Изображение Государственного Герба Республики Казахстан

**НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН**

**Отходы**

**Утилизация, рециркуляция, очистка и удаление ила**

**ПОЛЕЗНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ ТВЕРДЫХ ВЕЩЕСТВ ПУТЕМ ИХ ВНЕСЕНИЯ В ПОЧВУ**

**СТ РК ISO 19698**

*(ISO 19698:2020 Sludge recovery, recycling, treatment and disposal — Beneficial use of biosolids — Land application, IDT)*

*Настоящий проект стандарта*

*не подлежит применению до его утверждения*

**Комитет технического регулирования и метрологии**

**Министерства торговли и интеграции Республики Казахстан**

**(Госстандарт)**

**Астана**

**Предисловие**

**1 ПОДГОТОВЛЕН И ВНЕСЕН** ТОО «НТП Kazecotech»

**2 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ** Приказом Председателя Комитета технического регулирования и метрологии Министерства торговли и интеграции Республики Казахстан № \_\_\_ от «\_\_» \_\_\_\_\_\_\_ 2023 года

**3** Настоящий стандарт идентичен международному стандарту ISO 19698:2020 Sludge recovery, recycling, treatment and disposal — Beneficial use of biosolids — Land application (Отходы. Утилизация, рециркуляция, очистка и удаление ила. Полезное использование биологических твердых веществ путем их внесения в почву).

Международный стандарт ISO 19698:2020 разработан Техническим комитетом ISO/TC 275 «Извлечение, рециркуляция, обработка и утилизация осадка»

Перевод с английского языка (en)

Официальный экземпляр международного стандарта, на основе которого разработан настоящий стандарт, и официальные экземпляры международных стандартов, на которые даны ссылки, имеются в Едином государственном фонде нормативных технических документов

В разделе «Нормативные ссылки» и тексте стандарта ссылочные международные стандарты актуализированы

Сведения о соответствии национальных (межгосударственных) стандартов ссылочным международным стандартам, приведены в дополнительном Приложении B.А

Степень соответствия – идентичная (IDT)

**4 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ**

*Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодно издаваемом информационном каталоге «Документы по стандартизации», а текст изменений и поправок – в периодически издаваемых информационных каталогах «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в периодически издаваемом информационном каталоге «Национальные стандарты»*

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Комитета технического регулирования и метрологии Министерства торговли и интеграции Республики Казахстан

Содержание

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | Введение | IV |
| 1 | Область применения | 1 |
| 2 | Нормативные ссылки | 1 |
| 3 | Термины, определения и обозначения | 2 |
| 4 | Сущность метода | 3 |
| 5 | Отбор проб и хранение | 4 |
| 6 | Реагенты и оборудование | 4 |
| 7 | Проведение испытаний | 6 |
| 8 | Выражение результатов | 8 |
| 9 | Протокол испытаний | 11 |
|  | Приложение А *(информационное)* Извлечение общего количества углерода осаждением карбоната кальция | 12 |
|  | Приложение В *(информационное)* Извлечение общего количества углерода: подсчет поглощения | 15 |
|  | Приложение C *(информационное)* Внутренний стандартный метод | 18 |
|  | Приложение D *(информационное)* Численные приложения | 20 |
|  | Библиография | 21 |
|  | Приложении B.А *(информационное)* Сведения о соответствии национальных (межгосударственных) стандартов ссылочным международным стандартам | 23 |

Введение

Биотвердые вещества – это материалы на органической основе из промышленного или коммунального шлама и продуктов, полученных из муниципальных биотвердых веществ, в виде твердых веществ, полутвердых смесей, полужидкостей и жидкостей, которые были обработаны в соответствии с применимыми стандартами, руководящими принципами или требованиями, включая снижение количества патогенов, привлечение переносчиков и критерии загрязнения.

Наземное применение биосолидов, которое считается комплексным подходом к устойчивому управлению этим ресурсом, может быть полезным во многих отношениях, таких как:

— увеличение содержания органического вещества в почве;

— повышение биологической активности почвы;

— снижение насыпной плотности почвы и улучшение ее пористости;

— повышение скорости инфильтрации воды, водоудерживающей способности и предотвращение эрозии;

— повышение стабильности почвенного агрегата;

— увеличение способности к катионообмену, что может привести к снижению частоты внесения удобрений;

— повышение рН почвы;

— обеспечение почвы дополнительными питательными веществами для роста растений;

— извлечение фосфора из городской и промышленной среды;

— обеспечение потенциала для связывания углерода в почве; и

— сокращение использования минеральных удобрений и связанных с ними выбросов парниковых газов (ПГ), связанных с производством и применением минеральных удобрений.

Настоящий стандарт не устанавливает приоритеты и не предлагает иерархию между различными вариантами выгодного использования, но направлен на выявление и учет различных критериев, которые можно было бы учитывать при разработке устойчивой и экологически успешной программы землепользования. Эти критерии включают характер процесса обработки, выбор подходящего места нанесения, метод нанесения, норму расхода и установление защитных барьеров или препятствий для экологически и социально уязвимых зон, таких как поверхностные воды и жилые дома.

Контроль за вредными веществами, запахом и потенциальным риском для здоровья человека, животных и окружающей среды являются важными составляющими любой стратегии полезного использования. С ними можно справиться, используя такие инструменты, как точечный контроль источников, соответствующие методы обработки и ограничения в землепользовании.

Применение настоящего стандарта предполагает осведомленность о применимых правовых требованиях.

**НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН**

**Отходы**

**Утилизация, рециркуляция, очистка и удаление ила**

**ПОЛЕЗНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ ТВЕРДЫХ ВЕЩЕСТВ ПУТЕМ ИХ ВНЕСЕНИЯ В ПОЧВУ**

**Дата введения \_\_-\_\_-\_\_\_\_\_**

**1 Область применения**

Настоящий стандарт устанавливает рекомендации по условиям полезного использования биотвердых веществ, полученных из промышленных и коммунальных отходов, и продуктов, полученных из биотвердых веществ (например, компостов, питательных сред), при производстве пищевых и кормовых культур, энергетических культур, лесных культур и для восстановления нарушенных участков.

Настоящий стандарт распространяется на биотвердые вещества для наземного применения и включает биотвердые вещества, образующиеся при очистке сточных вод (сточные, промышленные и частные системы на месте).

Настоящий стандарт не распространяется на опасный осадок, образующийся из сточных вод, который в силу своей природы, физических, химических или инфекционных свойств потенциально опасен для здоровья человека и/или окружающей среды при использовании, обращении, хранении или транспортировке и который требует специальных методов удаления для устранения или уменьшения опасности.

Настоящий стандарт включает в себя:

— общие рекомендации по наземному применению биотвердых веществ и продуктов, полученных из биотвердых веществ;

— конкретные рекомендации по внесению в почву биотвердых веществ и продуктов, полученных из биотвердых веществ, для производства пищевых и кормовых культур, а также для производства непищевых и некормовых культур (например, садоводство, волокно для биомассы, лесоводство и т.д.); и

– конкретные рекомендации по внесению в почву биотвердых веществ и продуктов, полученных из биотвердых веществ для других полезных целей (например, мелиорации или реабилитации земель).

**2 Нормативные ссылки**

В настоящем стандарте отсутствуют нормативные ссылки.

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применяются (используются) следующие термины с соответствующими определениями:

ISO и IEC поддерживают терминологические базы данных для использования в стандартизации по адресам:

- Платформа просмотра ISO в Интернете: доступна по адресу http://www.iso.org/obp.

- IEC Electropedia: доступно на <http://www.electropedia.org/>

3.1 Биотвердые вещества, стабилизированные щелочью (alkaline stabilized biosolids): Биотвердые вещества или нетоксичный осадок, прошедший щелочную обработку для удовлетворения особых требований по снижению количества патогенов и привлечению переносчиков.

3.2 Щелочная обработка (alkaline treatment): Процесс, при котором биотвердые вещества или нетоксичный осадок смешиваются со щелочными добавками для улучшения стабилизации твердых частиц сточных вод путем повышения рН биотвердых веществ до 12 или выше в течение минимального периода времени.

3.3 Партия (batch): Определенное количество материала, изготовленного или производимой в условиях, которые считаются однородными.

3.4 Биоценоз (biocenosis): Сообщество биологически интегрированных и взаимозависимых растений и животных.

3.5 Биотвердые вещества (biosolids): Материалы на органической основе из осадка промышленных или муниципальных сточных вод и продуктов их переработки в виде твердых, полутвердых, полужидких (пастообразных) и жидких сред, которые были обработаны в соответствии с конкретными стандартами, руководящими принципами или требованиями, включая снижение количества патогенов, привлечение переносчиков и критерии загрязнения.

3.6 Способность к катионообмену (cation exchange capacity): Мера способности почвы удерживать положительно заряженные ионы (катионы).

3.7 Компост (compost): Органическое средство для улучшения почвы, получаемое путем разложения смеси, состоящей в основном из различных растительных остатков, иногда с органическими материалами животного происхождения и имеющей ограниченное содержание минералов.

[Взято из ISO 8157:2015, 2.2.8.6]

3.8 Компостирование (composting): Естественный аэробный биологический процесс, осуществляемый в контролируемых условиях, который превращает органический материал в стабильный гумусоподобный продукт.

Примечание – В процессе компостирования различные микроорганизмы, включая бактерии и грибы, расщепляют органический материал на более простые вещества.

3.9 Загрязнитель (contaminant): Биологическое, химическое, физическое или радиологическое вещество, попадающее в окружающую среду из антропогенных источников, которое в достаточной концентрации может оказывать неблагоприятное воздействие на живые организмы через воздух, воду, почву и/или пищевые продукты.

3.10 Обезвоженные биотвердые вещества (dewatered biosolids): Биотвердые вещества, в которых содержание воды было уменьшено с получением пастообразных биотвердых веществ или твердых биотвердых веществ с использованием одной или нескольких технологий, обычно естественным или механическим способом.

Примечание – Эти виды обработки приводят к получению биотвердых веществ, механические характеристики которых позволяют хранить их в куче на высоте не менее 1 м. В качестве показателя можно отметить, что полученная сухость обычно находится в диапазоне от 15 до 40 % (влажная масса).

3.11 Постороннее вещество (foreign matter): Материал антропогенного происхождения в отличие от природных объектов, таких как песок, камни и древесные волокна.

*Пример* – Пластик, стекло, металл, мелкий/крупный или острый мусор.

3.12 Промышленный ил (industrial sludge): Смесь воды и твердых частиц, выделенная из различных типов промышленных сточных вод (например, предприятий пищевой промышленности) в результате естественных или искусственных процессов и соответствующая определенным стандартам, руководящим принципам или требованиям, включая снижение содержания патогенов, привлечение переносчиков и критерии загрязнения.

3.13 Минерализация (mineralization): Заключительная стадия биодеградации органического вещества или органической субстанции в углекислый газ, воду и гидриды, оксиды и другие минеральные соли.

[Взято из ISO 11074:2015, 3.3.19]

3.14 Мезофильное анаэробное сбраживание (mesophilic anaerobic digestion): Биологическое преобразование органического вещества в биогаз и остаточные твердые вещества при температурах от 20 до 40°C, обычно 37°C, со средним временем выдержки от 15 до 30 дней.

3.15 Питательный микроэлемент (micronutrient): Элементы, такие как бор, марганец, железо, цинк, медь, молибден, кобальт и/или хлор, которые в относительно небольших количествах необходимы для роста растений.

[Взято из ISO 8157:2015, 2.1.3.3, изменено — Примечание 1 к записи было удалено]

3.16 Муниципальные биотвердые вещества (municipal biosolids): Биотвердые вещества, полученные из муниципального осадка, который был обработан в соответствии с действующими стандартами, руководящими принципами или требованиями, включая снижение количества патогенов и привлечение переносчиков.

3.17 Городской ил (municipal sludge): Смесь воды и нестабилизированных твердых частиц, выделяющаяся из различных типов городских сточных вод в результате естественных или искусственных процессов.

3.18 Органическое вещество (organic matter): Вещество, состоящее из растительных и/или животных органических материалов, и продукты преобразования этих материалов.

[Взято из ISO 11074:2015, 2.1.8]

3.19 Органическое соединение (organic compound): Любое из большого класса химических соединений, в котором один или несколько атомов углерода ковалентно связаны с атомами других элементов, чаще всего водорода, кислорода или азота.

3.20 Питательное вещество для растений (plant nutrient): Химический элемент, необходимый для роста растений.

[Взято из ISO 8157:2015, 2.1.2]

3.21 Образец (sample): Части определенного сыпучего продукта, взятый с целью определения характеристик.

[Взято из ISO 14488:2007, 3.8]

3.22 Буферный барьер (setback buffer): Определенное расстояние, иногда основанное на оценке риска, которое обеспечивает защиту чувствительных к окружающей среде объектов, таких как люди и вода.

3.23 Осадок (sludge mixture): Смесь воды и твердых частиц, образующаяся из различных типов сточных вод при естественной и искусственной очистке.

3.24 Коэффициент адсорбции натрия (sodium adsorption ratio): Показатель количества натрия (Na) по отношению к кальцию (Ca) и магнию (Mg) в водном экстракте из насыщенной почвенной пасты.

3.25 Качество почвы (soil quality): Все текущие положительные или отрицательные свойства в отношении использования почвы и функций почвы.

[Взято из ISO 11074:2015, 2.1.15]

3.26 Заинтересованная сторона (stakeholder): Лицо или организация, которые могут влиять, подвергаться влиянию или считают себя затронутыми решением или деятельностью.

[Взято из ISO 28007-1:2015, 3.6, изменено — Примечание 1 к записи было удалено.]

3.27 Термофильное анаэробное сбраживание (thermophilic anaerobic digestion): Биологическое преобразование органического вещества в биогаз и остаточные твердые вещества, которое происходит при температуре от 49 до 57°C.

3.28 Общий органический углерод, ТОС (total organic carbon): Количество углерода, содержащегося в органическом соединении.

3.29 Микроэлемент (trace element): Элемент, присутствующий в очень низких концентрациях.

3.30 Переносчик (vector): Живой организм, способный передавать патоген от одного организма к другому либо механически (путем простой транспортировки патогена), либо биологически, играя определенную роль в жизненном цикле патогена.

[Взято из EPA/625/R–92/013, пересмотрено в июле 2003 г.: Борьба с патогенами и переносчиками инфекции в осадке сточных вод]

3.31 Уменьшение векторного притяжения (vector attraction reduction): Процессы обработки, которые стабилизируют и уменьшают запахи и другие аспекты биотвердых веществ, привлекающих мух, грызунов и других потенциальных переносчиков.

4 Преимущества наземного применения биосолидов

Наземное применение биотвердых веществ может быть полезным во многих отношениях, включая:

— добавление органического вещества в почву, которое может оказать положительное влияние на биологическую активность почвы, пористость почвы, насыпную плотность почвы, скорость проникновения почвенной воды, стабильность агрегатов и способность к катионообмену;

— увеличение содержания органического вещества в почве также может уменьшить эрозию почвы;

— потенциал для увеличения связывания углерода в почве при одновременном снижении расхода химических удобрений и выбросов парниковых газов при их производстве (см. приложение А); и

— ответственное использование основных макро- и микроэлементов, которые в противном случае могли бы быть потрачены впустую.

Стабилизированные щелочью биотвердые вещества, в контексте многих положительных эффектов на почву, также могут быть экономичной и эффективной добавкой к почве для повышения рН кислых почв.

Использование биотвердых веществ должно пройти глобальную оценку с учетом различных факторов, чтобы обеспечить положительное воздействие на сельскохозяйственные культуры и почвы.

См. приложение В для получения дополнительной информации о преимуществах биотвердых веществ.

**5 Питательных веществ в биотвердых веществах**

**5.1 Общие положения**

Биотвердые вещества содержат органические вещества и питательные вещества для растений. Средние концентрации органического вещества и растительных макроэлементов в биотвердых веществах приведены в приложении С.

**5.2 Азот**

5.2.1 Общие положения

Растущим растениям требуется постоянный источник азота (N), который является важным компонентом белков, из которых строятся клетки и ткани растений. Это также необходимо для других функций растения.

Азот, вносимый в почву в виде минеральных удобрений, биотвердых веществ или других органических добавок, подвергается биохимическим и физическим процессам, которые формируют азотный цикл. Неорганические формы азота являются доступными для растений. Все формы азота могут присутствовать в почве в любой момент времени, главным образом потому, что азот легко переходит из одной формы в другую.

5.2.2 Содержание и доступность азота в биотвердых веществах

Содержание азота и его доступность в биотвердых веществах могут сильно варьироваться в зависимости от источника сточных вод и процесса очистки. Биотвердые вещества, получаемые из некоторых промышленных шламов, могут иметь высокое содержание азота, в то время как в других, таких как биотвердые вещества бумажных фабрик, все наоборот. Формы азота, которые могут присутствовать в биотвердых веществах, включают органический азот (т.е. азот, связанный в органических молекулах, таких как белки), нитрат (NO3–), нитрит (NO2–), аммиак (NH3) и аммоний (NH4+).

Поскольку растения могут усваивать только минеральный азот, основным фактором, определяющим питательную ценность биотвердых веществ, должна быть степень минерализации содержащегося в них органического азота. Степень минерализации азота частично зависит от процесса обработки осадка. Другие факторы, которые могут повлиять на доступность азота, присущи участкам внесения удобрений в почву, такие как:

— температура (воздуха и почвы);

— влажность;

— пористость почвы;

— рН и текстура;

— микробиологическая активность; и

— способ внесения в почву.

Следует также рассмотреть два основных механизма потери азота:

— улетучивание аммиака; и

— выщелачивание нитратов.

5.2.3 Определение нормы внесения биотвердых веществ в зависимости от содержания азота

Норма внесения биосолидов должна быть определена таким образом, чтобы обеспечить количество азота, необходимое для вегетации сельскохозяйственных культур, или в сценариях мелиорации, в соответствии с планом управления внесением биосолидов для достижения желаемого результата. Информацию о нормах внесения для проектов мелиорации смотрите в 14.6. Какой бы ни была цель проекта, следует проявлять особую осторожность, чтобы свести к минимуму или регулировать количество азота, которое может вымываться ниже корневой зоны культуры или через почву в грунтовые воды. Особенности, связанные с управлением азотом на сельскохозяйственных и несельскохозяйственных землях, более подробно рассматриваются в 8.2.2 и 14.6.2.

