

Федеральное агентство по образованию
Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Тихоокеанский государственный университет»

ИЗГОТОВЛЕНИЕ КОМПОСТА ИЗ РАСТИТЕЛЬНЫХ ОТХОДОВ

Методические указания к выполнению лабораторной работы по курсу
«Основы микробиологии и биотехнологии» для студентов специальности
280201.65 «Охрана окружающей среды и рациональное использование
природных ресурсов»

Хабаровск
Издательство ТОГУ
2010

УДК 573.6.086.83

Изготовление компоста из растительных отходов : методические указания к выполнению лабораторной работы по курсу «Основы микробиологии и биотехнологии» для студентов специальности 280201.65 «Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов»

/ сост. Е. Л. Имранова, О. А. Кириенко. – Хабаровск : Изд-во Тихоокеан. гос. ун-та, 2010. – 17 с.

Методические указания разработаны на кафедре «Экология, ресурсопользование и безопасность жизнедеятельности». В работе приведены методы изготовления компостов из древесных и растительных остатков и условия их компостирования, цель которого – улучшение свойств почвы. Включают порядок выполнения работы, контрольные вопросы, а также библиографический список.

Печатается в соответствии с решениями кафедры «Экология, ресурсопользование и безопасность жизнедеятельности» и методического совета ИПЭ.

Главный редактор *Л. А. Суевалова*
Редактор *Н. Г. Петряева*

Подписано в печать 20.07.10. Формат 60x84 1/16.
Бумага писчая. Гарнитура «Таймс». Печать цифровая.
Усл. печ. 0,98 . Тираж 100 экз. Заказ

Издательство Тихоокеанского государственного университета
680035, Хабаровск, ул. Тихоокеанская, 136.

Отдел оперативной полиграфии
издательства Тихоокеанского государственного университета
680035, Хабаровск, ул. Тихоокеанская, 136

© Тихоокеанский
государственный
университет, 2010

Цель работы: ознакомление с методами изготовления компостов из древесных и растительных остатков и условиями их компостирования.

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

В последнее время во всем мире возросло внимание к утилизации отходов растительного и животного происхождения. На лесоперерабатывающих и целлюлозно-бумажных предприятиях накапливается огромное количество древесных остатков – коры, щепы, опилок и др., которые вывозят в отвал, сжигают или оставляют гнить. Отходы переработки древесного сырья являются активными загрязнителями почвы, воды и воздуха и представляют серьезную опасность для окружающей среды.

Остатки древесных пород в лесных биогеоценозах служат основным фактором и материалом гумусообразования. Именно поэтому наиболее рационально использовать древесные отходы для производства органических удобрений, в частности древесных компостов. Этот вопрос приобретает значение в связи с тем, что интенсивное ведение земледелия приводит к снижению почвенного плодородия вследствие достаточно быстрой минерализации гумуса, а это требует компенсации его потерь путем внесения органического удобрения.

Кроме того, плохие физико-химические свойства нативного навоза и помета приводят к нерациональному использованию питательных веществ, отрицательному воздействию на окружающую среду. Более того, не достигается главная функция органических удобрений – улучшение всех свойств почвы и оптимизация их гумусного состояния. Поэтому целесообразным приемом их утилизации, в первую очередь с агроэкологической точки зрения, является компостирование с различными органогенными целлюлозосодержащими материалами.

Компостирование – экзотермический процесс биологического окисления, в котором органический субстрат подвергается аэробной биодegradации. В процессе компостирования максимально сохраняются биогенные элементы (в первую очередь, азот), погибают патогенные микроорганизмы, яйца и личинки гельминтов, семена сорных растений. Стерилизация семян сорняков и дегельминтизация смесей на основе помета и навоза активно протекает при температуре выше 50 °С (термофильный режим), а мобилизация и сохранение подвижных форм питательных веществ – при +30...35 °С (мезофильный режим). Это предопределяет проведение процесса компостирования сначала в термофильном, а затем мезофильном режимах. При достижении равномерной по всему объему смеси температуры +55 °С полная дегельминтизация наступает через четверо суток. Ввиду неоднородности температуры по сечению бурта в реальных условиях период дегельминтизации увеличивается до одного месяца при положительной температуре наружного воздуха. За это время в основном заканчивается мобилизация доступных питательных веществ в компостной массе. При протекании процесса в мезофильном режиме смесь

дегельминтизируется только через четыре месяца, а семена сорняков в большинстве случаев остаются всхожими. Потеря всхожести сорняков наблюдается при температуре +40 °С через четыре недели, при +43 °С – через 3 недели; при +50 °С – через двое суток.

