

Согласно данным FAOSTAT, общий объем учтенной заготовки древесины в мире в 2022 году составил 3.91 млрд м³ – это на 1.8 % больше, чем в предыдущем году. В России - 236 млн. м³ (6.1 % от общемировой заготовки). Только в Восточной Сибири ежегодно вырубается около 16 млн. м³ спелой древесины (преимущественно сосны), которая используется лесоперерабатывающей, целлюлозно-бумажной и гидролизной промышленностью или экспортируется. При существующих способах переработки древесного сырья в целом по России полезно используется около половины, а в сибирском регионе лишь третья часть биомассы дерева. Основные потери приходятся на древесную зелень (лесосечные отходы), кору (отходы деревопереработки), опилки и стружки (отходы лесопиления). Следовательно, в результате деятельности предприятий лесоперерабатывающего комплекса (ЛПК) ежегодно образуется около 68-74 млн. м³ древесных отходов, и лишь 48 %-58 % из них перерабатывается. Государственная политика и ужесточение экологических норм в сфере переработки мусора требуют современных подходов к обращению с производственными отходами. В Государственной Думе РФ дорабатывается законопроект, в котором будет закреплён запрет на утилизацию древесины, оставшуюся в результате производственной деятельности, двумя способами: захоронение, сжигание. Все полученные остатки должны снова попасть в производственную цепочку с последующим результатом в виде готовой продукции, компонента для других товаров, источника энергии. Ужесточение наказаний за несоблюдение экологических норм заставляет деревообрабатывающие предприятия увеличивать бюджет на утилизацию отходов. Приоритетным направлением переработки отходов для крупных лесопилок становится производство экологически чистого гранулированного топлива (пеллет). Однако такой способ требует применения опилок определенного качества, дорогостоящего оборудования и хорошо развитой логистики, поэтому не всегда рентабелен для мелких хозяйств. А с учетом

того, что основные потребители пеллет находятся в Европе, их сбыт в настоящее время затруднен. Поэтому, утилизация опилок превращается в сложный, дорогой и не всегда экологически чистый процесс. Повсеместно распространенное складирование опилок под различными предлогами недопустимо, т.к. они создают высокую пожароопасность, прежде всего за счет способности к самовозгоранию, а также способны отравлять почву и воды вокруг продуктами разложения фенольной природы.

В то же время сельское хозяйство, особенно сектор производства органически чистой продукции, испытывает дефицит качественных органических удобрений. Например, в Иркутской области вносится в 21 раз меньше необходимого их количества. Следствием этого становится снижение урожайности сельскохозяйственных культур и ухудшение качества продукции. Обычной практикой современного сельского хозяйства стало применение только минеральных удобрений, что приводит к дополнительным потерям гумуса из-за повышения активности почвенной микрофлоры, которая, при недостатке свежего органического вещества и достаточном количестве азота, удовлетворяет потребность в углероде преимущественно за счет разложения гумуса. Потеря 0.1 % гумуса ежегодно ведет к недобору зерна до 1 ц/га. Согласно постановлению правительства РФ № 84-р 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.

Таким образом, экологически и экономически выгодным является использование опилок в качестве органического субстрата. Их применение в качестве удобрения имеет свои положительные и отрицательные стороны. С одной стороны, опилки дают хороший мульчирующий эффект. С другой

стороны, лигноцеллюлозное сырье обладает большой способностью к физическому и химическому поглощению необходимых для растений минеральных веществ из-за наличия функциональных групп и большой поверхностной активности частиц. Следовательно, для использования опилок в виде удобрения необходима их переработка. Наиболее удобным способом является микробное компостирование. Древесные опилки широко используются как субстрат для приготовления компостов, как в России, так и за рубежом. Однако чаще всего древесные опилки используются лишь как небольшая часть в смеси различных органических субстратов. Компостирование же смесей, в которых доля опилок составляет не менее 50%, практически не проводится. Нами разработан способ ускоренного компостирования отходов лесопиления с применением специально подобранной композиции дереворазрушающих грибов, позволяющий использовать опилки в качестве единственного органического субстрата (способ защищен патентом РФ). Технология основана на активном действии разработанной ассоциации непатогенных микроорганизмов, участвующих в биотрансформации и гумификации возобновляемого растительного сырья. Введение микробной ассоциации позволяет интенсифицировать процесс и улучшить качество готового продукта (рис. 1). Предлагаемый нами вариант предполагает использование опилок любого качества, в том числе некондиционных или лежалых, без какой-либо предварительной обработки в неограниченном количестве. Способ пригоден для его реализации на территориях предприятий ЛПК (рис. 2) – либо в полевых условиях в буртах (с навесами или под открытым небом), либо в специализированных установках по получению компостов.

Технология была апробирована на разных типах древесных опилок (лиственные и хвойные), в разные годы, в различных регионах России:

1. На базе лесопилки, принадлежащей ООО «Компания «Северный лес», в 2008 г. для компостирования были предоставлены свежие осиновые опилки в количестве 60 м³;

2. В рамках совместного проекта СО РАН-Забайкалье на лесопилке г. Чита, лиственница с небольшими включениями сосны, 30 м³, 2010 г.;

3. На базе полигона ТБО г. Иркутск, сосна-лиственница, 30 м³, 2014 г.;

4. На базе лесопилки, принадлежащей «Крестьянскому фермерскому хозяйству Филимонов И.В.», для компостирования использовали смесь опилок сосна-ель, 60 м³, 2018 г.;

5. На базе лесопилки, принадлежащей ООО «Павлицево», смесь древесных опилок (сосна-ель), 120 м³, 2019 г.

6. На базе лесопилки, принадлежащей «Красноярской экспортной компании», для компостирования были предоставлены свежие лиственничные опилки в количестве 100 м³, 2020 г.