Нормы внесения биотвердых веществ следует корректировать, чтобы избежать избытка микроэлементов или фосфорной нагрузки. В таком случае, если в биотвердые вещества вносится недостаточное количество азота, можно внести азот неорганических удобрений. Добавление биотвердых веществ в план лечения бесплодия добавляет множество полезных аспектов.

**5.3 Фосфор**

Фосфор (Р) – это макроэлемент, который присутствует во многих органических материалах, включая биотвердые вещества, и важен для здорового развития растений. В частности, фосфор необходим для роста растений, прочности клеточных стенок и развития корневой системы. Фосфор представляет особую ценность, поскольку является ограниченным природным ресурсом.

Фосфор присутствует в биотвердых веществах в органической и неорганической (фосфатной) формах. Органический фосфор подвергается минерализации в процессе (био)разложения в почве перед усвоением растениями. Неорганический фосфор часто преобладает в биотвердых веществах [6].

Растворимость и доступность фосфора в биотвердых веществах также зависят от рН почвы. Доступный растениям фосфор - это фосфор, который находится в почвенном растворе или слабо адсорбируется частицами почвы и органическим веществом. Биологическая очистка сточных вод не изменяет доступность фосфора. Азот и фосфор содержатся в аналогичных концентрациях в биотвердых веществах, но часто потребность сельскохозяйственных культур в фосфоре значительно ниже. Впоследствии нормы внесения определяются в зависимости от наиболее ограничивающего элемента: азота или фосфора.

**5.4 Калий**

Калий (K) растворим в сточных водах и остается в потоке жидкости. Таким образом, калий обычно не содержится в биотвердых веществах в высоких концентрациях, а соотношения K: N или K: P намного ниже, чем в навозе для скота, поэтому может потребоваться дополнительное количество калия за счет добавления неорганических удобрений для здоровья почвы и роста растений.

**5.5 Кальций**

Большинство биотвердых веществ содержат концентрацию кальция, приблизительно 2,1 – 3,92 % (влажная масса), аналогичную содержанию в навозе животных. При добавлении извести к биотвердым веществам в процессе щелочной стабилизации (например, добавление 30 % извести по сухой массе к биотвердым веществам) содержание кальция увеличивается. Внесение биотвердых веществ в соответствии с агрономическими нормами может обеспечить достаточное количество кальция для устранения дефицита, или применение стабилизированных щелочью биотвердых веществ может быть использовано для повышения рН почвы там, где это необходимо, или поддержания рН почвы в пределах диапазона, оптимального для роста растений.

**5.6 Сера**

Большинство биотвердых веществ содержат серу, приблизительно от 0,01 % до 2,42 % SO3 (влажная масса), которая способствует росту, развитию растений и образованию семян. В биотвердых веществах сера присутствует в доступной форме и в форме с медленным высвобождением, образующейся в результате окисления сульфидов и разложения органического вещества соответственно. При применении биотвердых веществ в агрономических нормах потребность сельскохозяйственных культур в сере также может быть удовлетворена.

**6 Неудобства и риски, связанные с применением биотвердых веществ на земле**

**6.1 Общие положения**

Полезное использование биотвердых веществ может создавать потенциальные неудобства и риски, которые следует учитывать, чтобы помочь определить соответствующие меры по смягчению последствий для общественного здравоохранения и охраны окружающей среды.

Многие из потенциальных рисков для окружающей среды и здоровья, связанных с применением биотвердых веществ на суше, связаны с хранением перед разбрасыванием. Эти потенциальные риски включают:

— flystrike (Мухобойка (миаз) часто вызывается зеленой бутылочной мухой (Lucilia sericata) и родственными видами мух, откладывающими яйца на кроликов, овец и других животных, и используется в Австралии в качестве меры по снижению эффективности привлечения переносчиков.) в запасах, выдержанных менее 8 недель;

— загрязнение грунтовых и поверхностных вод;

— вымывание загрязняющих веществ во время сильных дождей и наводнений;

— улетучивание аммиака; и

— риски для здоровья населения и работников в результате неконтролируемого доступа и/или ненадлежащего хранения, транспортировки или обращения.

На серьезность этих рисков могут влиять следующие факторы:

— сохраненное количество;

— качество биотвердых веществ;

— продолжительность хранения биотвердых веществ;

— время года (то есть влияние влажности, температуры и перепадов ветра); и

— конструкция и местоположение хранилища.

**6.2 Запахи**

Биотвердые вещества являются богатым источником пищи для микроорганизмов благодаря тому, что они содержат белки, аминокислоты и углеводы. Разложение этих источников энергии приводит к выделению пахучих соединений в органической и неорганической формах, таких как сероводород, меркаптан, аммиак, амины и органические жирные кислоты. Эти соединения могут выделяться из биотвердых веществ во время обработки, хранения, транспортировки и распространения, вызывая проблемы у соседей.

**6.3 Вектор притяжения**

Переносчики, к которым относятся насекомые, грызуны и птицы, могут передавать патогены человеку и другим хозяевам физически при контакте и биологически, играя определенную роль в жизненном цикле патогена. Патогены, содержащиеся в твердых биоматериалах, могут представлять опасность при контакте с людьми и другими восприимчивыми хозяевами, такими как растения или животные. Переносчики могут быть привлечены к месту нанесения на землю запахом и потенциальными источниками пищи.

**6.4 Патогенные микроорганизмы**

6.4.1 Общие положения

Биотвердые вещества могут содержать микроорганизмы, некоторые из которых могут быть патогенами. Виды и концентрации организмов, присутствующих в твердых биоматериалах, зависят от потока очистки сточных вод и водосбора, а также от типа очистки. Патогены могут быть вредны для здоровья животных и человека и могут включать, например:

— вирусы (например, аденовирусы, гепатит, норовирус);

— бактерии (например, сальмонелла и кампилобактер);

— простейшие (например, криптоспоридии и лямблии); и

— гельминты (например, аскариды, анкилостомы).

Основными путями потенциального воздействия патогенов на человека могут быть:

— воздух, поскольку наземное нанесение биотвердых веществ может привести к образованию биоаэрозолей;

— прямое попадание в почву из-за неограниченного доступа населения к местам нанесения;

— употребление овощей в пищу в сыром виде, поскольку некоторые культуры находятся в непосредственном контакте с землей; и

— вода, как следствие потенциального стока и вымывания.

6.4.2 Вирусы

В сточных водах и твердых биоматериалах могут содержаться различные типы кишечных вирусов, включая вирус гепатита А, норовирус и аденовирус.

6.4.3 Бактерии

Среди видов бактерий, которые могут быть обнаружены в биотвердых веществах, есть Salmonella spp., которые могут быть распространены в окружающей среде с путями воздействия, включая пищу и воду. Salmonella enterica может вызывать гастроэнтерит у людей и потенциально может размножаться во время хранения твердых биологических веществ.

Наличие Salmonella spp. низкие уровни (или их отсутствие) в биотвердых веществах наряду с низкими уровнями фекальных индикаторов, таких как кишечная палочка (E. coli) и фекальные колиформы, должны обеспечивать высокую степень уверенности в том, что другие бактериальные патогены, такие как Campylobacter spp., не представляют риска для здоровья.

Специфическими бактериальными патогенами, которые могут преобладать в промышленных биотвердых веществах, являются Campylobacter spp. на предприятиях по переработке мяса или Listeria spp. на молочных заводах.

6.4.4 Простейшие

Простейшие патогены, обнаруживаемые в биотвердых веществах, могут включать Entamoeba histolytica (амебная дизентерия), Giardia intestinalis (гастроэнтерит), Cryptosporidium (гастроэнтерит) и Balantidum coli (гастроэнтерит). Простейшие патогены обычно встречаются в виде ооцист. Они могут быть менее устойчивы к инактивации по сравнению с яйцеклетками гельминтов и инактивируются при нагревании и/или обработке известью.

6.4.5 Гельминты

В биотвердых веществах часто можно обнаружить широкий спектр гельминтов, включая нематод (круглых червей и анкилостом), цестод (ленточных червей) и трематод (сосальщиков). Яйца гельминтов могут обладать высокой устойчивостью к факторам окружающей среды, которые снижают численность индикаторных бактерий и кишечных вирусов. Из-за их устойчивости к инактивации наличие/отсутствие жизнеспособных яйцеклеток гельминтов может использоваться в качестве критерия для оценки качества биотвердых веществ, подлежащих внесению в почву. Однако измерить количество яйцеклеток гельминтов сложно.

Для получения дополнительной информации о предельных значениях патогенов см. Приложение D.

**6.5 Микроэлементы**

Микроэлементы в биотвердых веществах поступают из различных источников, и их концентрация в биотвердых веществах зависит от поступления в поток сточных вод. Поскольку сельские и городские районы могут по-разному поступать в поток сточных вод, концентрации микроэлементов в твердых биоматериалах могут различаться.

Микроэлементы, включая фтор, марганец, селен и бор, естественным образом присутствуют в окружающей среде в очень низких концентрациях. Другие микроэлементы с более высокой молекулярной массой (известные в просторечии как "тяжелые металлы"), включая хром, кобальт, никель, медь, молибден, цинк, ртуть и кадмий, также присутствуют в природе в очень низких концентрациях.

Микроэлементы для растений необходимы для оптимального здоровья урожая, но следует избегать их избыточного содержания, чтобы предотвратить нанесение ущерба здоровью растений. Например, бор важен для целого ряда аспектов здоровья и развития растений, включая целостность клеточных стенок, развитие семян и белковый метаболизм, однако избыток бора может быть токсичным для многих сельскохозяйственных культур.

Долгосрочное повышение концентрации микроэлементов может вызвать токсичность у растений с дальнейшим потенциальным попаданием в пищевую цепочку в концентрациях, которые могут вызвать токсичность для человека и животных. Скорость миграции микроэлементов, как правило, низкая, но зависит от рН почвы, где в районах с низким рН некоторые из них более подвижны и/или более биодоступны. Непреднамеренное, чрезмерное или повторное нанесение в зонах спада или в зонах подпитки водоносных горизонтов может привести к долгосрочному потенциальному риску для здоровья или окружающей среды.

Информацию об источнике микроэлементов в биотвердых веществах и примерах действующих в юрисдикции стандартов на содержание микроэлементов в биотвердых веществах и почве после применения биотвердых веществ см. в приложении E.

**6.6 Органические соединения**

6.6.1 Общие положения

Некоторые из органических соединений, которые можно найти в биотвердых веществах, включают:

— галогенированные соединения, такие как полихлорированный дифенил (ПХД), полихлорированные дибензодиоксины и фураны (ПХДД/F), полибромированные дифениловые эфиры (ПБДЭ);

— перфторированные соединения (ПФУ), включая перфтороктансульфоновую кислоту (ПФОС) и перфтороктановую кислоту (ПФОК);

— другие органические соединения, такие как линейные алкилбензолсульфонаты (LAS), нонилфенол и нонилфенолэтоксилаты (NP, NPEO), полициклические ароматические углеводороды (ПАУ), ди–(2–этилгексил) фталат (DEHP); и

— антибиотики, средства личной гигиены и фармацевтические препараты.

Эти органические соединения могут частично разлагаться в процессе очистки сточных вод и осадка, но многие из них могут содержаться в биотвердых веществах в зависимости от их липофильных характеристик. Концентрации органических соединений в биотвердых веществах могут варьироваться в широких пределах в зависимости от характеристик поступающего вещества и используемых процессов обработки (т.е. величина может составлять 1 или 2 log10).

Перечень стандартов для максимальной концентрации органических соединений в биотвердых веществах приведен в приложении F.

Примечание – Были проведены многочисленные научные исследования и аналитические кампании с целью количественного определения содержания этих веществ в твердых биоматериалах и обеспечения лучшего понимания их переноса в окружающую среду и по пищевой цепи. Эта информация была использована для оценки потенциальных рисков для животных и людей при применении биотвердых веществ на суше. Обобщение приведено в приложении G.

6.6.2 Контроль источников потенциальных загрязняющих веществ

Поступление потенциальных загрязняющих веществ в канализационную сеть происходит в результате бытовых, коммерческих или промышленных сбросов, а также из городских стоков.

Контроль источников является эффективным инструментом для уменьшения переноса потенциальных загрязняющих веществ в систему очистки сточных вод и, следовательно, для улучшения качества твердых биологических веществ.

Что касается бытовых источников, то потенциальные загрязняющие вещества чаще всего находятся в непосредственном контакте с потребителями при использовании моющих средств или средств личной гигиены, прежде чем попасть в канализацию. Следовательно, сбыт нового вещества или продукта, которые могут оказать вредное воздействие на здоровье населения или окружающую среду, должен осуществляться с разрешения регулирующих органов, подобного регламенту REACH в ЕС. Процедура утверждения должна включать оценку риска для определения потенциального воздействия нового вещества или продукта на процесс очистки сточных вод, включая качество твердых биологических веществ.

Сокращение бытовых выбросов потенциальных загрязняющих веществ также может быть возможным благодаря повышению осведомленности общественности о надлежащих методах удаления отходов и обеспечению доступных пунктов сбора отходов. Следует также поощрять возврат неиспользованных фармацевтических препаратов в специальные пункты сбора. Следует обеспечить экологическую маркировку и просвещение общественности, где это возможно, для повышения осведомленности об экологическом воздействии различных бытовых продуктов на городские сточные воды.

Промышленная или коммерческая деятельность, а также больницы или учреждения здравоохранения также являются источником потенциального загрязнения твердых биологических веществ. Любой сброс в канализацию, не являющийся бытовым, должен осуществляться с разрешения. Следовательно, компетентные органы должны издавать требования о происхождении и содержании любых бытовых стоков в канализацию. Эти требования должны быть включены, где это применимо, в разрешения на сброс, которые должны устанавливать предельные значения критериев качества с точки зрения максимальной концентрации потенциальных загрязняющих веществ, а также с точки зрения их суточного расхода. Соблюдение этих ограничений должно контролироваться на регулярной основе.

Что касается городского стока, то общий баланс массы свидетельствует о том, что его вклад в потенциальные потоки загрязняющих веществ в системе сточных вод, как правило, невелик по сравнению с другими источниками и носит прерывистый характер в зависимости от количества осадков.

Существует ряд возможных мер, которые могут помочь уменьшить потенциальное попадание загрязняющих веществ в систему сточных вод из стока. На промышленных и других непроницаемых городских территориях следует внедрять системы предварительной очистки для удержания загрязняющих веществ, связанных с взвешенными твердыми частицами. Следует проводить регулярное техническое обслуживание и проверку этого оборудования.

**6.7 Экологические соображения**

6.7.1 Общие положения

Климатические и физические условия, в которых используются биотвердые вещества, могут играть значительную роль в управлении рисками и предотвращении неприятных последствий. Эти факторы следует принимать во внимание при разработке программы устойчивого управления твердыми биологическими веществами.

6.7.2 Климат и время года

Сроки внесения биотвердых веществ следует учитывать в связи с потенциальными потерями питательных веществ в результате выщелачивания или стока. Сроки внесения биотвердых веществ должны учитывать количество осадков (дождь или снег), сезон внесения и влажность почвы.

Не рекомендуется применять биотвердители, когда почва насыщена влагой, покрыта снегом, замерзла или в периоды сильных дождей, так как эти условия увеличивают риск стока. Нанесение биотвердых веществ во время сильных дождей или поверх снега может увеличить риск перемещения/вымывания питательных веществ. Осадки могут увеличить потенциал макропористого стока (движение воды через поры в почве) через ранее сухую и потрескавшуюся почву и поверхностный сток во время сильных дождей или таяния снега.

6.7.3 Топография

Наклонные земли могут увеличить потенциал поверхностного стока, поверхностной эрозии почвы и потерь при подземном вымывании, что может привести к неблагоприятному воздействию на поверхность или грунтовые воды.

Биотвердые вещества могут наноситься на склоновые участки при условии, что вероятность возникновения стока по суше, поверхностной эрозии почвы и потерь при подземном выщелачивании минимальна.

Смягчение неблагоприятных последствий может быть достигнуто путем установления максимальных уклонов, выше которых нанесение запрещено, и установления стандартов, которые становятся более строгими по мере увеличения уклона участка. Например, если вызывает беспокойство уклон, то норма внесения биосолидов может быть снижена или ограничена полями с пожнивными остатками или повышенным уровнем поверхностных вод.

6.7.4 Охрана водных источников

Следует избегать потенциального риска загрязнения воды. Ключевые соображения при оценке участка землепользования должны включать:

— глубина залегания грунтовых вод с учетом сезонных колебаний;

— гидравлическая проводимость почвы и подпочвенных слоев;

— близость к колодцам и поверхностным водам;

— подземный / плиточный дренаж; и

— вероятность наводнения.

Выщелачивание нитратов следует рассматривать как показатель потенциального риска загрязнения подземных вод, который может возникнуть, если количество доступного азота в применяемых биотвердых веществах не соответствует потребностям растений или если биотвердые вещества быстро разлагаются.

Использование биотвердых веществ может быть запрещено или ограничено, если объект расположен вблизи водосборных бассейнов питьевой воды или в зонах, уязвимых к нитратам. Следует проявлять особую осторожность при выборе участков для внесения удобрений в известных районах с повышенной гидрогеологической чувствительностью.

Риски загрязнения грунтовых вод выше на участках, где уровень грунтовых вод может находиться очень близко к поверхности или где гидравлическая проводимость почвы высока, например, при работе с песчаными почвами.

Юрисдикции могут требовать, чтобы вдоль ручьев, водотоков и других водоемов устанавливались буферные полосы минимальной ширины, на которые не следует наносить биотвердые вещества.

Ширина буфера должна определяться риском стока, но обычно составляет не менее 10 м. В некоторых юрисдикциях из-за нехватки воды следует применять большее расстояние – 100 м. Перечень буферных зон в различных регионах приведен в приложении H.