Конечный продукт компостирования – гумифицированный компост. Этот компост содержит наиболее стабильные, частично гумифицированные органические соединения, определенное количество низкомолекулярных продуктов распада, биомассу мертвых и ослабленных микроорганизмов, определенное количество живых представителей микро- и макроорганизмов.

Внесение органических удобрений способствует обогащению почвы различными компонентами минерального и органического питания. Благодаря полезным микроорганизмам, содержащимся в органических удобрениях, вытесняются фитопатогенные виды микроорганизмов, происходит оздоровление почвы, накопление в ней биологически активных веществ.

За рубежом компосты из древесных отходов производят в больших масштабах (более 1 млн т – в США, Канаде, 250-550 тыс. т – в ФРГ и Японии).

Основной научный принцип компостирования заключается в том, что после его завершения необходимо достигнуть:

- максимальной степени гумификации;
- наименьших потерь органического вещества;
- максимального сохранения биогенных питательных веществ N, P, K и минимальных их потерь;
- максимальной гибели семян сорняков;
- максимальной стерилизации компоста от патогенной флоры и гельминтофауны.

Условия компостирования

Основными условиями, которые обеспечивают нормальный процесс компостирования, являются: влажность, кислотность, соотношение C/N, плотность смеси, равномерность перемешивания, температура окружающей среды, аэрация, микробиологические и биохимические факторы.

Влажность

На процесс компостирования большое влияние оказывает влажность смеси. С биохимической точки зрения идеальным было бы иметь жидкую массу, доступную для микроорганизмов и ферментов, через которую энергично продувается воздух, в результате чего процесс переходит из анаэробно-аэробной области к аэробной. Однако по технико-экономическим причинам способ аэрации жидкой массы практически неприемлем для подавляющего большинства случаев образования компостов из твердых отходов.

Максимально допустимое содержание влаги для «волоknистых» влагопоглощающих материалов (солома, древесные опилки) – 75-78 %. Эти отходы, содержащие значительное количество целлюлозы (чем и обусловлены их влагопоглощающие свойства), относятся к органогенным (C, N, H, O, P, S)

материалам. Они становятся доступными для микробиологических и биохимических объектов тогда, когда находятся в набухшем состоянии.

Вода образуется в ходе компостирования за счет жизнедеятельности микроорганизмов и теряется за счет испарения. В случае применения принудительной аэрации потери воды могут быть значительны, кроме того, в летнее время поверхностный слой буртов компостированных материалов пересыхает, поэтому для стимулирования биотермического процесса рекомендуется поливать водой или (если предусмотрено технологией) жидким навозом, навозными стоками.

Кислотность

Микробиологические процессы компостирования проходят в широком диапазоне реакции среды (рН от 5,5 до 7,8). При кислотности, близкой к нейтральной, микроорганизмы развиваются более активно.

Отношение углерода к азоту

Важным показателем, влияющим на интенсивность прохождения процесса компостирования, является соотношение углерода и азота. Излишнее содержание в компостной смеси безазотистых органических соединений замедляет ее разложение, а избыток азота приводит к аммонизации смесей и к потерям аммиачного азота. Наиболее благоприятное для интенсивного протекания микробиологических процессов соотношение C/N составляет 25. При производстве компостов, содержащих большое количество углерода (опилки, древесная кора, лигнин), содержание азота можно компенсировать внесением 0,5-1 % азотных удобрений, что приводит к ускорению процесса компостирования. Достижение C/N=25 можно обеспечить внесением инокуляма (определенной микробной популяции) за счет азотфиксации. C/N=20-40 близко к оптимуму. При соотношении C/N < 20-40 увеличиваются потери NH₃ за счет эмиссии, что экономически невыгодно. При C/N > 30 снижаются потери азота и замедляются биоконверсионные процессы, если в системе нет соответствующих микроорганизмов (азотфиксаторов) и нет фосфатов. При этом для навоза КРС это особенно четко выражено. Для навоза свиней эмиссия NH₃ практически не зависит от соотношения C/N. Это объясняется, очевидно, микробиологическим составом свиного навоза и, в частности, наличием азотфиксаторов: р.р. *Bacillus*, *Micrococcus*, *Arthrobacter*.