7. На базе ЛПК, принадлежащего ООО «Сегежа-групп», для компостирования были предоставлена смесь опилок сосна-лиственница в количестве 500 м³, 2021-2022 гг.

8. На базе ЛПК, принадлежащего ООО «Регион-лес», для компостирования были предоставлена смесь опилок сосна-ель в количестве а) 300 м³, 2022 г., б) 3000 м³ 2023 г., в) 1300 м³ 2023 г. (осенняя закладка).

9. На базе лесопилки, принадлежащей ИП Луконин, для компостирования были предоставлена смесь опилок сосна-ель в количестве 500 м³, 2023 г.

Во всех случаях закладку свежих древесных опилок проводили в теплое время года (май – начало июня) на открытых площадках, свободных от древесной и кустарниковой растительности. Исключение составляют варианты 8 (а, в), в которых закладку производили в октябре. Опилки обрабатывали доломитовой мукой и минеральными добавками с перемешиванием мотокультиватором или трактором с ножом. К смеси добавляли воду до достижения влажности 60-65 %. Микроорганизмы выращивали индивидуально, затем смесь высушивали на цеолите (размер гранул 3-5 мм) до влажности не более 10 %. Имобилизированные на цеолите грибы вносили одновременно с минеральными добавками. Затем формировали бурт высотой до 2.5 м. Перемешивание созревающего компоста

проводили через 3-5, 8-10, 12-14 недель компостирования путем перемещения слоев бурта при помощи трактора. Контроль происходящих процессов осуществляли по изменению температуры в глубине бурта. Разогрев происходил через 1-3 суток после закладки, и высокая температура держалась на протяжении 75-90 дней. Снижение температуры косвенно указывало на окончание процесса компостирования. На анализ отбирали среднюю пробу из 40 точек отбора.

Производимое по нашей технологии удобрение, имеющее в своей основе древесные опилки, независимо от состава субстрата, времени и места компостирования стабильно по составу и основным агрохимическим показателям. (табл.). Так, содержание общего азота колебалось от 1.62 до 2.22, а фосфора – от 0.22 до 0.44. Положительным моментом можно считать появление подвижных форм основных агрохимически важных элементов, повышение рН до нейтральных цифр, увеличение количества общего азота в среднем на порядок, появление в субстрате фосфора, калия и гуминовых кислот. Емкость катионного обмена возрастала до уровня верхового торфа, а гидролитическая кислотность оказывалась существенно ниже. Данные показатели очень важны для сохранения почвенного гомеостаза, соответственно, внесение удобрения даст возможность стабилизировать вымывание оснований из почв сельскохозяйственного назначения. Это особенно важно для бедных дерново-подзолистых и серых лесных почв. Совпадение по многим показателям с верховым торфом позволяет сделать вывод о высоком качестве готового продукта, а значительно большее количество подвижных форм биогенных элементов и оптимальный рН позволит использовать опилочный компост без внесения дополнительных питательных веществ. Еще одним положительным качеством получающегося удобрения является отсутствие в нем семян сорных растений и фитопатогенов. В тоже время, микроорганизмы, участвующие в компостировании, активно подавляют рост патогенов, в частности фузариума. Продукт не токсичен, пожаро- и взрыво-безопасен. 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 лактозоположительные палочки, патогенные микроорганизмы, в том числе сальмонеллы, фекальные стрептококки, клостридии, жизнеспособные яйца гельминтов и личинки и куколки мух отсутствуют.

С использованием полученного биогумуса были проведены вегетационные опыты по выращиванию различных растений. Развитие всех исследованных сельскохозяйственных культур ускорялось, особенно заметно увеличение корневой части растения. Проведение полевых опытов на компосте было ограничено определением урожайности картофеля. Повышение урожайности достигало 40-50 % при внесении компоста 0.2 кг в лунку перед посадкой из расчета 1 кг/м².

Особенно важным с экологической точки зрения является применение такого субстрата в качестве заменителя верхового торфа, широко используемого для выращивания рассады в тепличных хозяйствах и сеянцев хвойных пород деревьев с закрытой корневой системой в лесопитомниках. В случае использования субстрата из компостированных опилок мы одновременно сможем получать пригодный для выращивания сеянцев с ЗКС и тепличной рассады субстрат, обезвреживать отходы и сохранять целостность содержащих торф участков почвы. К тому же, такое использование является ярким примером замкнутого природоподобного цикла, в котором отходы переработки древесного сырья становятся основой для выращивания нового объема древесины. Нами показано, что в большинстве случаев применения нашего продукта отличий от контрольного субстрата на основе верхового торфа «Велторф» не наблюдалось. Что, учитывая стоимость нашего продукта и «Велторфа», приведет к значительной экономии средств тепличных хозяйств и лесопитомников.

В результате проделанной работы нами создана эффективная, дешевая

природоподобная технология утилизации опилок. Действующие микроорганизмы были выделены из живой природы, где они выполняют роль естественных деструкторов древесины. По сути, мы всего лишь создали оптимальные условия для их роста и питания. В результате получается не токсичное сбалансированное органико-минеральное удобрение способное значительно улучшить плодородность земель сельскохозяйственного назначения и стать прекрасным субстратом для выращивания нового поколения деревьев. Применение данной технологии позволит решить проблему экологически рационального крупномасштабного использования отходов деревообработки, освободить от них прилегающие к лесопилкам территории, снизив тем самым пожароопасность и токсическое влияние продуктов разложения.



Рис.1 Внешний вид готового биогуруса



Рис.2 Внешний вид готового биогумуса в сравнении с исходными опилками
(Архангельская область)

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
рН водный	4.5	6,2	7.2	6.9	7.7	2.5-3.5
рН 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]