6.7.5 Выявление конфиденциальных видов использования и связанных с ними сбоев

Если участок для нанесения на землю находится близко к жилому дому или жилому району, биосолиды должны соответствовать всем применимым стандартам по запаху и недостаткам. Следует тщательно оценить такие аспекты, как тип биотвердых веществ (пахучие или запыленные биотвердые вещества), системы нанесения (потенциальное образование аэрозоля или пыли в результате способа нанесения или заделки), транспортировка и хранение биотвердых веществ, а также погодные условия.

Кроме того, жители и другие заинтересованные стороны, которые могут быть затронуты, должны быть проинформированы.

**6.8 Обработка биотвердыми веществами**

6.8.1 Общие положения

Биотвердые вещества должны быть стабилизированы путем обработки в соответствии с применимыми стандартами, чтобы уменьшить количество летучих твердых веществ, что косвенно приводит к уменьшению количества патогенов и снижению потенциала привлечения переносчиков.

Цель стабилизации должна заключаться в снижении способности осадка к гниению, которая вызывает неприятные запахи. Подверженный гниению продукт - это матрица, содеращая органические вещества, которые могут быть разложены микроорганизмами в течение нескольких дней.

Стабилизированный осадок характеризуется низкой способностью к гниению, т.е. в процессе обработки уровень микробной активности снижается до такой степени, что он не будет восстанавливаться при измененных условиях.

Степень обработки (например, температура и время) может привести к получению различных сортов биотвердых веществ в зависимости от результирующего уровня организмов-индикаторов, таких как кишечная палочка, и процентного содержания летучих твердых веществ в обработанных биотвердых веществах. Общепринятые методы обработки требуют температуры 35°C с минимальным временем выдержки 30 дней для мезофильного анаэробного сбраживания и минимальной температуры 55°C с минимальным временем выдержки 20 дней для термофильного анаэробного сбраживания.

В высококачественных (стабилизированных) биотвердых веществах должно быть существенно уменьшено или удалено содержание патогенов и соединений, привлекающих переносчиков, таких как летучие твердые вещества.

Существуют различные методы определения степени стабилизации и, следовательно, качества биотвердых веществ.

— Соотношение БПК5 к ХПК может служить значением для определения степени стабилизации. Значение, меньшее или равное 0,15, принимается в качестве показателя достаточной стабилизации. Преимуществом использования этого подхода является его применимость как для аэробных, так и для анаэробных процессов обработки.

— Тест на биологический метановый потенциал (BMP) позволяет измерить остаточное производство биогаза из анаэробно обработанного осадка и использовать его для определения стабильности.

Вышеуказанные методы требуют нескольких дней для получения результатов, однако для целей эксплуатации и технического/юридического контроля часто требуются более быстрые оценки. В этом случае можно измерить соотношение летучих веществ к общему количеству твердых веществ, при этом снижение содержания летучих веществ на 30-50% следует использовать в качестве показателя хорошей стабильности (в зависимости от процесса стабилизации).

В конечном счете, тип и качество биотвердых веществ должны соответствовать соответствующим областям конечного применения, основанным на:

— характеристики биотвердых веществ (содержание питательных веществ, запах, патогенные микроорганизмы, микроэлементы);

— потенциальные риски для здоровья человека и окружающей среды (воздействие, установленные расстояния, близость воды (поверхностной или грунтовой);

— характеристики почвы (рН, содержание питательных веществ, микроэлементов, текстура);

— характеристики участка (топография, близость к поверхностным водам, глубина залегания грунтовых вод и коренные породы);

— близость к соседям (расстояние до дорог, жилых домов, зон отдыха, колодцев); и

— конечное использование урожая/растительности, выращенной на участке применения, включая:

— продовольственные культуры для непосредственного потребления животными/человеком;

— продовольственные и кормовые культуры, которые требуют дополнительной обработки перед употреблением;

— выращивание биотоплива или биомассы/непищевых или кормовых культур/лесоводство; и

— мелиорация земель (рекреационная и нерекреационная).

6.8.2 Посторонние вещества

Юрисдикции обычно устанавливают ограничения на содержание посторонних веществ в биотвердых веществах, применяемых на суше, для снижения рисков для здоровья человека и окружающей среды. Могут существовать отдельные ограничения для острых предметов, общего содержания пластика и общего количества посторонних веществ.

6.8.3 Уменьшение запаха

Запах - это параметр, связанный со стабильностью биотвердых веществ и степенью обработки. Твердые биоматериалы, прошедшие более высокую степень обработки, будут издавать меньше запахов и должны считаться более качественными. Твердые биоматериалы должны подвергаться надлежащей обработке, чтобы избежать их ассоциирования с запахами, которые вызывают жалобы у населения и привлекают переносчиков.

Сокращение выбросов неприятных запахов должно применяться в качестве ключевого компонента любой программы применения биосолидов на земле. Могут быть использованы следующие три основных подхода к уменьшению неприятных запахов на участках землепользования:

— максимальное повышение качества биотвердых веществ, тем самым сводя к минимуму возможность образования запаха биотвердыми веществами, например, подвергая биотвердые вещества дальнейшей обработке, такой как анаэробное сбраживание или стабилизация известью;

— управление участком и нанесение биотвердых веществ для сведения к минимуму потенциальных выбросов неприятного запаха; и

— хранение пахучих биотвердых веществ на производстве или в недоступном для детей месте до тех пор, пока запахи не исчезнут.

Для сокращения выбросов неприятных запахов может быть реализовано следующее [7].

Для минимизации проблем с запахом можно использовать один или оба подхода:

— увеличение расстояния от близлежащих жителей; или

— выбор методов внесения для уменьшения выбросов неприятных запахов (например, инъекция или заделка в почву в течение установленного срока).

6.8.4 Уменьшение векторного притяжения

Должны быть внедрены процессы снижения привлечения переносчиков, чтобы уменьшить потенциальный перенос патогенов с места нанесения и тем самым свести к минимуму воздействие на человека. Уменьшение векторного притяжения может быть достигнуто путем:

— биологические процессы, такие как аэробное или анаэробное сбраживание или компостирование, которые расщепляют летучие твердые вещества, тем самым снижая содержание органических веществ в твердых биоматериалах;

— уменьшение количества доступных питательных веществ в пище для микробиологической активности и потенциального образования запаха путем нагревания, компостирования, анаэробного или аэробно-аэробного сбраживания твердых биологических веществ;

— химические или физические условия, которые останавливают микробную активность, такие как снижение содержания влаги или повышение рН биотвердых веществ; и

— физические барьеры между переносчиками и летучими твердыми веществами в биотвердых веществах, такие как внесение или инъекция

биотвердых веществ в почву.

6.8.5 Уменьшение количества патогенов

6.8.5.1 Общие положения

Чтобы снизить вероятность распространения патогенных микроорганизмов в окружающую среду и повысить доверие потребителей, биотвердые вещества, подвергнутые усовершенствованной обработке биотвердыми веществами, следует использовать в чувствительных зонах или областях применения с повышенным риском, где существует значительное воздействие на население.

Уменьшение содержания патогенов в твердых биоматериалах может быть достигнуто различными типами технологий, которые включают тепловое воздействие, уменьшение влажности, значительное повышение или понижение рН и длительное хранение.

Усовершенствованное лечение может обеспечить гигиеничность биотвердых веществ и потенциально привести к отнесению к категории 1-й группы, в то время как традиционное лечение направлено на значительное снижение содержания патогенов в биотвердых веществах. Примеры традиционного и усовершенствованного лечения приведены в 6.8.5.2 и 6.8.5.3.

После внесения в почву естественные условия, такие как жара, солнечный свет, высыхание, рН почвы и хищничество местных почвенных микроорганизмов, могут еще больше снизить концентрацию патогенов. Внесение биотвердых веществ в почву также может снизить вероятность контакта патогенов с животными и людьми.

В случае использования земель сельскохозяйственного назначения следует отметить, что:

— естественные процессы окружающей среды действительно уменьшают количество патогенов; и

— патогены в верхних слоях (горизонтах) почвы обладают низкой подвижностью.

Некоторые исключения из этих общих условий включают, например, сельскохозяйственные участки с высоким уровнем грунтовых вод, активной эрозией почвы или обнажением коренных пород.

Для получения дополнительной информации о предельных значениях патогенов см. приложение D.

6.8.5.2 Традиционные методы лечения

Обычная обработка муниципального осадка может включать:

— термофильная аэробная стабилизация при температуре не менее 55 °C со средним сроком хранения 10–15 дней;

— термофильное анаэробное сбраживание при температуре не менее 53 °C со средним сроком хранения 10–15 дней;

— кондиционирование известью обеспечивает получение однородной смеси извести и шлама; непосредственно после известкования смесь должна иметь рН более 12 и поддерживать рН не менее 12 в течение определенного периода времени;

— мезофильное анаэробное сбраживание при температуре 35 °C со средним сроком хранения 20–30 дней;

— длительная аэрация при температуре окружающей среды в виде порции, без добавления исходного сырья или его изъятия в течение периода обработки;

— одновременная аэробная стабилизация при температуре окружающей среды;

— обезвоживание твердых биоматериалов в обычных сушильных камерах (песок/глина) или на солнечных сушильных камерах (с целевым содержанием сухого вещества не менее 75 %); и

— хранение в жидком виде при температуре окружающей среды в виде порций, без добавления исходного сырья или его изъятия в течение срока хранения.

Если необходимо снизить начальную концентрацию, биотвердые вещества должны обеспечить снижение E. coli по крайней мере на 2 логарифма.

6.8.5.3 Усовершенствованные методы лечения

Усовершенствованные муниципальные методы обработки биотвердыми веществами могут включать:

— термическая сушка, обеспечивающая температуру частиц осадка выше 80 °C при снижении содержания воды менее чем до 10 %;

— термофильная аэробная стабилизация при температуре не менее 55 °C в течение 20 ч в виде замеса, без добавления исходного сырья или его изъятия во время обработки;

— термофильное анаэробное сбраживание при температуре не менее 53 °C в течение 20 ч в виде порции, без добавления исходного сырья или изъятия во время обработки;

— термическая обработка жидкого осадка в течение минимум 30 мин при температуре не менее 70 °C с последующим мезофильным анаэробным сбраживанием при температуре 35 °C со средним сроком хранения 12 дней;

— кондиционирование известью с достижением рН 12 или более и поддержанием температуры не менее 55 °C в течение 2 ч;

— смешивание с известью, и смесь должна достичь рН более 12 непосредственно после известкования и поддерживать рН не менее 12 в течение минимального времени; и

— компостирование при температуре не менее 55 °C в течение не менее двух недель или 65 °C в течение не менее одной недели.

Процесс должен быть первоначально подтвержден соответствующими тестами на уменьшение количества патогенов для достижения конкретных требований.

Соответствующие параметры процесса следует контролировать по крайней мере ежедневно, а предпочтительно непрерывно, если это практически возможно. Записи должны храниться и предоставляться по запросу компетентному органу для целей проверки.

В процессе лечения следует рассмотреть возможность внедрения системы обеспечения качества и соответствия, по крайней мере, одному из общепринятых стандартов по снижению количества патогенов.

**6.9 Критерии качества биотвердых веществ — Группы биотвердых веществ**

6.9.1 Общие положения

Биотвердые вещества можно разделить на две группы, как описано в 6.9.2 и 6.9.3.

Примеры стандартов, основанных на лечении, можно найти в приложении I.

6.9.2 Биотвердые вещества группы 1

Биотвердые вещества 1-й группы практически не содержат патогенов и представляют очень низкий риск для людей, имеющих с ними дело, и могут продаваться с меньшими ограничениями на их использование по сравнению с биотвердыми веществами 2-й группы. Из-за меньшего количества ограничений, налагаемых на использование биотвердых веществ группы 1, обычно требуется соблюдение более строгих стандартов в отношении патогенов, металлов и других загрязняющих веществ (например, органических соединений).

Поступающие на рынок биотвердые вещества или материалы, полученные из биотвердых веществ, должны соответствовать соответствующим местным стандартам или требованиям, которые определяют критерии качества в соответствии с их конкретным использованием.

Примечание – Могут применяться национальные правила. В некоторых юрисдикциях группа 1 именуется классом А.

6.9.3 Биотвердые вещества группы 2

Твердые вещества группы 2, которые не соответствуют критериям стабилизации группы 1, потенциально могут содержать более высокие уровни патогенов, но должны соответствовать минимальным применимым стандартам в отношении металлов, патогенов и других загрязняющих веществ (например, органических соединений). Поэтому на их использование должны быть наложены соответствующие ограничения.

Примечание – В некоторых юрисдикциях группа 2 именуется классом В.

6.10 Потенциальное использование

Использование биотвердых веществ должно зависеть от качества и включать:

— продукты, полученные из биотвердых веществ, которые продаются широкой публике;

— сельское хозяйство – биотвердые вещества, пригодные для земель, используемых для выпаса скота, сельскохозяйственных культур, потребляемых в сыром виде, приготовленных или обработанных;

— сельское хозяйство – биотвердые вещества, пригодные для применения на земле для производства непродовольственных и кормовых культур (например, садоводство, биомасса, волокно, агролесоводство);

— ландшафтный дизайн учреждений – рекреационный – биотвердые материалы, пригодные для использования на городских землях (например, парки, ипподромы);

— институциональный ландшафтный дизайн – не рекреационный – биотвердые материалы, подходящие для использования на городских землях, таких как автострады и ландшафтный дизайн там, где доступ общественности ограничен. При соблюдении конкретных методов управления участком и охраны окружающей среды; и

— лесное хозяйство, реабилитация земель – места добычи полезных ископаемых или аналогичное землепользование, такое как окончательная реабилитация поверхности свалок, при соблюдении конкретных методов управления участком и охраны окружающей среды;

Примечание – Некоторые страны не разрешают применение биосолидов на культурах, которые можно употреблять в сыром виде, корнеплодах, плодовых культурах или при производстве органического земледелия.

6.11 Мониторинг биотвердых веществ и почвы

Добавление микроэлементов в почву должно быть ограничено и контролироваться, поскольку удаление избытка микроэлементов из почвы очень затруднено, а усвоение растениями этих элементов может привести к тому, что растения станут непригодными для потребления человеком или домашним скотом.

Концентрация микроэлементов в биотвердых веществах, а также скорость загрузки должны быть ограничены.

Параметры, которые следует измерить, включают в себя любые применимые требования, а также другие параметры, зависящие от использования.

Информацию об источниках микроэлементов в биотвердых веществах и примерах действующих в юрисдикции стандартов на микроэлементы в биотвердых веществах и почве см. в приложении E.

Нанесение биотвердых веществ, содержащих микроэлементы, следует осуществлять только после расчета потенциальной нагрузочной способности, основанной, во-первых, на проведении анализа почв для определения текущего уровня содержания микроэлементов и, во-вторых, на анализе уровней содержания микроэлементов в биотвердых веществах.

Методы расчета приведены в приложении К.

**7 Разработка программы применения биосолидов и управление ею**

**7.1 Общие положения**

Следует запланировать программу по биотвердым веществам, включающую два этапа:

— разработка программ; и

— управление программами.

При разработке программы следует тщательно учитывать все факторы. Открытое общение с заинтересованными сторонами должно быть приоритетом для обеспечения того, чтобы решения, принимаемые на ранних стадиях, были хорошо обоснованными и сводили к минимуму риск непредвиденного противодействия, которое может помешать прогрессу программы.

Для поддержания доверия всех заинтересованных сторон необходимо добросовестное и бдительное управление программой, в состав которого должен входить практикующий специалист, имеющий опыт не только в технических аспектах, но и во множестве других областей, включая охрану здоровья и технику безопасности, применимую нормативную базу, управление данными и информирование о рисках.

Программа biosolids должна включать процедуры для определения всех применимых правовых требований и демонстрации того, как эти правовые требования выполняются.

**7.2 Консультация с сообществом**

7.2.1 Вовлечение сообщества

В управлении твердыми биоматериалами должно участвовать местное сообщество. Следует учитывать следующие аспекты:

— граждане заботятся о решениях, принимаемых их властями, а также об используемых процессах;

— управление твердыми биоматериалами – это расходы сообщества;

— решения об управлении биотвердыми веществами могут оказывать влияние на культурные и общественные ценности, особенно если происходит сбой или планы работают не так, как ожидалось; и

— понимание систем знаний и устремлений «сообщества» может в конечном итоге укрепить «технические» подходы, помогая разработать решение, которое является оправданным и приемлемым для общества. сообщество.

Более подробную информацию о проведении консультативного семинара сообщества можно найти в приложении O.

7.2.2 Принципы проведения консультаций

7.2.2.1 Знакомство с сообществом

— Следует использовать ресурсы и вклады сообщества, социальные сети, существующие группы и т.д.

— Следует провести анализ ключевых заинтересованных сторон (например, пострадавшего населения, экологических групп, местных предприятий, сельского хозяйства, горнодобывающей промышленности, лесного хозяйства, сообщества/промышленности).

— Следует определить вовлеченные заинтересованные стороны.

— Должны быть сформулированы обоснованные критерии того, почему приглашение включает одних заинтересованных сторон, а не других.

— Приглашение должно быть всеобъемлющим, а не эксклюзивным.

7.2.2.2 Рассмотрение сроков

— Консультации следует проводить как можно скорее, когда еще есть возможность гибко вносить изменения для решения вопросов, поднятых заинтересованными и затронутыми лицами, вместо того, чтобы приступать к консультациям в условиях кризиса.

— Следует знать, что если консультация проводится слишком заблаговременно, то, вероятно, мало кто проявит большой интерес; если консультация проводится слишком поздно, заинтересованные стороны подумают, что взаимодействия по данному вопросу избегают или нет намерения принимать их мнения во внимание.

7.2.2.3 Прозрачность и непредубежденность

— Цели проекта должны быть ясны.

— Должно быть четкое указание на то, какие аспекты предложения открыты для изменений и почему могут быть элементы, которые изменить невозможно.

— Мнения должны быть открыты для ответов заинтересованных сторон и выгод, которые могут возникнуть в результате консультаций.

— Хотя консультация не является открытым, нескончаемым процессом, ее не следует рассматривать просто как пункт в списке дел, который следует вычеркнуть как можно скорее.