Дисперсность частиц

Чем меньше размер частиц органических отходов, тем больше удельная поверхность, открытая для микроорганизмов, что теоретически должно обеспечивать большую скорость процесса. Однако очень маленькие частицы упаковываются очень плотно. Это ограничивает диффузию кислорода в объем и диффузию диоксида углерода из объема, что снижает скорость процесса.

Плотность смеси является показателем наличия в ней воздуха и, следовательно, кислорода. Чем рыхлее укладка, тем лучше условия для ее аэрации. При плотности более 0,8 т/м³ доступ воздуха (кислорода) затрудняется и микробиологические процессы затухают. При высоте укладки компоста более

2,5 м происходит уплотнение нижнего слоя, при котором микробиологические процессы приостанавливаются.

Равномерность смешивания

На качество и интенсивность протекания биотермического процесса существенно влияет однородность смешивания. При наличии в бурте «очагов» из навоза (помета) и влагопоглощающего материала микробиологические процессы протекают только в зоне контакта компонентов, а основная масса навоза находится в анаэробном состоянии.

Температура

Наиболее активно микробиологические процессы протекают при положительной температуре окружающей среды. При устойчивых минусовых температурах потеря тепла из штабеля превышает выделение тепла в результате микробиологических процессов. Процесс компостирования затухает и прекращается, смесь замерзает и консервируется. Для протекания процесса компостирования в зимнее время бурты необходимо покрывать слоем соломы или торфа толщиной 20-30 см, что, как правило, экономически не выгодно. Поэтому наиболее рациональным приемом при работе в зимнее время является накопление смеси в одном штабеле максимально возможной высоты. С наступлением положительных температур, после оттаивания, смесь зимнего приготовления перебивается и рыхло укладывается в бурты для прохождения биотермического процесса.

Аэрация

Кислород необходим для метаболизма аэробных микроорганизмов, участвующих в компостировании. Кроме того, поток воздуха удаляет диоксид углерода и воду, образующиеся в процессе жизнедеятельности микроорганизмов, а также отводит теплоту благодаря испарительному теплопереносу.

Потребность в кислороде меняется в течение процесса: она низкая в мезофильной стадии, возрастает до максимума в термофильной стадии и падает до нуля за время остывания и созревания. Для обеспечения нормальных условий поступления воздуха в компостируемую смесь она должна быть рыхло уложена в бурты трапецевидной формы высотой от 1,5 до 2 м, шириной в основании от 2,5-3 м до 6 м.

Добавки

Для увеличения скорости компостирования применяются различные химические, растительные и бактериальные добавки. Так как в древесном материале азота содержится немного, отношение углерода к азоту (C / N) составляет 100-400 и более. Поэтому для сбалансирования режима питания микроорганизмов, участвующих в разложении древесных остатков, необходимо добавление минерального источника азота.

C / N опилок лиственных пород примерно 300 (C – 48 %, N – 0,16 %).
Количество необходимой добавки источника азота рассчитаем по формуле

$$K = (C_1 + C_2) / (N_1 + N_2), \quad (1)$$

где K – отношение C / N в компостируемой смеси, C_1 , C_2 и N_1 , N_2 – содержание углерода и азота соответственно в древесном материале и добавке.

Для ускорения ферментации необходимо уменьшить соотношение C/N добавкой птичьего помета, навоза или других видов богатых азотом органических удобрений, а также минеральных форм азота.

Наиболее оптимальным соотношением C / N в исходной смеси является 25:1. Анаболические процессы, или конструктивный (строительный) метаболизм, связаны главным образом с источниками углерода и азота, которые могут быть в органической и неорганической форме, тогда как все другие элементы микроорганизмы получают в виде минеральных солей. Соотношение $C : N$ в биомассе бактерий 5 : 1, а в среде оптимальное соотношение должно быть 25 : 1, так как 1/5 часть углерода включается в вещества клеток, а 4/5 расходуется на энергетические нужды. Источником углерода служат CO_2 и (или) органические соединения. В качестве источников азота выступают белки, пептиды, аминокислоты, нитраты, аммонийные соединения и молекулярный азот.

