус.

В настоящий момент у нас есть несколько промышленных партнеров — ряд лесоперерабатывающих предприятий небольшой и средней производительности (рис. 5). Мы надеемся, что в ближайшее время наши партнеры значительно увеличат объем переработки отходов, что повлечет за собой увеличение объема производства микроорганизмов.

В настоящее время мы подготавливаем документацию для прохождения государственной экологической экспертизы. Такой шаг позволит нам привлечь к сотрудничеству организации, занимающиеся ликвидацией объектов накопленного экологического вреда.



Коллектив лаборатории (слева направо): Белоусов Д.С., Малков Ю.А., Беловежец Л.А., Самульцев Д.О., Филинова Н.В., Матвеева Е.А., Приставка Е.О.