7.2.2.4 Распространение информации

Распространение информации о проекте среди сообщества и ключевых заинтересованных сторон должно быть:

— актуально и необходимо: поскольку имеется много доступной информации;

— ясность и сжатость: чтобы привлечь внимание сообщества, информация должна четко и эффективно донести ключевые идеи;

— целевая: информация должна быть адресована своей целевой аудитории;

— доступность и новаторство: в дополнение к более традиционным методам, таким как реклама в газетах и на радио, могут быть уместны другие методы, такие как интернет-ресурсы или социальные сети; и

— подходящее время: общение с широкой общественностью должно быть рассчитано таким образом, чтобы люди, которые обычно находятся на работе, могли присутствовать на публичных презентациях и собраниях.

7.2.2.5 Процесс консультаций

Консультации или, по крайней мере, общение с заинтересованными сторонами следует продолжать и после принятия решения. Это может быть установлено с помощью местного консультативного комитета.

Консультация не обязательно требует, чтобы все стороны согласились с предложением, хотя ожидается, что все стороны приложат реальные усилия. Хотя возможно, что соглашение будет достигнуто не по всем вопросам, точки расхождения могут стать более ясными или конкретными.

Консультация – это двусторонний процесс, включающий обмен информацией. Она должна включать в себя не только презентацию материала, но и активное выслушивание всех заинтересованных сторон и конструктивные дискуссии между различными вовлеченными сторонами.

Информацию о консультативных семинарах см. в приложении O.

**7.3 Разработка программы**

7.3.1 Общие положения

Разработка программы управления биотвердыми веществами должна начинаться с генерального плана по биотвердым веществам, возможно, в сочетании с планом системы экологического менеджмента.

Программы разработки биотвердых материалов и управления ими должны включать характеристику материала с точки зрения качества и количества, а также определение доступности конечного использования с учетом экономических, экологических, применимых нормативных и социальных факторов.

Программа должна стремиться учитывать различные точки зрения всех заинтересованных сторон, что важно для общего успеха программы.

7.3.2 Разработка программы и соображения, связанные с принятием решений

При разработке программы следует сначала определить цель проекта, включая проблему и/или любые возможности, например:

— программа может больше не быть социально/экологически/экономически приемлемой; или

— программа не соответствует применимым нормативным актам.

Следующим шагом в разработке программы должно стать определение правовых требований и способов их выполнения, поскольку они могут ограничить доступные варианты.

Третьим шагом должно стать определение всех заинтересованных сторон. Идентификация заинтересованных сторон может быть итеративным процессом, в ходе которого, по мере того как некоторые заинтересованные стороны приглашаются к участию, они выявляют дополнительные заинтересованные стороны. По мере выявления заинтересованных сторон следует фиксировать их сферу интересов, потребности и предпочтительный метод предоставления информации.

При выявлении заинтересованных сторон при разработке программы следует одновременно учитывать социальные соображения, например:

— приемлемо ли применение биосолидов для местной культуры или состояния местности (сельской/городской)?

— каковы потенциальные выгоды для сообщества?

— каково отношение влиятельных граждан?

— чувствительно ли сообщество к окружающей среде?

— сталкивалось ли сообщество в прошлом с негативными или позитивными проектами, связанными с окружающей средой?

— каков потенциал для изменения общественного мнения?

— образуются ли биотвердые вещества в том же регионе, что и сайт(ы) применения?

Примечание – Заинтересованные стороны являются важным ресурсом для понимания социальных аспектов программы.

Технические соображения при разработке программы должны включать:

— качество биотвердых веществ;

— уровень лечения;

— количество биотвердых веществ;

— доступная земля;

— требования к хранению;

— варианты транспортировки/перетаскивания;

— сезонные соображения; и

— управление запахом.

Подобно техническим соображениям, экономические соображения должны быть задокументированы в применимых протоколах. Общие экономические соображения должны включать:

— персонал/людские ресурсы;

— операционные/капитальные затраты;

— оценка доступных вариантов;

— анализ затрат и выгод вариантов; и

— варианты обслуживания собственными силами или по контракту.

Заключительным шагом в разработке программы, который может оказаться наиболее важным, должно быть принятие решения. На протяжении всей разработки программы следует поддерживать четкую коммуникацию с заинтересованными сторонами, чтобы стимулировать участие и ограничить количество проблем на этом заключительном этапе, когда варианты представляются для консультаций и утверждения (например, публичные, регулирующие, политические, внутренние).

**7.4 Управление программами**

7.4.1 Общие положения

Управление программой должно учитывать текущую повседневную работу выбранного варианта управления. Для успешного управления программой следует учитывать управленческие соображения, перечисленные в разделе 7.4.2. Время или усилия для каждого из них должны зависеть от конкретного случая. Например, в некоторых юрисдикциях действуют более строгие требования к управлению данными и отчетности, чем в других.

7.4.2 Соображения по управлению программами

Руководитель программы может рассмотреть вопрос о принятии более строгих стандартов. Следует выбрать один из следующих примеров фреймворка или другие фреймворки:

— лучшие практики управления (добровольные);

— отраслевые стандарты; или

— международные стандарты.

Контракты могут администрироваться в соответствии с выбранным вариантом управления. Разработка контракта может включать:

— конкурсный процесс закупок;

— стратегический поиск поставщиков (срок действия контракта для достижения наилучшей стоимости);

— страхование;

— финансовые ценные бумаги;

— определение ролей и обязанностей; и

— справедливое распределение рисков.

Управление твердыми биологическими веществами должно включать четкие и легкодоступные стратегии и процедуры реагирования на чрезвычайные ситуации. Эти политики и процедуры должны включать:

— применимые нормативные, юридические и договорные требования (разливы, несчастные случаи); и

— станция очистки сточных вод, земельный участок или юрисдикционные протоколы.

Аналогичным образом, следует подготовить протокол по охране труда и технике безопасности для конкретной программы. Протокол должен включать:

— документ о безопасном обращении с биотвердыми веществами или продуктом, полученным из биотвердых веществ;

— управление трафиком на сайтах приложений;

— борьба с пылью и уход за дорогами;

— отчетность о травмах/несчастных случаях/процедуры;

— обучение и сертификация;

— рекомендации по погрузке /транспортировке/разгрузке/использованию;

— опасности; и

— требования к средствам индивидуальной и коллективной защиты.

Требования к ведению учета и управлению данными следует рассматривать как важный аспект программы управления твердыми биологическими веществами. Следует разработать систему управления информацией/базу данных, которая должна включать:

— отчетность;

— отслеживание биотвердых веществ от станции очистки сточных вод до области применения;

— отслеживание данных о качестве биотвердых веществ, сообщений, инцидентов, информации о месте применения / картах и т.д.;

— отслеживание питательных веществ и микроэлементов в течение срока действия программы, что может позволить применять дополнительные биосолиды в будущем;

— возможное использование компьютерных технологий и приложений [географическая информационная система (ГИС), электронные таблицы, ИТ—поддержка]; и

— легкий доступ к информации, такой как выделенная система, которая может точно отслеживать все источники исторической информации.

Управление программой должно быть гибким в оперативном отношении и учитывать непредвиденные обстоятельства, чтобы гарантировать, что, если предпочтительный вариант управления внезапно станет недоступен, программа сможет отреагировать и продолжить работу без развития кризиса. Соображения оперативной гибкости должны включать:

— поддержание гибкости программы за счет обеспечения вариантов (диверсифицированная стратегия конечного использования); и

— оперативные непредвиденные обстоятельства (план действий на случай альтернативного конечного использования или утилизации), такие как:

— наличие резервного хранилища,

— торговые мощности и наличие альтернативных перерабатывающих мощностей,

— аварийное обезвоживание,

— варианты утилизации (засыпка грунта) и

— наличие других компаний/подрядчиков для транспортировки/обработки/ликвидации разливов.

Записи должны быть доступны операторам очистных сооружений и землеустроительных предприятий и храниться в течение определенного периода времени, в зависимости от обстоятельств.

Примечание – Для определения периода времени могут применяться правила.

7.4.3 Мониторинг биотвердых веществ и почвы

7.4.3.1 Отбор проб и анализ твердых биологических веществ

Первым шагом в определении качества биотвердых веществ должно быть принятие статистически обоснованной методологии отбора проб для сбора репрезентативных образцов, которые точно характеризуют применяемый материал.

Результаты анализа качества биотвердых веществ могут варьироваться в зависимости от ряда факторов, включая:

— частота отбора проб и степень, в которой программа мониторинга фиксирует изменения в качестве твердых биологических веществ;

— происхождение сточных вод (промышленных или коммунальных), сбрасываемых на очистные сооружения;

— последовательность обработки перед установкой для очистки сточных вод, особенно в случае установки для очистки промышленных сточных вод на месте;

— последовательность обработки осадка на самом объекте очистки сточных вод, т.е. устранение последствий колебаний качества конечного продукта;

— тип пробы (например, отборные пробы в сравнении с составными образцами), количество и размер пробы по отношению к общему объему биотвердых веществ;

— сроки отбора проб;

— процедуры обеспечения качества; и

— аналитические методы и технологи, включая пределы обнаружения, воспроизводимость, обеспечение качества и контроль за качеством.

Биотвердые вещества следует регулярно тестировать для определения:

— соответствие применимым требованиям в отношении содержания микроэлементов, летучих твердых веществ и уменьшения количества патогенов;

— эффективность санитарных процессов, если это уместно; и

— содержание питательных веществ, которое будет использоваться для определения нормы внесения и предоставления конечным пользователям достоверной информации.

7.4.3.1.1 Частота отбора проб

Перед внесением в почву следует отобрать пробы твердых биоматериалов, чтобы обеспечить соблюдение минимальных стандартов качества и свести к минимуму риски для здоровья человека и окружающей среды. Следует учитывать место и сроки отбора проб, чтобы гарантировать, что цель получения проб состоит в том, чтобы они были репрезентативными для того, что используется на земле.

В недавно введенном в эксплуатацию процессе производства биотвердых веществ следует чаще отбирать пробы, чтобы убедиться в его эффективности. На этом этапе мониторинга следует отбирать большое количество проб с установленными интервалами. Как только будут установлены эффективность и стабильность существующего процесса обработки, следует провести плановый отбор проб. Частота рутинного отбора проб не должна быть такой интенсивной, как на этапе верификации.

Контроль за верификацией также следует проводить, если в существующий процесс вносятся изменения или если обычные пробы превышают пределы, установленные для патогенов. Если во время рутинного мониторинга количество индикаторных бактерий (например, кишечной палочки) превышает указанные пределы, то следует провести контрольный отбор проб для всех патогенных микроорганизмов. Как только будет установлено, что процесс обработки является удовлетворительным, количество проб и частота отбора проб могут быть уменьшены. Смотрите примеры частот дискретизации в приложении M.

7.4.3.1.2 Обработка образцов

Каждый образец биотвердых веществ должен быть четко идентифицирован, включая следующее:

— дата, время и место отбора проб;

— соответствующая партия (если применимо);

— личность лица, проводившего отбор проб;

— дата отправки образца в лабораторию; и

— соответствующая упаковка для обеспечения целостности образца.

Образцы должны быть отправлены в лабораторию в течение 24 часов после взятия проб и должны быть подготовлены в соответствии с лабораторными инструкциями (т.е. для микробиологических анализов охлаждены не менее чем до 5 °C).

7.4.3.1.3 Анализ биотвердых веществ

Там, где для тестирования твердых биологических веществ доступно несколько аналитических методов, следует по возможности использовать аналитические методы, уровень обнаружения которых на порядок ниже местных рекомендаций, для параметров, которые, скорее всего, не будут обнаружены. Для определения параметров может быть использован экономичный метод анализа, который обеспечивает точный результат. Лаборатории, которые используются для проведения анализов, должны быть аккредитованы в соответствии с ISO/IEC 17025[8] или эквивалентным стандартом качества.

Перечень тестов и методик для определения почвы и биотвердых веществ приведен в приложении N.

7.4.3.1.4 Химические анализы

Параметры и частота анализа должны в определенной степени зависеть от:

— потенциального риска загрязнения в результате сброса промышленных, коммерческих или институциональных сточных вод на очистные сооружения.;

— конечное использование биотвердых веществ; и

— содержание летучих твердых веществ в биотвердых веществах или измерение, которое является показателем летучих твердых веществ.

Общие параметры, которые, возможно, потребуется контролировать либо по концентрации в биотвердых веществах, либо по пределам нагрузки на почву, включают:

— питательные вещества (N, P, K);

— органическое вещество;

— металлы (As, Cd, Co, Cu, Cr, Hg, Ni, Mo, Pb, Se, Zn); и

— влажность/сухое вещество.

Другие параметры, которые могут контролироваться, включают:

— рН;

— степень минерализации азота и фосфора;

— стойкие органические соединения;

— соотношение углерода к азоту; и

— соли.

В зависимости от характера и объема промышленных сбросов в канализационную систему следует провести оценку конкретных загрязняющих веществ, которые могут ухудшить качество твердых биологических веществ. Примеры средств контроля источников/предотвращения загрязнения приведены в приложении L. При наличии таких загрязнителей следует использовать адаптированную программу мониторинга и соответствующие предельные значения.

7.4.3.1.5 Биологические анализы

В зависимости от использования биотвердых веществ могут потребоваться биологические анализы для проверки пределов содержания патогенов и стабильности. Может потребоваться один или несколько из следующих тестов:

— Кишечная палочка;

— Фекальная кишечная палочка; и

— сальмонелла.

Другие тесты, которые встречаются реже, включают:

— Кишечный вирус;

— Яйцеклетки гельминтов; и

— Удельная скорость поглощения кислорода.

Для твердых биопрепаратов, производимых в пищевой промышленности, могут потребоваться некоторые специфические биологические тесты, такие как на энтерококки, кампилобактерии или листерии.

При получении результатов анализа следует немедленно проверить и зарегистрировать применимые пределы. Результаты должны быть перенесены в электронном виде в базу данных мониторинга, а бумажная копия должна храниться у производителя биосолидов.

7.4.3.2 Отбор проб почвы

Следует взять пробы принимающей почвы, чтобы получить знания о соответствующих физических и химических свойствах, которые помогут определить, как наилучшим образом использовать биотвердые вещества. Почву следует оценивать до начала программы землеустройства и периодически после этого для определения:

— соответствие применимым требованиям в отношении содержания микроэлементов;

— содержание питательных веществ, которое будет использоваться для проверки отсутствия избытка питательных веществ (в конце сезона после сбора урожая или через соответствующие промежутки времени);

— рН, чтобы определить, требуется ли корректировка (например, добавить щелочной материал в кислые почвы); и

— текстура почвы.

Отбор проб почвы следует проводить с использованием непредвзятой схемы, такой как прямоугольник или сетка, чтобы получить репрезентативные образцы участка в целом. Следует избегать отбора проб из нерепрезентативных зон, таких как линии ограждения, места хранения удобрений или биотвердых веществ, болотистые местности, а также вблизи дорог или зданий.

Количество отбираемых проб должно быть репрезентативным для области применения и отражать изменчивость участка в отношении топографии и типа/текстуры почвы.

Для получения дополнительной информации об отборе проб почвы необходимо руководствоваться серией стандартов ISO 18400 [9].

7.4.4 Постоянное совершенствование

Все программы управления твердыми биологическими веществами должны быть гибкими, чтобы адаптироваться к изменяющимся условиям. Изменения могут включать:

— обновления нормативных актов;

— диверсификация программы (наличие других вариантов применения);

— качество или количество биотвердых веществ;

— усовершенствования прикладного оборудования; и

— общественное признание.

Эти изменения могут потребовать полного переосмысления программы управления или незначительных улучшений. Заинтересованные стороны должны обеспечить, чтобы требования к контрактной программе допускали внесение изменений в соответствии с изменениями и позволяли постоянно совершенствоваться.

Руководители программ по биотвердым веществам должны:

— внедрить систему менеджмента качества окружающей среды (например, ISO 14001) [10], включающую:

— контроль документации,

— ведение и обновление процедур,

— аудит программ (внутренний и сторонний внешний) и

— отчетность об инцидентах, обзор и оценка;

— стремитесь к созданию качественной, передовой программы, такой как:

— оставаться на связи и получать информацию от:

— связь с профессиональными ассоциациями /членство в комитетах (будьте в курсе событий); развитие местной, национальной, международной сети;

— обновленная информация об исследованиях и технологиях,

— осведомленность об изменениях в законодательстве и возникающих проблемах, а также — обучение (участие в конференциях, семинарах, вебинарах);

— разработать долгосрочную программную стратегию (для руководства программой), такую как:

— работа с заинтересованными сторонами для определения видения, целей и принципов программы,

— прогнозирование изменяющихся условий (население, демография, производство, наличие земель, доступ к ним, нормативные и социальные тенденции, политические и экономические изменения, а также изменение окружающей среды/климата).

7.4.5 Добровольное соглашение и гарантия качества

Добровольные соглашения о применении биосолидов на земле с заинтересованными сторонами (такими как розничные торговцы продуктами питания и переработчики, фермеры и землевладельцы) могут быть использованы для решения вопроса восприятия и повышения приемлемости использования биосолидов в программах производства сельскохозяйственных культур.

Любое наземное применение биотвердых веществ должно соответствовать этим добровольным соглашениям.

Должна существовать система обеспечения качества для производства биотвердых веществ и процесса землепользования в целом. Эта система должна включать обеспечение качества, которое начинается до очистки сточных вод, с контроля за используемыми химическими веществами и контролем источников потенциальных загрязнителей. Эта система должна включать производство биотвердых веществ в процессе очистки сточных вод, вплоть до стабилизации биотвердых веществ и уменьшения притяжения переносчиков, землепользование, методологии и практики, стандарты конечного места применения и конечное использование. Чтобы продемонстрировать прозрачность и обеспечить поддержание доверия заинтересованных сторон на протяжении всего процесса, эта система обеспечения качества должна регулярно проверяться независимым аудитом. Основные критерии должны включать следующее:

— Качество твердых биологических веществ, в частности:

контроль потенциальных загрязнителей из точечных источников;

стратегия отбора проб и анализа для мониторинга качества биотвердых веществ на предмет концентраций регулируемых параметров, таких как микроэлементы; и

обработка биотвердых веществ для значительного снижения содержания в них патогенов и летучих органических фракций, которые в результате аэробного, анаэробного или ферментативного разложения непосредственно связаны с возможностью образования запаха.