Зная содержание углерода C_1 и азота N_1 в древесном материале, можно рассчитать необходимое количество добавки. Например, в 1 т коры ели содержится 450 кг углерода (C) и 4,2 кг азота (N). Для получения компостируемой смеси с соотношением C / N , равным 25, необходимо добавление сухого птичьего помета в следующем количестве:

$$25 = (450 + C_2Y)/(4,2 + N_2Y),$$

где C_2 и N_2 – содержание углерода и азота в птичьем помете, Y – необходимое количество помета.

Так как в сухом помете содержится 3,78 % азота, а соотношение C / N равно 7, то $C = 7 \cdot 3,78 = 26,46$ % , следовательно,

$$25 = \frac{450 + 26,46 \% Y}{4,2 + 3,78 \% Y}, \text{ тогда } Y = 507 \text{ кг.}$$

Таким образом, на 1 т еловой коры необходимо 507 кг сухого птичьего помета или 19,16 кг в минеральной форме азота ($507 \cdot 3,78 : 100 = 19,16$).

Часто добавляют мочевины к органическому материалу для компенсации недостающего количества азота. Мочевина при компостировании гидролизуеться, образуя аммиак. При этом отпадает необходимость внесения извести для нейтрализации кислотности древесных остатков (РН смеси должна быть 6,0-7,0).

Для получения высококачественного компоста, сбалансированного по элементам питания, а также для интенсификации микробиологических процессов и уменьшения потерь аммиачного азота, вводятся различные фосфаты. Введение фосфатов способствует связыванию аммиачных форм в компосте, кроме того, добавки фосфатов снижают потери органического вещества. Фосфаты активизируют процессы биотермии и гумификации смеси.

Во всех случаях вносится фосфорное удобрение в виде двойного суперфосфата в расчете 30-40 кг на 100 кг мочевины.

Начало термофильной стадии можно ускорить возвращением некоторого количества готового компоста в систему (10–20 % к объему исходного материала), в котором находится ассоциация микроорганизмов, принимавших участие в ферментации органических остатков и образовании гумусовых соединений из продуктов разложения.

Скорость ферментации компостируемого материала можно значительно увеличить путем внесения компостной закваски, состоящей из различных групп и видов микроорганизмов с высокой ферментативной активностью. Так, при изготовлении компостов из древесных остатков рекомендуют вносить активные культуры лигнолитических микроорганизмов, способных к утилизации целлюлозно-лигнинового материала, а также и к деградации вредных для растений фенольных соединений.

Микробиологические аспекты компостирования

Компостирование представляет собой динамический микробный процесс, протекающий благодаря активности сообщества микроорганизмов различных групп. В процессе компостирования принимают участие более 2000 видов бактерий и около 50 видов грибов. Среди них встречаются психрофилы (оптимальная температура роста до 20 °С), мезофилы (от 20 до 40 °С) и термофилы (свыше 40 °С). На последней стадии компостирования преобладают, как правило, мезофилы. За время протекания процесса компостирования численность и видовой состав микроорганизмов меняется. В процессе деструкции растительных субстратов различного происхождения сохраняются основные закономерности сукцессии микроорганизмов: возрастание олиготрофности, усложнение состава ассоциации организмов и расширение субстратной специфичности видов. В начале процесса компостирования преобладают аэробные термофильные бактерии, на последующих стадиях численность их падает и увеличивается популяция актиномицетов, так как скорость роста их намного меньше, чем бактерий и грибов. Актиномицеты хорошо видны на последней стадии компостирования, образуя налет белого или серого цвета. Грибы играют важную роль в деструкции целлюлозы, гемицеллюлозы и лигнина. Поэтому состояние компостируемой массы должно регулироваться таким образом, чтобы оптимизировать активность этих групп микроорганизмов. Одним из основных факторов, регулирующих развитие грибов, является температура, так как грибы погибают, если она поднимается выше 55 °С. После понижения температуры они вновь распространяются из более холодных зон по всему объему.

После того как достигнут максимум температуры, компост, остывая, становится доступным для простейших (одноклеточные организмы) и почвенных животных. Простейшие, потребляя микроорганизмы, регулируют их численность. Почвенные животные вносят большой вклад в переработку

компостируемого материала благодаря его физическому дроблению, увеличивая его удельную поверхность.

Основные этапы технологии производства компоста

Существует много вариантов технологий производства компостов из древесного материала. Все они сводятся к следующим основным этапам.

1. Измельчение древесных остатков.
2. Внесение навоза, птичьего помета, активного ила и других органических веществ, обогащенных комплексом непатогенных микроорганизмов (микробиологической закваски).
3. Внесение минеральных добавок.
4. Отсыпка в штабеля.
5. Компостирование в течение 3-6 месяцев с периодическим перемешиванием.
6. Отгрузка готового компоста потребителям.

Способы компостирования

Хотя компостирование – естественно происходящий биологический процесс, степень контроля над системой может различаться от простейшего метода периодического переворачивания кучи или бурта до более сложных закрытых процессов в установках с механическим перемешиванием и контролем запахов.

Существуют множество способов компостирования, к основным относятся: компостирование в аэрируемой неподвижной куче, компостирование в буртах, компостирование в установках (аппаратах).

Выбор технологической схемы производства компостов зависит от объемов производства, размеров животноводческих или птицеводческих предприятий, природно-климатических условий. Определяющими факторами являются экономические показатели, характеризующие стоимость производства органических удобрений, их качество, и экологические факторы.

Компостирование в аэрируемой неподвижной куче

Из компостной смеси формируются кучи высотой 2-2,5 м. Под кучей укладываются перфорированные воздушные трубы. Система аэрации состоит из воздуходувки, перфорированных и закрытых труб и системы контроля запахов. Для небольших объемов насыпают одиночные кучи. Для больших объемов длинную кучу разделяют на секции по дням компостирования.

Когда используется метод неподвижной аэрируемой кучи, смесь остается в куче в течение активного периода компостирования. После этого кучи разрушают, компост переносится на площадку созревания для дальнейшей стабилизации.

Компостирование в аэрируемой неподвижной куче изначально было разработано для открытых площадок. Однако большинство построенных в последние 5 лет установок – крытые. Из-за местных специфических окружающих условий (запахи, риск здоровью) многие установки по компостированию в неподвижной куче являются полностью закрытыми.

Компостирование в буртах

При компостировании в буртах из смеси формируют длинные параллельные кучи, трапециевидные или треугольные в поперечном сечении. Затем смесь периодически переворачивается фронтальным погрузчиком или специальной переворачивающей машиной. Цель переворачивания – доставить воздух к компосту, удалить влагу, разрыхлить материал для улучшения движения воздуха через бурт.

Аэрируемые бурты сооружаются над воздушными каналами, чтобы предотвратить разрушение воздушных трубопроводов переворачивающими машинами. Аэрируемые бурты также периодически переворачивают. Комбинация напорной аэрации и переворачивания позволяет достичь максимальной скорости компостирования и удаления влаги. Переворачивание создает новые поверхности между частицами в смеси.

Компостирование в буртах проводится на открытых или закрытых площадках. По сравнению с другими системами компостирования, компостирование в буртах требует много места, в основном из-за геометрии кучи и пространства между буртами и около их концов для маневрирования переворачивающей машины.

Компостирование в установках (аппаратах)

По сравнению с компостированием в неподвижных кучах и в буртах данный способ позволяет получить более стабилизированный и однородный продукт, он требует меньших площадей и обеспечивает лучшую герметичность и контроль запахов.

Компостную смесь перемешивают и помещают в один аэрируемый реактор или несколько для компостирования. После этого продукт выгружается из реактора для созревания и предпродажного хранения.

В конструкции и работе установок для компостирования главными компонентами являются технические узлы, осуществляющие контроль над поступлением и перемещением грузов. Компостирование в реакторе и перемещение материалов может осуществляться конвейерами. Предприятия, использующие данную систему, сильно механизированы, однако данная технология не требует высокой степени автоматизации.

Определение зрелости компоста

Под зрелостью компоста следует понимать окончание ферментации древесных остатков, т. е. органо-химическое состояние компоста, определяемое наличием или отсутствием фитотоксичных органических кислот. Ее можно определить визуально по следующим признакам:

1. Снижение температуры всей массы в штабеле.
2. Почернение древесных остатков.
3. Отсутствие запаха, характерного для древесины, опилок и др.
4. Появление запаха лесного перегноя.
5. Исчезновение неприятного запаха добавлявшегося помета или навоза.

б. Мягкая текстура древесных частиц или волокна и легкая ломкость обломков древесины и коры.