— Качество почвы, особенно:

стратегия отбора проб почвы для мониторинга качества почвы на предмет концентраций регулируемых элементов (питательных веществ, микроэлементов), часто в зависимости от определенных почвенных условий, таких как тип почвы, рН, содержание органического вещества, способность к катионообмену или другие ключевые условия, чтобы не были превышены предельные значения почвы; и

процесс оценки качества почвы или субстрата перед внесением биотвердых веществ и механизм прогнозирования для определения ожидаемых результатов, гарантирующий, что предельные значения будут определены до фактического внесения, и гарантирующий целостность этих предельных значений почвы на протяжении всего процесса обращения с биотвердыми веществами.

— Норма внесения биотвердых веществ, в частности:

конкретная норма внесения и цель, для достижения которой предназначена конкретная норма внесения (например, норма внесения дополнительного органического вещества, агрономическая норма внесения, норма внесения для других конкретных целей);

количество питательных веществ, которые могут быть внесены, в частности азота и фосфора, в соответствии с требованиями урожая или другой растительности;

прогнозируемое среднее количество регулируемых элементов (других питательных веществ, микроэлементов), которые могут быть внесены в почву, и за какой период, обычно в кг/га/год, или мг кг–1 прирост почвы по сравнению с исходным уровнем;

количество сухих веществ биотвердых веществ, которое может быть нанесено за год или несколько лет; и

сроки и способ нанесения биотвердых веществ в зависимости от землепользования после нанесения. Должно быть представлено обоснование сроков и метода с особым акцентом на их конструкцию в отношении защиты животных, потребителей пищевых продуктов и непосредственной окружающей среды от переноса патогенов, и/или сохранения питательных веществ для растений, и/или риска стока и миграции за пределы участка.

На протяжении всего процесса обращения с твердыми биоматериалами следует вести соответствующие записи, которые в дополнение к вышеуказанным критериям должны включать информацию о:

— источники биотвердых веществ;

— применяемые количества; и

— местоположение принимающей земли.

**8 Цели использования земель сельскохозяйственного назначения**

**8.1 Общие положения**

Использование биотвердых веществ замыкает цикл питательных веществ и является устойчивым решением для восстановления питательных веществ. Внесение биосолидов в почву следует использовать для устойчивого использования этого ресурса с целью улучшения физических свойств почвы, таких как удержание питательных веществ, содержание органических веществ и влагоудерживающая способность, а также для обеспечения культур и растений питательными веществами при минимизации потенциальных рисков для окружающей среды и здоровья человека.

Надлежащая обработка биотвердых веществ и управление ими должны учитывать следующее:

— надлежащее хранение;

— безопасная транспортировка твердых биологических веществ;

— внесение, основанное на потребностях культуры в питательных веществах; и

— правильный выбор участка для минимизации потенциальных неблагоприятных последствий.

Информация о преимуществах внесения биотвердых веществ в почву и воздействии биотвердых веществ на почвы приведены в разделе 4 и приложении В.

**8.2 Агрономические соображения**

8.2.1 Регулирование содержания азота — Общие положения

Большинство растений получают азот из почвенного раствора. Азот встречается в почве в нескольких органических и неорганических формах (степени окисления). Азот в неорганических формах содержится в аминокислотах, белках и более стойких органических материалах (таких как гуминовые вещества). Неорганические формы включают аммоний (NH4+), нитрат (NO3–) и нитрит (NO2–).

Азот, вносимый в почву в виде неорганических удобрений или биотвердых веществ (или других органических добавок), подвергается биохимическим и физическим процессам, которые формируют азотный цикл. Неорганические формы азота являются доступными для растений. Все формы азота могут присутствовать в почве в любой момент времени, главным образом потому, что азот легко переходит из одной формы в другую.

8.2.2 Азот в биотвердых веществах

8.2.2.1 Общие положения

Формами азота в биотвердых веществах являются органический азот, аммоний (NH4+) и нитрат (NO3–). Последние две формы доступны растениям. Концентрация нитратов в большинстве твердых биологических веществ очень низкая.

Аммоний–N, преобразованный в нитрат–N, становится доступным растениям после внесения. Органический азот должен быть преобразован в неорганические формы путем разложения органического вещества (минерализации). Органический азот обеспечивает медленное высвобождение азота для сельскохозяйственных культур.

Концентрация аммонийного азота и органического азота и их доля в биотвердых веществах зависят от происхождения сточных вод и от типа процессов очистки сточных вод и биотвердых веществ.

8.2.2.2 Определение нормы внесения биотвердых веществ в зависимости от содержания азота

Норму внесения биосолидов следует определять таким образом, чтобы обеспечить количество азота, необходимое культуре или растительности для достижения желаемого урожая, при минимизации количества азота, которое будет просачиваться ниже корневой зоны в грунтовые воды.

Норму внесения биотвердых веществ можно рассчитать с использованием подхода к азотному балансу. Этапы этого подхода включают в себя:

a) определить чистую потребность культуры в азоте;

b) определить доступный растениям азот из биотвердых веществ;

c) рассчитайте остаточный азот в почве на основе результатов испытаний и предыдущих применений азота;

d) рассчитайте годовую норму внесения биотвердых веществ путем вычитания чистой потребности растений из доступного растениям азота в биотвердых веществах + остаточного азота в почве, выраженного в кг/га/год;

e) убедитесь, что поступление азота из биотвердых веществ не превышает максимально применимых ограничений (например, зоны, уязвимые к нитратам).

8.2.2.3 Чистый азот

Чистый азот следует рассчитывать, используя количество неорганического азота, в котором нуждается растение (поглощение растением), за вычетом количества азота, поступающего из почвы.

Количество азота, поступающего из почвы, складывается из остаточного азота в почве плюс минерализованный азот, полученный в результате прошлогоднего внесения биосолидов или других удобрений, улучшителей почвы, органических удобрений и растительных остатков. Это количество уменьшает количество азота, необходимое для применения новых биосолидов.

Чистая потребность в азоте должна быть рассчитана в соответствии с формулой (1).

(1)

где, – количество азота, необходимое для внесения биосолидов, в кг/га;

– это потребность в урожае *N*, выраженная в кг/га;

– это остаточный *N* почвы после предыдущих применений, в кг/га, измеренный с помощью специального анализа.

8.2.2.4 Установка доступна N

Доступный для растений азот (PAN) в биотвердых веществах включает неорганический азот, изначально содержащийся в биотвердых веществах, плюс органический азот, минерализованный в течение первого года применения, за вычетом азота, теряемого в атмосферу в результате улетучивания аммиака и денитрификации.

Поскольку в большинстве биотвердых веществ присутствует низкая концентрация нитратов, ее можно было бы проигнорировать при оценке PAN, а также потенциальную денитрификацию NO3-.

Емкость должна быть рассчитана в соответствии с формулой (2).

(2)

где, – доступный растению азот из применяемых биотвердых веществ, в кг/т;

– неорганический азот в биотвердых веществах, в %;

- органический азот в биотвердых веществах × в применяемом виде, в %;

– степень минерализации N-org в течение года применения, % от начальной минерализации N-org;

*V* – потеря NH3 в результате улетучивания, в %;

10 – это коэффициент для преобразования из % в кг/т.

8.2.2.5 Показатели минерализации биотвердых веществ за год применения

Степень минерализации азота в почвах особенно зависит от:

— тип очистки сточных вод, влияющий на тип твердых биологических веществ;

— тип обработки твердых биоматериалов: анаэробное сбраживание, сгущение, обезвоживание, известкование, компостирование, а в некоторых случаях комбинация некоторых из этих методов обработки;

— условия и продолжительность хранения твердых биологических веществ;

— погодные условия (температура, количество осадков); и

— тип и особенности почвы (рН, структура, текстура, дренаж, влагоудерживающая способность и т.д.).

Оценки коэффициентов минерализации N приведены в таблице 1. Фактические показатели минерализации могут значительно варьироваться в зависимости от климатических и почвенных условий в месте нанесения.

**Таблица 1 – Оценки степени минерализации азота для биотвердых веществ при различных методах обработки**

|  |  |
| --- | --- |
| Способ обработки биотвердых веществ | Степень минерализации (% от исходного органического азота) |
| Переваривается анаэробно |  |
| Переваривается анаэробно | 20–40 |
| Жидкость | 25–45 |
| Обезвоженный | 25–45 |
| Термически высушенный | 30–50 |
| Усваивается анаэробно | 10–30 |
| Отстоявшийся | 30–60 |
| Стабилизированный известью | 0–30 |
| Компостированный | 15–40 |
| Сушильный слой | 30–50 |

8.2.2.6 Показатели минерализации в течение нескольких лет после применения

Доступность азота в течение многих лет после внесения биотвердых веществ тесно связана с агроклиматической системой, типом биотвердых веществ и методами внесения (дозой и периодом приема).

Таким образом, уровень минерального азота в последующие годы после внесения сильно варьируется от года к году и от одного контекста к другому.

Факторами, влияющими на минерализацию органическим азотом, являются следующие:

— эффективность поглощения азота предыдущей культурой;

— наличие или отсутствие растительного покрова при междурядьях (осень и/или зима); и

— сезонные температуры, а также количество осадков, влияющие, таким образом, на интенсивность вымывания.

Существуют средние значения минерализации, но они подвержены значительным отклонениям в зависимости от местных условий; поэтому их не следует использовать в качестве ориентира или надежного индикатора.

Таким образом, измерение уровня почвы перед посевом следующего урожая необходимо для оценки потребности в дополнительном азотном удобрении и, таким образом, для перехода к оптимальной корректировке плана внесения удобрений.

8.2.2.7 Улетучивание аммиака

Потеря газообразного аммиака (NH3) в атмосферу после нанесения биотвердых веществ может уменьшить количество PAN.

На улетучивание влияют несколько факторов:

— рН почвы и твердых биологических веществ;

— процесс очистки сточных вод;

— способ нанесения биотвердых веществ:

— заделка в сравнении с инъекцией,

— дни до заделки и

— поверхностное нанесение на живую культуру или растительные остатки в сравнении с голой почвой;

— содержание влаги в биотвердых веществах и почве; и

— температура воздуха и скорость ветра.

Потери от улетучивания близки к нулю, когда биотвердые вещества вводятся или сразу же заделываются в почву, когда почва имеет низкий рН или когда ветер и температура воздуха низкие. Напротив, потери от улетучивания больше, когда биотвердые вещества наносятся на поверхность почвы, а почва сухая и теплая. В таблице 2 представлены потенциальные потери аммиака (NH3) из-за улетучивания.

Таблица 2 – Рекомендуемые значения потерь аммиака после внесения биотвердых веществ в сельскохозяйственные и лесные угодья

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Способ нанесения | Скорость улетучивания (% от потерянного аммиака) | |
| Сельскохозяйственное применение | Жидкость | Обезвоженный |
| Обезвоженный или жидкий |  |  |
| Заделка путем обработки почвы |  |  |
| 0–2 дня до заделки | 20 | 40 |
| 3–6 дней до заделки | 30 | 50 |
| > 6 дней до заделки | 40 | 60 |
| Вводится в почву | 0 | 0 |
| Компостированный или сушильный слой | н/о | 0 |
| Стабилизированный известьюa | 90 | 90 |
| Применение в лесном хозяйстве b | | |
| Открытая подставка | 10 | 25 |
| Закрытый стенд | 5 | 15 |
| a Проанализирован на содержание аммония () перед добавлением извести.  b Предполагает нанесение на поверхность жидким и обезвоженным способом. | | |

8.2.2.8 Норма внесения биотвердых веществ на основе азота (БАР–N)

Для расчета нормы внесения биотвердых веществ (БАР) в соответствии с формулой (3) следует использовать результаты расчета чистой потребности в N [см. формулу (1)] и PAN в биотвердых веществах [см. формулу (2)]:

(3)

где, норма внесения биотвердых веществ в метрических тоннах/га;

масса азота, необходимая для внесения биотвердых веществ, в кг/га;

количество доступного растению азота из биотвердых веществ, кг/т.

8.3 Регулирование содержания фосфора

8.3.1 Общие положения

Доступный растениям фосфор - это фосфор, который находится в почвенном растворе или слабо адсорбируется частицами почвы и органическим веществом.

Азот и фосфор обычно содержатся в одинаковых концентрациях в биотвердых веществах, но часто потребность сельскохозяйственных культур в фосфоре значительно ниже. Следовательно, нормы внесения, основанные на потребностях в азоте, часто превышают нормы внесения фосфора. Такое избыточное внесение может быть эквивалентно требованиям к урожаю в течение 3-5 лет. Хотя высокие нормы внесения фосфора обычно не оказывают негативного воздействия на почву, он может отрицательно сказаться на поверхностных водах, если он перемещается за пределы участка в результате стока или эрозии почвы. Однако сильная склонность фосфора адсорбироваться на коллоидных поверхностях и образовывать нерастворимые комплексы с катионами означает, что потери снижаются, если принимаются меры по уменьшению стока и эрозии почвы.

Когда для обработки шламов используется биологическая обработка, примерно 50–80 % от общего количества фосфора, внесенного в почву, становится доступным растениям в первый год. Напротив, после химической обработки, при которой в сточные воды добавляют квасцы или хлорид железа для осаждения, растворенного/растворимого фосфора, доступность фосфора снижается. Фосфор, связанный в этих комплексах алюминия или железа, труднодоступен для растений (< 25 % по сравнению с неорганическими удобрениями).

8.3.2 Определение нормы внесения биотвердых веществ в зависимости от содержания фосфора

Внесение фосфора следует учитывать при расчете нормы внесения в почву на основе азота. Чтобы ограничить накопление фосфора в почве, следует учитывать следующие факторы:

— норма удаления фосфора из урожая;

— результирующая нагрузка фосфором, когда норма внесения биотвердых веществ основана на норме азота;

— тип процесса обработки, используемого для получения биотвердых веществ (например, биологическая обработка против квасцов или обработка железом);

— связывающая способность фосфора; и

— рН почвы.

Норму внесения биотвердых веществ можно рассчитать, используя подход к балансу фосфора. Этапы этого подхода включают в себя:

а) оцените потребность в фосфоре, которая позволяет последовательно выращивать культуры с желаемой урожайностью;

b) оценить содержание доступного растениям фосфора в биотвердых веществах;

c) рассчитать многолетнюю норму внесения биотвердых веществ путем деления последовательности потребностей сельскохозяйственных культур на доступный растениям фосфор из биотвердых веществ; и

d) сравните нормы внесения азота и фосфора и придерживайтесь более строгих правил.

Содержание фосфора в биотвердых веществах обычно выражается в виде общего содержания фосфора (TP). При определении потребности сельскохозяйственных культур/растений в фосфоре определение следует выражать в виде оксида фосфора (P2O5), как в неорганических удобрениях.

На количество фосфата, доступного растениям в год внесения, влияют:

— процесс обработки, используемый для получения биотвердых веществ;

— климатические условия в зоне применения (температура, влажность); и

— состояние почвы (микробиологическая активность почвы).

Эти факторы влияют на разложение органического вещества и химические реакции в почве, которые превращают связанный фосфор в доступный растениям фосфат (PAP). Подробный расчет PAP можно найти в приложении J.

Чрезмерное внесение удобрений может привести к ухудшению состояния окружающей среды в результате вымывания питательных веществ и эвтрофикации вод (например, вызывая цветение водорослей и дезоксигенацию водоемов). Управление фосфором следует осуществлять с использованием наилучших методов управления, чтобы уменьшить сток и эрозию почвы, а также снизить риск попадания фосфора в водные объекты.

Наилучшие методы управления, такие как более низкие нормы внесения на склонах, мульчирование, сохранение растительных остатков на поверхности почвы, буферные системы для растений, а также снижение уровня поверхностных вод и времени внесения, могут снизить риск потерь фосфора.

8.4 Ежегодная норма внесения биотвердых веществ

Применение этого подпункта предполагает осведомленность о применимых правовых требованиях, которые могут варьироваться в зависимости от страны.

Годовая норма внесения биотвердых веществ (ABAR) – это максимальное количество биотвердых веществ в метрических тоннах (сухая масса), которое может быть внесено на гектар земли в течение 365 дней. Он ограничен самым ограниченным количеством азота, фосфора и микроэлементов.

Значение ABAR может быть рассчитано для азота (BAR–N) в соответствии с пунктом 8.2, фосфора (BAR–P) в соответствии с приложением J и годовой нормы содержания микроэлементов (ATELR) для каждого из микроэлементов в соответствии с приложением K. Значение ABAR для биотвердых веществ - это наименьшее значение ABAR, рассчитанное для азота, фосфора или микроэлементов. В качестве дополнительного ограничения концентрация микроэлементов в почве после внесения биотвердых веществ не должна превышать значений, перечисленных в таблице К.5.

9 Хранение, постановка, ограждение и вывески

9.1 Общие положения

Твердые биоматериалы следует хранить в местах, доступ к которым может быть ограничен или контролироваться общественностью. Землевладельцы и/или фермеры должны применять подход, основанный на оценке риска, чтобы гарантировать, что выбранное место хранения твердых биологических веществ обеспечивает надлежащий уровень защиты населения. Исключение с помощью ограждений и предупреждений в виде знаков помогает справиться с этим риском.

Варианты включают в себя:

— огородить территорию временным ограждением или поместить биотвердые вещества в существующий комплекс для предотвращения несанкционированного доступа; и

— размещение указателей на всех въездах на территорию объекта с момента доставки биотвердых веществ на объект до тех пор, пока биотвердые вещества не будут внесены в почву и не будут соблюдены сроки исключения домашнего скота.

Для земель, обработанных биотвердыми веществами группы 2, может быть рассмотрен вопрос об ограничении доступа с помощью таких средств, как перекрытие дорог и обеспечение безопасности в течение определенного периода времени после нанесения, для снижения рисков для здоровья людей и животных.

Среднесрочное хранение биотвердых веществ (более 3 месяцев или в зимний период) должно осуществляться на специальных объектах, где доступ общественности может быть ограничен или контролироваться, а экологические риски должным образом регулироваться. Производитель биотвердых веществ должен применять подход, основанный на оценке риска.