В процессе компостирования интенсивно разлагаются, прежде всего, углеродсодержащие соединения, такие, как целлюлоза, гемицеллюлоза, лигнин, смола, воск и жиры, составляющие основную массу древесных остатков. В результате количество углерода убывает быстрее, чем азотистых соединений, что и приводит к уменьшению соотношения C / N. В связи с этим в химической лаборатории целесообразно определить содержание углерода и азота. Согласно международным стандартам, компосты с емкостью поглощения обменных катионов более 80 мг-экв на 100 г относятся к категории высокого качества; при 80-70 мг-экв относятся к категории 1-го класса, ниже 70 мг-экв компост считается 2-го класса.

Одним из наиболее объективных способов оценки фитотоксичности, т. е. степени зрелости компостов является проращивание семян различных растений, например, кресс-салата (*Lepidium sativum*), салата-латука (*Lactuca sativa*), горчицы белой (*Sinapis alba*), редиса красного (*Rhaphanus sativus*) и др. Основным требованием к тест-объекту является быстрый рост и чувствительность к токсичным элементам. Необходимость проведения тестов объясняется разнообразием органических соединений, совместно действующих на растения. Косвенные формы учета, такие, как концентрация основных токсикантов, не могут дать точного определения токсичности удобрения для растений. Зрелый компост не токсичен.

Готовые компосты должны отвечать следующим требованиям: иметь комковатую структуру с размером частиц не более 6 см; влажность 50-70 %; иметь рН близкий к нейтральной среде; содержание органического вещества не менее 50 %; соотношение C / N = 25-30.

Правила приемки компоста

Изготовитель компоста должен систематически проводить испытания качества каждой партии произведенного компоста путем анализа средней пробы. Партией считается любое количество однородного по показателям качества компоста, уложенного в один бург и оформленного одним удостоверением о качестве. В удостоверении должны быть указаны наименование организации, в систему которой входит предприятие-изготовитель, номер партии, масса нетто партии, дата укладки компоста в бург, номер удостоверения о качестве, номер ТУ, дата выдачи удостоверения о качестве, данные анализа: влажность, общее содержание фосфора и угол естественного откоса, рН, содержание азота общего, аммонийного и нитратного, калия и золы.

Нормы внесения компоста для удобрения сельскохозяйственных культур определяются с учетом содержания в нем питательных веществ.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Приготовить компост из растительных остатков и отходов животноводства с добавлением азотных удобрений согласно варианту (табл. 1).

Таблица 1. Варианты задания

Номер варианта	Растительные отходы	Кол-во, т	Отходы животноводства	Кол-во отходов жив-ва, т	Азотные удобрения	C/N
1	Опилки лиственницы	1	Птичий помет	0,35	Мочевина	40
2	Кора пихты	2	Птичий помет	0,17	Сульфат аммония	35
3	Листовой опад	3	Навоз КРС	0,65	Мочевина	40
4	Солома пшеницы	1	Свиной навоз	0,26	Аммиачная селитра	35
5	Торф верховой	1	Навоз КРС	0,45	Сульфат аммония	40
6	Опилки пихты	1	Птичий помет	0,30	Мочевина	35
7	Торф переходный	2,5	Свиной навоз	0,55	Аммиачная селитра	20
8	Кукурузная ботва	2	Птичий помет	0,12	Мочевина	30
9	Опилки ели	2	Птичий помет	0,40	Аммиачная селитра	35
10	Кора ели	1	Конский навоз	0,35	Мочевина	40

- 1.1. Сделать расчет влажности отходов животноводства. Данные для расчета представлены в табл. 2.

Таблица 2. Навески отходов животноводства для определения влажности

Вес бюкса (г)	Номер варианта									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Пустой бюкса	15,103	13,354	15,536	15,601	14,890	17,396	16,337	18,086	14,374	14,182
Бюкс с влажной навеской	16,640	15,412	16,673	17,033	16,386	18,963	18,429	20,356	15,224	15,973
Бюкс с сухой навеской	15,913	15,057	16,214	16,351	15,674	18,317	17,573	19,978	15,082	15,236

Определение влажности отходов животноводства: $W \% = \frac{(A - B) \cdot 100}{(B - C)}$,

где А – вес бюкса с влажной навеской; В – вес бюкса с высушенной навеской; С – вес пустого почвенного бюкса.

2. Определить необходимое количество минерального азота для приготовления компоста высокого качества по формуле (1) согласно варианту задания. Данные в табл. 3 и 4.
3. Выбрать один из методов (способов) компостирования предложенных данных методических указаниях.
4. Описать условия компостирования.
5. Ответить на вопросы дополнительного задания (согласно варианту).