Кратковременное хранение в полевых условиях используется для подготовки перед внесением в почву. Для уменьшения потенциальной опасности может быть предусмотрено минимальное хранение в полевых условиях. При складировании твердых биологических веществ следует выбирать подходящее место. Критерии, которые необходимо учитывать, включают:

— ровный (уклон склона ≤ 3%);

— возвышенные земли, расположенные далеко от водных путей и подверженных наводнениям земель;

— ограниченный несанкционированный доступ;

— текстура почвы;

— близость к жилым помещениям или уязвимым районам; и

— глубина залегания грунтовых вод.

9.2 Вывески

Знаки должны:

— быть размещенным в подходящем и видимом месте (местах);

— быть устойчивым к атмосферным воздействиям (например, изготовленным из металла или пластика);

— иметь предупреждение, в котором четко указаны ожидания и/или ограничения доступа к сайту; и

— избегать использования подстрекательских выражений или предупреждений, основанных на страхе, поскольку они могут вызвать необоснованные опасения.

На вывесках может быть указана следующая информация:

— цель периода исключения или удержания;

— требование, в соответствии с которым размещается знак (если применимо);

— контактные данные ответственного лица;

— предполагаемая дата завершения подачи заявки;

— будут действовать ограничения по продолжительности;

— любая обязательная формулировка, касающаяся общественного здравоохранения;

— какие-либо особые ограничения (например, на территорию не допускаются посторонние лица, запрещается выгул собак);

— какие-либо конкретные рекомендации;

— карта объекта, точно показывающая, где происходили действия; и

— альтернативы использованию участка, например, если есть другой путь через территорию, в то время как территория находится под ограничением, в качестве дополнительной информации.

10 Транспортные услуги и доставка на места

Когда твердые биоматериалы транспортируются к месту применения на суше для временного хранения и использования, следующие методы управления могут облегчить потенциальные проблемы, связанные с транспортировкой и временным хранением в полевых условиях:

— перед транспортировкой биотвердых веществ может быть экономически выгодно уменьшить объем биотвердых веществ путем обезвоживания биотвердых веществ;

— доставка и хранение биотвердых веществ в полевых условиях должны планироваться заранее и координироваться между производителем биотвердых веществ, перевозчиком и землевладельцем, а дорожные условия должны учитываться в плане;

— по возможности следует сократить время между транспортировкой и внесением в почву, а также время хранения. Это может предотвратить утечку фильтрата или неприятных запахов из хранящейся кучи. Если срок подачи заявки на землю не близок к дате поставки, хранение следует спланировать заранее, чтобы свести к минимуму вероятность неприятного запаха, вымывания питательных веществ и улетучивания;

— транспортное оборудование должно быть подходящим для обеспечения поддержания концентрации твердых веществ и отсутствия потери фильтрата или неприятных запахов (например, закрытые, герметичные задние ворота и т.д.); и

— подрядчикам по транспортировке, возможно, потребуется получить лицензию в зависимости от применимых местных требований. Кроме того, транспортировка твердых биологических веществ между странами или юрисдикциями может быть сопряжена с дополнительными требованиями.

Перед транспортировкой твердых биологических веществ следует оценить следующие аспекты транспортировки:

— выбор маршрутов на основе оценки рисков для определения маршрута с минимальным воздействием на окружающую среду и сообщество в случае потери груза или увеличения движения грузовых автомобилей (увеличение выбросов углекислого газа);

— воздействие нерегулируемых выбросов (т.е. затраты на налог на выбросы углерода);

— требования к инфраструктуре (например, улучшение доступа к объекту, транзитные дороги, пункты приема жидких биотвердых веществ и т.д.);

— повышение эффективности перевозок и доставок (например, доставка на несколько площадок, обратная загрузка и т.д.);

— требования к ведению учета (т.е. собранный объем/вес, источник биотвердых веществ/местоположение склада /место сбора, подрядчик по перевозке – название, компания, контактный номер, вместимость транспортного средства, место (ы) доставки, предлагаемый маршрут, способ нанесения и т.д.);

— требования к обучению подрядчиков по транспортировке и землеустройству для обеспечения всей информации по охране здоровья и технике безопасности при обращении с твердыми биологическими веществами; и

— требования к реагированию на чрезвычайные ситуации (например, предотвращение разливов и реагирование на них, методы очистки, реагирование на аварии и т.д.).

11 Способов нанесения

Биотвердые вещества могут быть:

— нанесение на поверхность (растекание, распыление или проецирование на сушу);

— заделывается в почву; и

— вводится в почву (жидкие биотвердые вещества).

Иногда предпочтительным методом считается поверхностное нанесение, чтобы избежать нарушения посевного фонда на пастбищах. Однако использование дисков, культиватора или плуга может снизить потенциальный риск воздействия. Внесение может производиться с помощью обычного сельскохозяйственного оборудования, такого как разбрасыватели навоза. Жидкие биотвердые вещества могут быть выброшены на сушу с помощью инжекционных форсунок, установленных на танкере-доставщике. Те же насадки можно было бы использовать для поверхностного нанесения жидких биотвердых веществ.

Как правило, нанесение на лесные угодья - это тип поверхностного нанесения с использованием автоцистерн и опрыскивателей, которые распыляют жидкие биотвердые вещества в лес, или наносят частично обезвоженные биотвердые вещества специальным транспортным средством-аппликатором. Устройство для нанесения состоит из большого контейнера, который подается в высокоскоростное устройство бокового выброса, называемое аэрозольным распылителем. Биотвердые вещества наносятся с помощью аэрозольного распылителя на лесной участок в заранее отмеренных количествах с дорог, которые обеспечивают маршруты в лесу. В этом случае при планировании землепользования следует учитывать другие виды использования леса сообществом и предоставить карту землепользования потенциальным пользователям лесных троп (например, использование тропы для занятий спортом, езды на велосипеде и пешего туризма).

Предпочтительный способ нанесения должен зависеть от:

— цели землеустроительной заявки;

— потенциальный риск; и

— тип твердых биологических веществ (жидкие или обезвоженные).

Для места применения могут потребоваться соответствующие вывески и ограждения. Дополнительную информацию см. в 9.2.

12 Конкретные меры по смягчению воздействия патогенов на сельскохозяйственные угодья

Степень борьбы с патогенами должна зависеть от качества применяемых биотвердых веществ, а также от типа выращиваемой культуры (пищевая или непищевая). Цель борьбы с патогенами состоит в том, чтобы создать еще один барьер для воздействия на человека и дополнительно смягчить любое воздействие на человека или окружающую среду, возникающее в результате полезного использования твердых биологических веществ сточных вод. В случае биотвердых веществ группы 1 дополнительные методы, такие как инкорпорация, не требуются для снижения рисков, связанных с патогенами, в то время как биотвердые вещества группы 2 могут потребовать использования методов борьбы с патогенами, таких как:

— включение или инъекция;

— периоды удержания; и

— ограниченный доступ и вывески.

На землю, обработанную биотвердыми веществами группы 2, может быть ограничен доступ в течение определенного периода времени после нанесения, чтобы снизить риски для здоровья людей и животных. Пример ограниченной деятельности на измененном сайте biosolids и периоды удержания приведены в приложении Q.

13 Ведение учета

13.1 Общие положения

Сбор данных и их регистрация должны быть неотъемлемым этапом программы обеспечения качества. При имеющемся в настоящее время уровне технологий может быть создана всеобъемлющая база данных для одновременной интеграции нескольких важных функций, которые необходимо отслеживать. К ним относятся операционная эффективность, эксплуатационные расходы, информация о клиентах и для них, а также краткосрочное и долгосрочное стратегическое планирование.

Картографирование землепользования твердыми биоматериалами с помощью географической информационной системы (ГИС) может использоваться для содействия организации и поддержанию соответствия требованиям и ведения учета, а также для облегчения будущих планов землепользования. ГИС могла бы также поддерживать этапы моделирования миграции загрязняющих веществ и определять буферные зоны для использования на земле.

Ведение учета должно осуществляться прозрачным и недвусмысленным образом, а также может быть запрошено в целях удовлетворения применимых нормативных требований. Записанные данные должны храниться не менее 10 лет.

Должна быть записана следующая информация:

— качество биотвердых веществ;

— количество в партии;

— тип и обработка биотвердых веществ;

— местоположение принимающей земли;

— отбор проб почвы и ее анализ;

— количество и дата внесения; и

— добавление микроэлементов, питательных веществ и нежелательных компонентов в почву.

Дополнительная информация может быть записана либо отдельно, но предпочтительно в интегрированную базу данных. Примерами такой дополнительной информации являются:

— виды выращиваемых культур;

— консультации с другими организациями относительно чувствительных зон, ограничений применения и т.д.;

— оперативный контроль, включая планирование участка и координацию отбора проб почвы и анализа, маршрут движения транспортных средств, данные о фермах и полях (доступ и т.д.), требования заказчика и т.д.;

— “отчеты о несоответствующей продукции” для регистрации событий, которые не соответствовали системе качества, и предпринятых корректирующих действий;

— маркетинг и удовлетворенность клиентов;

— стратегическое планирование, сезонное и долгосрочное;

— меры предосторожности при исключительных погодных явлениях; и

— жалобы и способы их рассмотрения.

13.2 Распространение записей

Следует вести журнал учета распространения и направлять информацию оператору по распространению биотвердых веществ. В этом документе должно быть указано:

— контактные данные с конечным пользователем;

— происхождение и номер партии твердых биологических веществ;

— область применения;

— норма расхода;

— местоположение склада твердых биологических веществ или промежуточного района, если применимо; и

— погодные условия (например, температура, осадки, скорость и направление ветра).

Следует приложить подробную карту соответствующего масштаба, чтобы облегчить определение области применения, запасов и потенциальной буферной зоны. Как только заявка будет заполнена, информация о книге распространения должна быть возвращена в генератор биосолидов. Информация должна включать даты подачи заявок и окончательную стоимость, а также любые инциденты или жалобы, которые могли иметь место. Эта информация также должна быть интегрирована в план управления конечными пользователями на местах.

13.3 Инспекция на местах

Полевая инспекция должна проводиться во время операций по доставке и распределению. Следующая информация должна быть записана для:

— постановка:

— уместность расположения;

— оптимизация площади хранения для ограничения требований к выдвижению;

— чистота доступа;

— область применения:

— равномерность распределения;

— сохранение структуры почвы;

— поддержание буферных зон.

Деятельность по доставке и распространению должна при необходимости проверяться производителем биотвердых веществ или их подрядчиком.

14 Цели мелиорации земель

14.1 Общие положения

Правильно организованное внесение биосолидов в почву в рамках сценария мелиорации повысит плодородие почвы, ее структуру и рост растений, обеспечивая при этом защиту окружающей среды. Было доказано, что биотвердые вещества повышают продуктивность почв, а также могут восстанавливать деградированные участки в продуктивные земли.

Для получения дополнительной информации о преимуществах применения биосолидов на земле см. раздел 4, приложения В и P.

Целями реабилитации нарушенных земель должны быть восстановление продуктивности истощенного или деградировавшего участка до уровня, который будет постоянно поддерживать самоподдерживающееся экологическое сообщество, обычно включающее растения, микробы, насекомых и, возможно, высших животных.

При достижении этой цели может быть достигнуто несколько одинаково важных целей: смягчение эрозии, борьба с пылью, повышение устойчивости рельефа и улучшение визуального или эстетического качества.

Цели и задачки при использовании биотвердых веществ для программ реабилитации должны быть четко определены и поддаваться количественной оценке. Цели программы реабилитации могут быть направлены на «восстановление», но также могут быть менее предписывающими в отношении конечных производственных требований. Цели могут варьироваться от минимального экологического восстановления (реабилитации), при котором сообщество растений является устойчивым, до более полного требования, которое предполагает восстановление до продуктивного состояния, в значительной степени аналогичного тому, которое наблюдалось до нарушения. Также могут быть указаны будущие требования к производительности в соответствии с последующим планом землепользования или мелиорации/восстановления/реабилитации.

Поскольку почвы на участке определяют продуктивность, результаты программ рекультивации, реабилитации или реставрации могут быть тесно связаны с целями освоения почв.

Биотвердые вещества обладают постоянными свойствами, которые позволяют оказывать содействие в достижении целей мелиорации земель за счет значительного вклада в развитие почв. В частности, следующие объекты недвижимости могут быть использованы в проектах или программах по рекультивации, реставрации и реабилитации:

— стабилизированное органическое вещество, которое может быть использовано в качестве добавки к органическому веществу почвы. Сложное органическое вещество поставляет углерод и важные участки органического связывания, ценные для развития почвы;

— питательные вещества, практически полный набор макро— и микроэлементов, необходимых для роста растений, микробов, грибков и животных, размножения и выживания; и

— вода, особенно в виде суспензии или обезвоженных биотвердых веществ, которые могут способствовать раннему прорастанию растений и уплотнению почвы.

Твердые биопрепараты, хотя и являются безусловно полезными для конкретных целей рекультивации, следует использовать с осторожностью из–за присутствия в ничтожных количествах вредных компонентов, таких как патогены, непитательные микроэлементы и органические соединения. Следует учитывать потенциальный перенос загрязняющих веществ в водные ресурсы и растительность. См. приложение R для получения дополнительной информации о преимуществах использования биотвердых веществ для рекультивации.

14.2 Управление сайтом

14.2.1 Общие положения

Там, где землеустройство определено в качестве варианта, следует оценить, может ли мелиорация земель стать осуществимым и устойчивым выходом. В рамках этой технико-экономической оценки должна быть составлена карта пригодности земель. Следует оценить объем земель, требующих рекультивации, в пределах экономичного транспортного расстояния от места производства биотвердых веществ, а также возможность координации будущих проектов. Поскольку использование биотвердых веществ на месте рекультивации обычно является одноразовой возможностью, следует управлять запланированной последовательностью проектов рекультивации, чтобы обеспечить непрерывность работы предприятия в будущем.

Эта стратегия может быть реализована с помощью последовательных проектов на разных нарушенных участках или с помощью проекта постепенной рекультивации на одном участке достаточного размера. Использование биотвердых материалов и планирование проекта могут определяться ограничениями и требованиями землевладельца, а также скоростью производства биотвердых материалов.

Проекты часто могут быть разрозненными и не предусматривать возможности повторных заказов. Следует рассмотреть возможность небольших, но непрерывных схем рекультивации для муниципалитетов (обочины дорог, городское запустение).

При применении биотвердых веществ в целях рекультивации следует принимать во внимание последующее и перспективное землепользование. Территория, где сегодня ведется промышленная деятельность, в будущем может быть использована для коммерческой, рекреационной, сельскохозяйственной или жилой деятельности. Использование биотвердых веществ при мелиорации земель не должно влиять на будущие возможности землепользования. При выборе площадки следует принимать во внимание, следующее:

— физические характеристики объекта;

— существующий субстрат;

— климат;

— существующая растительность;

— водные ресурсы;

— площадь земельного участка, местоположение и доступ;

— образование биотвердых веществ (например, жидких, обезвоженных); и

— близость к потенциально чувствительным объектам (например, жилым районам).

14.2.2 Свойства почвы/субстрата

Свойства почвы или субстрата для конечных отходов, в тех случаях, когда оставшаяся почва отсутствует, могут оказать существенное влияние на пригодность участка для внесения биотвердых веществ.

Легкость, с которой добавленная вода и/или питательные вещества могут проникать внутрь (инфильтрация) и перемещаться по профилю почвы (проницаемость и внутренний дренаж), может определять, насколько быстро питательные вещества будут адсорбированы, диспергированы или могут вымываться из почвы.

Фактический объем почвы следует использовать для определения ассимиляционной способности почвы (сколько добавленной жидкости и питательных веществ почва может принять), а при оценке участка следует учитывать знания о способности почвы удерживать питательные вещества в пределах почвенного профиля.

Физические и химические характеристики принимающей почвы или субстрата должны быть определены до нанесения биотвердых веществ. Характеристики, подлежащие рассмотрению, должны включать:

— микроэлементы;

— макро- и микроэлементы;

— органическое вещество;

— рН;

— электрическая проводимость;

— способность к катионообмену (CEC);

— коэффициент адсорбции натрия;

— текстура;

— требуемое или используемое содержание карбоната на участке (извести) (для изменения кислотности почвы);

— насыпная плотность;

— пористость;

— глубина и характеристики почвенного профиля (почвенный профиль может отсутствовать из-за обширных нарушений почвы); и

— глубина залегания грунтовых вод.

Характеристики биотвердых веществ, оценка почвы и нормативно-правовая база должны приниматься во внимание при оценке того, можно ли использовать имеющиеся биотвердые вещества и в каком количестве, с учетом микроэлементов, добавления питательных веществ и развития почвы.

Следует также учитывать необходимость корректировки рН почвы для снижения растворимости микроэлементов и, следовательно, их доступности. В таких случаях операции по регулированию рН (например, требования к извести) должны быть включены в процедуры подготовки площадки в рамках программы нанесения. Нормативные акты (специфические или адаптированные с учетом других видов применения биотвердых веществ в землепользовании, таких как сельское хозяйство) могут служить основой для расчета максимальной нормы, основанной на содержании микроэлементов или загрязняющих веществ, где это применимо.

На определенных участках (например, на кислых рудниках) удобство добавления органического вещества для контроля регрессии кислотности может оправдать нормы внесения биосолидов, исключительно превышающие те, которые рассчитываются на основе максимальных нагрузок питательных веществ или микроэлементов, обычно требуемых для сельскохозяйственных почв.

14.3 Экологические соображения

14.3.1 Климат и время года

Следует завершить общую оценку участка с учетом годовых осадков, температуры и других соответствующих климатических данных.

Сроки внесения биотвердых веществ следует учитывать в зависимости от периода максимальной пользы для развития почвы и/или усвоения растительностью, чтобы снизить потенциальную потерю питательных веществ в результате выщелачивания. Мелиоративные участки могут быть более уязвимы к суровым погодным условиям, проливным дождям и эрозии из-за их существующего бесплодного состояния до, во время и сразу после мелиоративных мероприятий.

Хотя нецелесообразно наносить биотвердые вещества, когда почва насыщена влагой, покрыта снегом, замерзла или в периоды сильных дождей, поскольку в большинстве случаев эти условия увеличивают риск стока, на территории хвостохранилищ может быть уместно нанесение на мерзлый или заснеженный грунт, поскольку зима может быть наиболее благоприятной. время только на то, чтобы доставить оборудование на утилизируемые хвостохранилища. Чтобы убедиться, что это надлежащая практика, следует принимать во внимание риски. Риски загрязнения поверхностных и грунтовых вод могут быть снижены, если на участке имеется существующая система сбора и очистки поверхностных вод.

14.3.2 Топография

Биотвердые вещества могут быть использованы в качестве одного из способов успешного восстановления склоновой территории (стабилизация склона). Тем не менее, применение биотвердых материалов для стабилизации склонов должно быть тщательно продумано в целях защиты окружающей среды. Участки с уклоном или изменяющимся рельефом могут создавать ограничения для применения биотвердых веществ или требовать дальнейшего планирования и управления для обеспечения надлежащего снижения рисков.

Контурирование ландшафтов может быть использовано для предотвращения стока по суше и поощрения проникновения воды.

Участки с изломанным и неправильным рельефом следует считать более подходящими, чем участки с длинными и равномерными склонами. Следует избегать участков с уклоном непосредственно к поверхностным водам, если только поверхностные воды не обрабатываются на месте. Участки, где почвы обладают хорошей инфильтрацией, проницаемостью и внутренним дренажем, такие как почвы с грубой и средней текстурой, могут потребовать особого ухода, чтобы избежать загрязнения грунтовых вод. Участки, покрытые растительностью, особенно многолетними травами и кустарниками, имеют меньший потенциал для наземного стока и повышенную способность использовать воду и питательные вещества вскоре после внесения биотвердых веществ.

14.3.3 Охрана водных источников

Защита водных источников должна тщательно учитываться в проектах мелиорации земель, когда используется больше агрономической нормы биотвердых веществ.

Ключевые соображения, в дополнение к тем, которые изложены в 6.7.4, при определении землеустроительной зоны для рекультивации должны включать:

— возможность создания вертикальных трубопроводов к грунтовым водам в результате работ на объекте (например, разведка и бурение скважин);

— основное направление поверхностного дренажа; и

— наличие существующих систем мониторинга, сбора или очистки поверхностных и/или грунтовых вод.

Могут быть особые случаи, когда для защиты подземных вод в уязвимых районах требуется полная гидрогеологическая оценка.

При поверхностном нанесении жидких биотвердых веществ следует соблюдать особые меры предосторожности, в частности, такие методы, как последовательное нанесение биотвердых веществ со скоростью, которая не вызовет стекания. Жидкие биотвердые вещества часто можно использовать при последующем уходе за растениями, на которых уже появилась растительность (обычно трава).

14.3.4 Определение особо важных видов использования и связанных с ними буферных зон

Если зона рекультивации расположена близко к месту жительства или жилому району, следует учитывать факторы, описанные в 6.7.5. Следует также провести оценку воздействия на местную флору и дикую природу в окрестностях и, возможно, на пищевую цепочку. Эти потенциальные неблагоприятные последствия могут возникнуть как во время рекультивационных работ, так и в результате конечного использования участка по назначению. Следует обратить внимание на правила, касающиеся запрета использования биотвердых веществ в зонах, представляющих особый экологический интерес (зонах природоохранной ценности).

14.4 Управление операциями

14.4.1 Подготовка площадки

Подготовка участка должна быть проведена до нанесения биотвердых веществ в контексте рекультивации. Эти операции могут быть связаны со значительным перемещением грунта и использованием тяжелого оборудования и могут оказать значительное влияние на расходы по программе. Обработка участка может включать следующее:

— удаление мусора, оставшегося после предыдущей деятельности на объекте (добыча полезных ископаемых, строительство, другие виды деятельности, вызывающие беспокойство);

— первоначальные основные операции по изменению контура или размещению материалов, такие как рыхление почвы, нанесение верхнего слоя почвы, окончательная подготовка поверхности;

— сортировочные работы для выравнивания (требования к интеграции в ландшафтный дизайн, контроль стока, уменьшение крутизны склонов);

— операции по улучшению структуры почвы (скарификация/рыхление для устранения уплотнения);

— устройства для борьбы с эрозией и поверхностным стоком или отводы для защиты поверхностных вод;

— кондиционирование подъездных путей и зон разгрузки/хранения;

— создание дренажа; и

— обработка известью для повышения значения рН почвы.

Неоднородности склонов, берм и свай могут создавать топографические микроучастки, способствующие увеличению разнообразия. Возможность очертить участок таким образом, чтобы свести к минимуму ветровые коридоры и высыхание, создавая вариации формы и неровности склонов, может помочь в логистике нанесения и последующем создании растительности.

При наличии возможности на участок следует нанести поверхностный грунт из другого района (вскрышные породы) в сочетании с нанесением биотвердых веществ. Вскрышные породы могут способствовать созданию банка семян, разнообразию микроорганизмов и органического вещества для облегчения круговорота питательных веществ. Однако на многих шахтах нет достаточного количества поверхностных грунтов из других районов, чтобы покрыть нарушенные участки, и в результате биотвердители наносятся непосредственно на обнажившийся почвенный материал или хвостохранилища.

При постепенной рекультивации действующих шахт следует понимать, что план рекультивации, эксплуатации или закрытия шахт должен помогать в управлении логистикой запасов биотвердых веществ, точек доступа и транспортировки.

14.4.2 Управление партиями биотвердых веществ и транспортировка

При транспортировке биотвердых веществ следует соблюдать некоторые меры предосторожности, чтобы избежать ненужных неприятностей для населения. Во многих проектах по мелиорации земель за короткий промежуток времени используется большое количество биотвердых веществ. Типичная операция состоит из одного-единственного применения, которое может длиться всего несколько дней или недель. Поэтому для крупных проектов следует использовать складские помещения «на месте». Когда поставщиком биосолидов является небольшая система очистки сточных вод, требуемый срок хранения может быть значительным.

Зоны хранения должны соответствовать этим минимальным требованиям:

— зоны разгрузки и хранения должны быть четко обозначены и очерчены, с буферными зонами для контроля стока и отвода поверхностных вод;

— зоны хранения должны быть ровными или почти ровными и предпочтительно очерчены насыпью для контроля скопления воды в зоне хранения. При необходимости может быть установлен дренажный насос для обеспечения того, чтобы вода, поступающая в зону хранения, оставалась под контролем;

— в зависимости от типа биотвердых веществ и местного климата необходимо выбрать наиболее безопасный способ хранения (склады с насыпью, крытые склады, мощеные или немощеные поверхности, резервуары или другие безопасные системы); и

— следует обратить внимание на требования охраны здоровья населения и безопасности для всех систем хранения.

В целях должной осмотрительности оценка участка должна быть завершена до создания крупного или долгосрочного складского района. Оценка должна учитывать чувствительность окружающей среды, включая потенциальное выщелачивание фосфора и азота, поверхностный сток и стабильность. Склады не должны располагаться в пойме реки.

При оценке местоположения и типа запасов следует учитывать климат, объем, интенсивность и сезонность осадков. Потенциал перемещения азота и фосфора из запасов может существенно различаться в зависимости от изменения климата и окружающей среды. Текстура субстрата, на который укладываются запасы, может влиять на проницаемость/гидравлическую проводимость почвы и влиять на способность к перемещению. Характеристики биотвердых веществ могут изменяться в процессе хранения.

При осуществлении программы землеустройства следует учитывать, как качество наносимого материала, так и состояние принимающей среды.

Смотрите подробные рекомендации по отбору проб для биотвердых веществ и принимающих почв в 7.4.3.

14.4.3 Отбор проб субстрата

Следует провести оценку качества принимаемой почвы/субстрата, чтобы оценить нормы внесения биотвердых веществ и выявить проблемы, которые могут поставить под угрозу конечное предполагаемое использование.

Нормативные акты также могут требовать проведения анализа почвы перед рекультивацией. Отбор проб почвы, обработка образцов и анализ должны выполняться в соответствии с подходящими стандартными методами (руководство по отбору проб почвы см. в ISO 18400[9]).

Рекультивация часто может включать в себя импорт почв, что приводит к значительным и немедленным различиям в свойствах почвы. На небольшой площади может быть использовано несколько различных почв, каждая из которых может быть пригодна для мелиоративного использования и обладать различными физико-химическими свойствами. В результате на нарушенных участках физические и химические характеристики почвы могут сильно варьироваться на коротких расстояниях, и следует позаботиться о том, чтобы образцы были репрезентативными для данного участка.

Почву следует оценивать до начала программы землеустройства для мелиорации и реабилитации и периодически после этого для определения следующих параметров:

— содержание питательных веществ, которое будет использоваться для проверки отсутствия избытка питательных веществ или расчета успешных показателей для агрономических целей при мелиорации;

— содержание органического вещества, определяющее соотношение питательных веществ и органики, необходимое для успешного расчета нормы рекультивации;

— соответствие применимым требованиям в отношении содержания микроэлементов и других загрязняющих веществ, если применимо; и

— рН, чтобы определить, требуется ли корректировка (например, добавить щелочной материал в кислые почвы).

Субстрат или почва на месте рекультивации должны быть отобраны с использованием непредвзятой схемы, такой как прямоугольник или сетка, чтобы получить репрезентативные образцы участка.

Выборки могут быть составлены в дополнение к использованию систематической схемы, чтобы помочь в получении более широкого представления об аналитических средних значениях по всему участку.

Следует избегать отбора проб из нерепрезентативных зон, таких как линии ограждения, склады пустой породы, болотистые местности, а также вблизи дорог или зданий.

Количество отбираемых проб должно зависеть от области применения. Пробы следует отбирать на глубине нанесения биотвердых веществ (см. ISO 18400-101[11] или руководство по отбору проб почвы).

Все образцы должны быть объединены для получения композита перед тестированием, когда это возможно. Лаборатории, которые используются для проведения анализов, должны быть аккредитованы.

14.4.4 Анализ субстрата

Как минимум, для почвы или субстрата должны быть определены следующие параметры, если применимо:

— общее количество и доступные питательные вещества (N, P, K). В некоторых случаях отчет о состоянии почвы может включать NO3–N, например, если анализ проводился на образце почвы, взятом глубже в почвенном профиле во время посадки (как возможный признак вымывания N в грунтовые воды или перемещения N). Кроме того, не следует использовать значение почвенного теста NO3–N, которое было взято более чем за пару недель до посадки;

— органическое вещество;

— рН;

— способность к катионообмену (CEC);

— электрическая проводимость;

— содержание карбонатов, которые могли бы быть использованы или используются для нейтрализации кислотности нарушенных почв (например, хвостохранилищ);

— структура, текстура, плотность и пористость (физические характеристики почвы). Избыток грубых материалов может затруднить рекультивацию, а количество фракции мелкого материала <2 мм будет определять такие свойства, как влагоудерживающая способность, способность удерживать питательные вещества и т.д.;

— микроэлементы (As, Cd, Co, Mo, Ni, Cu, Se, Zn, Pb, Cr, Hg); и

— любой другой элемент или соединение, представляющее интерес (например, органические соединения).

В некоторых случаях концентрации микроэлементов в добавляемом материале (биотвердых веществах) могут быть значительно ниже, чем в принимающем субстрате (например, в шахтных отходах).

Необходимость анализа других параметров должна зависеть от местных условий, истории объекта или от того, есть ли подозрение на их наличие. В зависимости от предполагаемого использования восстановленного участка может оказаться целесообразным определить физические характеристики подземных слоев.

14.5 Применение биотвердых веществ оборудование и соображения

Участки рудников, требующие восстановления, могут быть вредны для оборудования, особенно открытые, крутые, с грубой текстурой длинные склоны и мелкодисперсный ил и песок в хвостохранилищах. В хвостохранилищах рудников полезных ископаемых могут образовываться глинистые линзы, которые удерживают воду в виде «шламов» на глубине. Эти «шламы» могут представлять опасность для оборудования для нанесения. Также может произойти разжижение из-за задержавшейся воды и отложения илистой глины, что может привести к потере оборудования и потенциальным травмам или смерти работников на таких объектах.

Там, где это уместно, внесение биотвердых веществ в почвенный субстрат может повысить эффективность внесения поправок при создании растительности.

Может быть использовано несколько различных методов, включая изменение контура склона и смешивание, самотечное размещение – торцевая отсыпка, специализированные разбрасыватели, гидросеялки/распыление жидкости, а также обычное сельскохозяйственное оборудование.

Методы применения биотвердых веществ для мелиорации земель должны быть аналогичны тем, которые используются в сельскохозяйственных целях. Для конкретных условий эксплуатации может потребоваться специальное оборудование (например, адаптация к крутым склонам). Тип наносимых биотвердых веществ, конкретные характеристики участка и выбранный вид нанесения (поверхностное или инъекционное) должны определять выбор оборудования и технику нанесения.

Там, где это уместно, внесение биотвердых веществ в почвенный субстрат повысит эффективность внесения изменений в растениеводческих хозяйствах. Заделка в отвалы пустой породы с грубой текстурой затруднена, однако были разработаны и успешно используются специализированные бороны. Поверхностное нанесение широко распространено на отвалах пустой породы. Обычное мелиоративное оборудование, такое как большие землеройные машины или бульдозеры, часто оснащенные рыхлителями или подобными навесными инструментами, может быть полезно для внесения биотвердых веществ в оперативном масштабе. Операторам может быть предоставлена значительная свобода действий при опробовании новых способов успешного применения и инкорпорации биотвердых веществ на участках рекультивации и в сложных районах. Применение этого подпункта предполагает осведомленность о применимых правовых требованиях, которые могут варьироваться в зависимости от страны.

Каким бы ни был окончательный метод, есть некоторые общие соображения, которые следует тщательно оценить.

— Сроки подачи заявки. Это должно зависеть главным образом от состояния почвы, погодных условий и периода вегетации.

— Меры предосторожности при нанесении. Риск воздействия во время нанесения может быть сведен к минимуму с помощью защитной одежды и других мер по охране здоровья. Следует избегать образования аэрозоля или пыли. Перед началом работ следует оценить устойчивость грунта. Нанесение биотвердых материалов за один проход позволит избежать проблем со скольжением колес и устойчивостью, которые могут возникнуть, если транспортные средства будут двигаться по ранее нанесенным биотвердым материалам. При работе на крутых склонах следует соблюдать особые меры безопасности.

— Оборудование, используемое для нанесения биотвердых веществ, должно быть сконструировано таким образом, чтобы оно обеспечивало равномерное распределение биотвердых веществ с выбранной скоростью.

— Принятие мер по минимизации повреждения почвы в результате уплотнения. Например, с использованием колес большого диаметра, низкого давления в шинах или легкого оборудования.

14.6 Определение нормы внесения биотвердых веществ

14.6.1 Общие положения

Почва на нарушенных участках часто может либо полностью отсутствовать, либо быть низкого качества для формирования и роста растительности. Для стимулирования развития почв в нарушенных районах могут использоваться нормы внесения, превышающие нормы внесения агрономических биотвердых веществ; обычно это одноразовые внесения для достижения целей рекультивации. Нормы внесения следует выбирать с учетом последующего, перспективного и соседнего землепользования. Следует также учитывать влияние норм внесения, которые значительно превышают агрономические нормы внесения, на грунтовые и поверхностные воды, растительность и пищевую цепочку потенциальных потребителей.

Могут быть использованы различные методы определения норм внесения биотвердых веществ в нарушенные почвы. Это может привести как к более высоким, так и к более низким нормам внесения и учитывать агрономические характеристики почвы, агрономические характеристики биотвердых веществ и характеристики растительности проектов. Как правило, нормы внесения для рекультивации могут варьироваться от 50 т биотвердых веществ (тонна сухих веществ)/га до 175 т биотвердых веществ/га. В следующих подразделах определены несколько вариантов, которые следует применять для определения ставки на основе целей рекультивации и уникальных характеристик участка.

14.6.2 Нормы внесения биотвердых веществ, основанные на агрономической норме внесения азота

При определении нормы внесения на основе азота следует учитывать потребность растений в азоте в течение вегетационного периода, в течение которого биосолиды вносятся в почву. Это называется агрономической нормой внесения и может быть наиболее применимо к сельскому хозяйству, но также может иметь отношение к удобрению лесных угодий и некоторым мелиоративным мероприятиям.

Ожидается, что при такой норме внесения растительность использует большую часть внесенного доступного азота, оставляя минимальный остаточный доступный азот в почве после окончания вегетационного периода. Минимальный остаточный NO3–N снижает вероятность попадания азота в грунтовые или поверхностные воды.

Агрономическая норма внесения азота может быть определена с использованием расчетов, приведенных в 8.2.2.

14.6.3 Нормы внесения биотвердых веществ, основанные на максимальной загрузке питательных веществ

Максимальная норма внесения биосодержащих веществ (TDS/га) для конкретного случая должна быть рассчитана следующим образом:

— содержание питательных веществ в твердых биоматериалах должно определяться с помощью специального анализа;

— следует принимать во внимание содержание питательных веществ в твердых биоматериалах и максимальную нагрузку питательными веществами;

— следует рассчитать нормы внесения биотвердых веществ для каждого питательного вещества. Наличие азота и фосфора может быть рассчитано с использованием формул, приведенных в 8.2.2 и приложении К; и

— наименьшей нормой (ограничивающей количество питательных веществ) должна быть результирующая максимальная норма внесения биотвердых веществ в ТД/га.

Примечание – Данные ставки не учитывают эксплуатируемые условия природной среды или ситуации с рекультивацией.

14.6.4 Нормы внесения биотвердых веществ, основанные на целевом соотношении углерода и азота (C:N)

Соотношение C:N в биотвердых веществах может влиять на превращение или минерализацию питательных веществ (т.е. N, P, S) из органической формы в неорганическую, доступную для использования растительностью. При соотношении C:N менее приблизительно 14:1 существует склонность к тому, что азот начнет свободно поступать в почвенный раствор, что способствует потенциальному перемещению и вымыванию. Количество питательных веществ, доступных для выщелачивания, систематически увеличивается с уменьшением соотношения C:N. Соотношение C:N, превышающее 25:1, может начать приводить к иммобилизации азота, когда сочетание органического комплексообразования и утилизации микроорганизмами удаляет и инкорпорирует доступный растению азот, в результате чего становится меньше азота, доступного для растительных процессов.