Таблица 3. Содержание азота в отходах животноводства и минеральных удобрениях

Отходы животноводства	Влажность, %	Азот, %	Вес удобрений, сод. 1кг азота, кг	C/N
Птичий помет	20	3,78		7
Птичий помет	70	1,26		9
Птичий помет	90	0,7		10
Навоз КРС	70	0,56		16
Навоз КРС	90	0,26		18
Конский навоз	70	1,5		19
Конский навоз	90	0,7		21
Свиной навоз	70	0,65		14
Свиной навоз	90	0,35		13
Азотные удобрения :				
мочевина		46,70	2,1	
сульфат аммония		21,20	4,7	
аммиачная селитра		35,0	2,9	

Примечание: готовить компосты из навоза влажностью более 93 % нецелесообразно, так как затраты на применение такого компоста обычно не окупаются стоимостью дополнительного урожая.

Таблица 4. Содержание углерода и азота в различных органических остатках, %

Органические остатки	Углерод (С)	Азот (N)	C/ N
Опилки:			
лиственница	48,6	0,18	270
пихта	51,8	0,09	575
дуб	46,9	0,11	426
ель	49,2	0,19	258
Кора:			
лиственница	52,37	0,58	90
пихта	54,89	0,51	107
дуб	41,6	0,13	320
ель	45,0	0,42	107
Хвойные иглы	46,7	1,35	35
Солома пшеницы	45,0	0,5	90
Листовой опад	48,6	0,95	51
Остатки вейника	42,14	1,0	42
Ботва кукурузы	46,87	0,96	49
Торф:			
верховой	46,0	1,02	45,1
переходный	44,0	1,5	16,8
низовой	40,0	3,5	11,4

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Вариант 1

1. Какое количество сухого птичьего помета необходимо для приготовления компоста из 1 т опилок пихты?
2. Компостируемая смесь содержит 40 % углерода и 12 % азота. Пойдет ли процесс компостирования достаточно эффективно и почему?

Вариант 2

1. Какое количество сухого птичьего помета необходимо для приготовления компоста из 1 т опилок дуба?
2. На 1000 кг растительных отходов необходимо добавить 960 кг птичьего помета. Как можно сэкономить ценное азотное удобрение?

Вариант 3

1. Какое количество сухого птичьего помета необходимо для приготовления компоста из 1 т опилок ели?
2. Имеются остатки вейника. Пойдет ли процесс компостирования достаточно эффективно?

Вариант 4

1. Какое количество сухого птичьего помета необходимо для приготовления компоста из 1 т коры лиственницы?
2. Переходной торф содержит 44 % углерода и 1,5 % азота. Пойдет ли процесс компостирования без добавок и почему?

Вариант 5

1. Какое количество сухого птичьего помета необходимо для приготовления компоста из 1 т коры пихты?
2. Ботва гороха содержит 45,30 % углерода и 1,56 % азота. Пойдет ли процесс компостирования достаточно эффективно или необходимы добавки?

Вариант 6

1. Какое количество сухого птичьего помета необходимо для приготовления компоста из 1 т коры дуба?
2. Отходы рыбообработки содержат 8,81 % азота. Как их можно использовать?

Вариант 7

1. Какое количество сухого птичьего помета необходимо для приготовления компоста из 1 т опилок лиственницы?
2. Что лучше добавить к овощным отходам (азот – 5,09 %) для успешного компостирования?

Вариант 8

1. Какое количество сухого птичьего помета необходимо для приготовления компоста из 1 т соломы пшеницы?
2. Жмых содержит 6,8 % азота. Как лучше его использовать для компостирования?

Вариант 9

1. Какое количество сухого птичьего помета необходимо для приготовления компоста из 1 т листового опада?
2. Клевер содержит 43,15 % углерода и 2,34 % азота. Пойдет ли процесс компостирования достаточно эффективно и почему?

Вариант 10

1. Какое количество сухого птичьего помета необходимо для приготовления компоста из 1 т кукурузной ботвы?
2. Компостируемая масса содержит 40 % углерода и 3,5 % азота. Определите, что это? Пойдет ли процесс компостирования достаточно эффективно и почему?

СОСТАВ ОТЧЕТА

1. Цель работы.
2. Расчеты по влажности.
3. Расчеты необходимого количества минерального азота для приготовления компоста высокого качества.
4. Результаты выполнения заданий 2 и 3.
5. Выводы.
6. Расчеты и ответы на вопросы из дополнительного задания.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Цель компостирования.
2. Что можно компостировать? Какие отходы компостируют на Дальнем Востоке?
3. Задачи компостирования.
4. Что такое процесс компостирования? Это аэробный или анаэробный процесс?
5. Почему при компостировании поднимается температура?
6. В каких режимах протекает компостирование?
7. Назовите конечный продукт компостирования.
8. Содержит ли компост микроорганизмы?
9. Основные принципы компостирования.
10. Перечислите основные условия компостирования.
11. Какая должна соблюдаться влажность компостируемого материала и почему?
12. Какое значение рН должно быть при компостировании и почему?
13. Какое отношение С/Н требуется для получения компоста? Объясните механизм.
14. Что преобладает в опилках, коре и других древесных остатках, углерод или азот?
15. Какие должны быть размеры компостной кучи, бурта?
16. Зачем нужна перебивка бурта, кучи?
17. Роль микроорганизмов в компостировании.
18. Что такое микробная закваска? Зачем ее добавляют при компостировании отходов?
19. Почему из удобрений чаще добавляют для компостирования мочевины? Как уменьшить потери аммиака из компостной кучи?
20. Назовите стадии компостирования. Какие микроорганизмы начинают процесс компостирования?
21. Роль почвенных животных в процессе компостирования.
22. Перечислите способы компостирования, назовите достоинства и недостатки каждого способа.
23. Что такое зрелый компост, как определить? Перечислите показатели готового компоста.
24. Что такое фитоконтроль?
25. Правила приемки готового компоста.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Архипченко И. А. Оптимизация процесса компостирования и влияние биокомпостов на урожай / И. А. Архипченко, О. В. Орлова // *Агрехимический вестник*. – 2001. – № 5. – С. 22-24.
2. Ванюшина А. Я. Тесты на фитотоксичность как критерий зрелости компостов на основе осадка сточных вод / А. Я. Ванюшина, М. Н. Козлов, В. В. Кутепов // *Экологические и технологические вопросы производства и использования органоминеральных удобрений на основе осадков городских сточных вод и твердых бытовых отходов : материалы междунар. симпоз.* – М. : РАСХН, ВНИПТИОУ, 2004. – С. 85-91.
3. Данилович Д. А. Технологические решения по получению высококачественных компостов из сброженных осадков московских станций аэрации / Д. А. Данилович, В. А. Мухин, М. Н. Козлов, А. Я. Ванюшина, В. В. Кутепов // *Экологические и технологические вопросы производства и использования органоминеральных удобрений на основе осадков городских сточных вод и твердых бытовых отходов : материалы междунар. симпоз.* – М. : РАСХН, ВНИПТИОУ, 2004. – С. 60-68.
4. Медведева С. А. Биодegradация гидролизного лигнина микробной ассоциацией / С. А. Медведева, Е. Л. Имранова, И. В. Волчатова, Тен Хак Мун // *Сибирский экологический журнал*. – 2004. – № 2. – С. 167-172.
5. Никольский К. С. Твердые промышленные и бытовые органические отходы. Их свойства и переработка / К. С. Никольский, А. Н. Сачков. – М., 2006. – 115 с.
6. Никольский К. С. Особенности переработки целлюлозосодержащих органогенных материалов способом экологической биотехнологии и получения компостов для сельскохозяйственных товаропроизводителей / К. С. Никольский, В. В. Рябков // *сб. науч. тр. ВНИПТИОУ.* – М. ; Владимир, 1999. – Вып. 2. – С. 60-66.
7. Тен Хак Мун Влияние компостной закваски на ускорение компостирования органических веществ / Тен Хак Мун, Чень Вань Хен, Е. Л. Имранова, О. А. Кириенко, Г. Н. Ганин // *Агрехимия*. – 2004. – № 2. – С. 1-4.
8. Экологическая биотехнология / под ред. К. Ф. Форстера, А. А. Дж. Вейза. – Л. : Химия. Ленингр. отд-ние, 1990. – 397 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Общие сведения.....	3
Порядок выполнения работы.....	12
Вопросы для самостоятельной работы	14
Состав отчета.....	16
Контрольные вопросы.....	16
Библиографический список.....	17