Биотвердые вещества с высоким содержанием питательных веществ могут применяться совместно с добавкой С высоким содержанием углерода (древесные отходы, остатки первичной целлюлозы и бумаги и некоторое количество компоста) для временной иммобилизации избытка доступного растениям азота за счет использования азота почвенными микробами для быстрого разложения высокоуглеродистого материала.

После того, как почва достигнет идеального соотношения C:N между 15:1 и 22:1, следует считать, что выделение азота регулируется с течением времени. Это могло бы снизить выброс N–NO3 в окружающую среду и грунтовые воды, когда поглощение азота растениями снижается. Тем не менее, иммобилизованный азот в форме микробного белка может быть минерализован в процессе разложения тел микробов.

Доступность питательных веществ в этих смесях не является дополнительной при совместном применении, и смеси следует оценивать совместно при определении соответствующей нормы внесения. Нормы расхода этих смесей следует определять на основе смешанной добавки. Квалифицированные специалисты должны понимать динамику минерализации и питательных веществ в этих смесях, прежде чем рассчитывать норму внесения.

14.6.5 Нормы внесения биотвердых веществ в зависимости от целевого органического вещества

Большинство нарушенных почв или почвообразующих материалов — особенно в результате деятельности шахт — испытывают дефицит органического вещества и нуждаются в нем для инициирования и поддержания круговорота питательных веществ и почвообразования. Для рекультивации хвостохранилищ следует выбирать норму внесения, обеспечивающую достаточное количество органического вещества для начала процесса разработки почвы. Добавление органического вещества к почвообразующим материалам может снизить насыпную плотность, уменьшая оседание и повторное уплотнение. Меньшая насыпная плотность может привести к увеличению пористости, инфильтрации и влагоудерживающей способности, что позволяет дополнительно удерживать воду для поддержания роста растительности. Повышенное содержание органического вещества может улучшить гидравлическую проводимость при нанесении на почвообразующие материалы, склонные к засорению (например, глина) или образованию поверхностной корки. Поскольку органическое вещество преобразуется в гумус и накапливается подстилка, добавление органического вещества может также способствовать увеличению катионообменной способности почвы.

Агрономическая норма внесения биотвердых веществ на нарушенных участках может привести к получению меньшего количества органического вещества, чем требуется для создания продуктивной почвы. Расчет нормы внесения неагротехнических биосодержащих веществ должен основываться на достижении целевой концентрации органического вещества в развивающейся почве. Избыток азота и потенциальную возможность выщелачивания NO3 можно было бы контролировать, регулируя соотношение C:N.

Опытный квалифицированный специалист должен завершить определение нормы внесения твердых биопрепаратов, не относящихся к агротехнике. При уточнении норм внесения следует проводить испытания и контролировать их проведение. Оценка развития растительности и устойчивости этой растительности после применения неагрономических биотвердых веществ должна позволять оценить эффект и действенность этих обработок.

14.6.6 Нормы внесения биотвердых веществ в зависимости от заданного значения рН

Подкисляющий эффект может наблюдаться из-за выветривания некоторых почвообразующих материалов, таких как каолиновая глина, песок, дробленый песчаник и каменноугольный сланец, а также применения неорганических удобрений, таких как сульфат аммония.

Для смягчения дренажа кислых пород может потребоваться применение биотвердых веществ, стабилизированных известью, которые могут быть добавлены для изменения свойств почвы и поддержания рН почвы в пределах диапазона, оптимального для роста растений.

В качестве известковых материалов можно использовать отработанную известь, известковый шлам, летучую золу, стабилизированные известью биотвердые вещества и остатки очистки воды с высоким содержанием кальция. Присутствие кальция в биотвердых веществах, стабилизированных известью, может снизить токсичность алюминия и повысить рН почвы, а органическое вещество в биотвердых веществах может связываться с алюминием и предотвращать достижение им токсичных уровней в почве.

Норму внесения питательных веществ в стабилизированные известью биотвердые вещества также следует учитывать при определении нормы внесения на основе корректировки рН. Чтобы повлиять на кислотность нарушенной почвы, в почву может быть внесено большое количество биотвердых веществ, стабилизированных известью. Это также может привести к избыточному количеству питательных веществ и потенциальных загрязняющих веществ (например, кадмия из извести), которые образуются из биотвердых веществ, которые потенциально могут просачиваться в грунтовые воды или стекать в поверхностные воды.

Количество стабилизированных известью биотвердых веществ, которое следует добавлять для регулирования рН, должно быть связано с объемом почвы, в который необходимо добавить биотвердые вещества, буферной способностью почвы и целевым уровнем рН почвы. рН почвы может быть скорректирован таким образом, чтобы обеспечить доступность макроэлементов, предотвратить токсичность микроэлементов для растений и снизить подвижность микроэлементов.

Нормы внесения мелиоративных средств должны определяться на основе цели полезного использования, и средства для достижения этой цели должны быть четко определены. Нормы внесения следует рассчитывать на основе нормы внесения питательных веществ, целевого содержания органического вещества, корректировки рН или соотношения C:N. Результирующая концентрация питательных веществ и микроэлементов в почве/субстрате должна быть определена и учтена в зависимости от целей реабилитации и исходных условий участка.

14.7 Восстановление растительного покрова

Мероприятия по рекультивации с использованием биотвердых веществ могут включать использование растительности для достижения конкретного результата рекультивации. Фиторемедиация может сочетаться с применением биотвердых веществ при рекультивации для получения оптимальных результатов и позволяет растениям поглощать оставшуюся часть загрязнений из почвы. Фиторемедиация - это естественная способность определенных растений биологически накапливать, разлагать или поглощать загрязняющие вещества. При фиторемедиации растительность должна быть удалена или использована для восстановления в соответствующих условиях.

Результаты восстановления растительного покрова или фиторемедиации могут быть разнообразными, начиная от создания новых местообитаний дикой природы за счет усиления и роста специализированной растительности и заканчивая освоением продуктивных сельскохозяйственных угодий за счет воссоздания естественных лесных или пастбищных экосистем. Если участок планируется использовать для сельскохозяйственного производства, необходимо убедиться в отсутствии риска для пищевой цепочки.

Сроки внесения биотвердых веществ следует рассматривать в связи с началом вегетации. Иногда после нанесения биосолидов может наблюдаться подходящий «период покоя». Также могут быть выполнены последовательные операции (например, 1-й посев и 2-я посадка). Поскольку шахты часто расположены в условиях экстремального климата, следует уделять внимание фактическому вегетационному периоду, который может быть коротким и связан с достаточной влажностью и температурой. Смотрите приложение R для получения дополнительной информации о восстановлении растительного покрова.

14.8 Экологический мониторинг после нанесения

14.8.1 Общие положения

Программа последующего ухода должна включать полевые инспекции, мониторинг почвы и воды, операции по техническому обслуживанию, общие методы управления участком и, при необходимости, качество растительности и воздействие на биоценоз. В особых случаях могут потребоваться особые требования. Например, анализ на определенные микроэлементы может потребоваться для подтверждения использования растительности в пищу животным, а также для мониторинга биотвердых веществ, если они используются в качестве удобрения при последующем уходе за участком. Мониторинг видов фауны также может быть показателем целостного состояния окружающей среды, особенно возвращения видов, ранее находившихся в зоне нарушения.

Политика и процедуры мониторинга должны быть разработаны с учетом целей:

— обеспечение репрезентативной выборки;

— подтверждение качества биотвердых веществ;

— защита окружающей среды; и

— охрана здоровья человека.

Программы мониторинга должны быть упреждающими, статистически значимыми и достаточно всеобъемлющими, чтобы позволять выявлять показатели до возникновения неблагоприятных воздействий и выявлять выгоды (позитивные воздействия), которые являются результатом полезного использования твердых биоматериалов.

Восстановленный сайт должен контролироваться, и за восстановленным сайтом должен быть обеспечен последующий уход из-за хрупкости на первых этапах разработки системы, которую предполагается установить.

В программе управления после подачи заявления следует следовать следующим двум основным целям:

— оценка развития системы на нарушенном участке (т.е. качества растительности и реакции на рост, развитие почвы) и, при необходимости, принятие соответствующих мер по ее улучшению. Это может включать, например, полевые инспекции, оценку биомассы, внесение удобрений, борьбу с сорняками для предотвращения заболачивания желаемых видов, замену погибших растений и создание новых плантаций; и

— проверка того, что процесс рекультивации не оказывает неблагоприятного воздействия на окружающую среду, и, при необходимости, принятие соответствующих мер по уменьшению такого воздействия. Такими действиями должны быть, например, анализ воды, управление борьбой с эрозией и анализ почвы на наличие потенциальных токсичных элементов и питательных веществ. Это подтвердит, что нанесение биосолидов было выполнено по назначению.

Программа последующего ухода должна включать полевые инспекции, мониторинг почвы и воды, операции по техническому обслуживанию и общие методы управления природными системами. В особых случаях могут потребоваться особые требования. Например, может потребоваться анализ на содержание определенных микроэлементов, если растительность используется для потребления животными, и мониторинг биотвердых веществ, если они используются в качестве удобрения при последующем уходе за участком.

14.8.2 Мониторинг почвы

Анализ почвы до и после внесения биосолидов должен включать общее количество микроэлементов и доступных питательных веществ, pH, CEC, концентрацию органического вещества и другие параметры, если применимо. Репрезентативные образцы должны быть собраны из зоны укоренения или зоны заделки. В случае поверхностного нанесения отбор проб следует проводить через пару дней после нанесения и из прикорневой зоны, а в случае заделки также следует проводить отбор проб в прикорневой зоне. Используемые нормы внесения могут потребовать дополнительного отбора проб для оценки глубины и степени изменения N и других параметров, вызывающих озабоченность потенциальным загрязнением. Это может быть завершено путем взятия повторных проб почвы на глубине.

Получение репрезентативных образцов почвы из замещенного грунта из других источников (вскрышных пород), хвостохранилищ, лесных дорог и посадочных площадок относительно просто по сравнению с отбором проб из отвалов пустой породы, где высокое содержание крупных фрагментов и отсутствие значительных количеств мелких частиц. Анализ формирующейся почвы перед внесением может дать представление о плодородии и содержании микроэлементов в мелких частицах (и в крупнозернистом исходном материале). Поскольку на этих участках может быть очень мало исходного почвенного материала, отбор проб почвы после внесения может привести к концентрации питательных веществ и микроэлементов, аналогичной концентрации внесенных остатков. Следует соблюдать осторожность при масштабировании этих концентраций в зависимости от площади путем умножения концентраций на процентное содержание мелких частиц в зоне заделки. Полезность отбора проб почвы после внесения в таких ситуациях может быть ограниченной, и, если он будет завершен, результаты следует тщательно интерпретировать.

Отбор проб следует проводить после внесения добавок биотвердых веществ, предназначенных для изменения рН почвы, чтобы подтвердить, что рН находится в желаемом диапазоне и существенных изменений не произошло.

При использовании технологии глубокорядного внесения (закапывание твердых биоматериалов в глубокие ряды, покрытые почвой, используется главным образом в лесном хозяйстве), отбор проб почвы после внесения следует проводить непосредственно под рядком для оценки перемещения питательных веществ или микроэлементов.

14.8.3 Мониторинг водных ресурсов

Мониторинг поверхностных и подземных вод должен выявить, существуют ли какие-либо существующие проблемы с качеством воды до начала землеустройства, и обеспечить контрольный показатель качества воды.

Если имеется поверхностный сток с крутых склонов и есть подозрение, что биотвердые вещества попали в поток, признаки перемещения должны быть подтверждены отбором проб как вверх, так и вниз по течению от зоны применения (см. ISO 5667-6) [12]. Пробы после нанесения следует сравнить с соответствующими контрольными или историческими данными, которые могут позволить количественно оценить любые изменения качества воды. Поскольку химический состав поверхностных вод может меняться в зависимости от сезона, отбор проб следует проводить в течение всего года, чтобы зафиксировать эти изменения.

Добыча полезных ископаемых может быть связана со взрывчатыми веществами, а большинство взрывчатых веществ основаны на азоте и также могут содержать потенциальные загрязняющие вещества. Остатки взрывчатого вещества можно обнаружить на пустой породе и в оседающей пыли после детонации. При разработке плана мониторинга поверхностных вод следует учитывать текущую и будущую деятельность по добыче полезных ископаемых.

Отбор проб грунтовых вод может проводиться через скважины в ситуациях, когда предполагается, что избыточные компоненты из биотвердых веществ перемещаются вниз по формирующемуся профилю почвы. До начала программы отбора проб грунтовых вод следует изучить гидрогеологическую схему и движение воды через нарушенный участок. Возможно, уже существует программа мониторинга подземных вод, и при необходимости к существующему регулярному мониторингу могут быть добавлены дополнительные анализы, специфичные для твердых биологических веществ.

14.8.4 Мониторинг листвы

Мониторинг качества листвы следует проводить в рамках программ рекультивации, когда растительность должна формироваться на исходном материале почвы с небольшим содержанием органического вещества или вообще без него. Нормы внесения, не связанные с агрономией, могут потребовать разработки программы отбора проб растительности после внесения. Мониторинг листвы может не потребоваться в тех случаях, когда целью рекультивации является либо восстановление естественной растительности, либо единственной целью выращивания культуры является использование на месте (например, борьба с пылью), либо непищевые или некормовые культуры (биотопливо). Дисбаланс в соотношении питательных веществ может возникать на нарушенных участках, таких как неправильное соотношение меди и молибдена (Cu:Mo) в растительности, что может привести к молибденозу у жвачных животных.

Использование биотвердых веществ может значительно улучшить дисбаланс питательных веществ (Cu:Mo является таким примером) или усугубить/создать более сложные условия, поэтому назначение и использование биотвердых веществ при рекультивации должно включать осторожность и понимание. Нормы внесения, при которых образуется избыток NO3 в почве, могут привести к чрезмерному потреблению азота растительностью и переносу микроэлементов, что может привести к последствиям для здоровья пасущихся животных и некоторых видов деревьев. Как и при анализе почвы, внекорневой анализ питательных веществ следует проводить одновременно с развитием растительности, чтобы облегчить соответствующие сравнения, и анализ должен включать необходимые растению питательные вещества и микроэлементы. Усвоение микроэлементов может значительно варьироваться.

На участках, где предполагается использовать местные виды растений, следует учитывать чувствительность растений к определенным питательным веществам или микроэлементам. Например, некоторые виды обыкновенной акации, банксии и гревиллеи чувствительны к высоким уровням P.

14.9 Обеспечение качества

Информацию, касающуюся обеспечения качества, см. в 7.4.5.

15 Управление рисками при использовании биотвердых веществ для рекультивации земель

Общественное признание является решающей частью при разработке любой стратегии использования биотвердых веществ. Вовлечение заинтересованных сторон и общественности в базовую схему принятия решений о текущих и будущих точках сбыта биосолидов следует рассматривать с самого начала, поскольку это является ключевым фактором для интеграции принятой схемы в местный или региональный контекст.

В окончательной программе подачи заявок должно быть достигнуто общее согласие.

Информацию о консультациях с сообществом см. в 7.2.

16 Обработка биотвердыми веществами

16.1 Критерии качества биотвердых веществ

Относительная важность критериев качества биотвердых веществ может варьироваться в зависимости от варианта использования. Повышение качества биотвердых веществ может обеспечить повышенную гибкость в вариантах конечного использования. В программах мелиорации земель улучшение качества может позволить увеличить нормы внесения или продлить срок службы участка внесения, основываясь на снижении концентрации ключевых питательных веществ или микроэлементов в твердых биоматериалах.

16.2 Патогенные микроорганизмы

Воздействие патогенов на участках рекультивации часто невелико по сравнению с другими формами полезного использования, поскольку эти участки обычно не связаны с пищевой цепочкой человека. Участки часто огорожены, охраняются, имеют ограниченный доступ и минимальное количество выпаса животных по сравнению с другими участками. Однако те же критерии качества биотвердых веществ, которые используются в сельскохозяйственных программах, должны применяться к биотвердым веществам, которые используются в программах рекультивации, биотвердые вещества все равно должны быть включены, и растительность должна быстро формироваться после применения, чтобы дополнительно создать барьеры для передачи патогенов. Следует управлять опасностью патогенов, чтобы защитить работников в проектах постепенной рекультивации или активных объектах с компонентом деятельности по рекультивации биотвердых веществ, а также государственные или частные организации, которые могут часто посещать окончательно рекультивированные районы.

16.3 Вектор притяжения

При рекультивации на основе биотвердых материалов следует управлять привлечением переносчиков, поскольку участок либо остается активной промышленной площадкой, где работники постоянно находятся в непосредственной близости от зон рекультивации биотвердых материалов, либо он закрыт, что повышает вероятность посещения его дикими животными, которые могут непреднамеренно или из–за привлечения улучшенной растительности стать переносчиками.

16.4 Запах

Если участок, подлежащий рекультивации, находится вблизи городских поселений или даже в пределах городской/полугородской зоны, следует принимать во внимание потенциальные неудобства, которые могут вызвать операции по рекультивации, особенно те, которые касаются потенциального образования запаха. Дополнительную информацию об устранении запаха см. в 6.8.3.

16.5 Ограждения и вывески

Твердые биоматериалы следует хранить в местах, доступ к которым может быть ограничен или контролироваться общественностью.

См. раздел 9 для получения информации о ограждениях и вывесках.

16.6 Ведение учета

См. раздел 13 для получения информации о ведении учета.

**Приложение А**

*(информационное)*

**Динамика содержания углерода в почве**

**A.1 Биотвердые вещества для накопления углерода в почве**

Внесение органических удобрений, включая биотвердые вещества и компосты, в почву может помочь восстановить качество почвы и увеличить запасы органического углерода в почве [13]. Применение биотвердых веществ во время рекультивации может помочь снизить затраты на рекультивацию, способствовать образованию почв и увеличить потенциал связывания углерода на месте.

Органический углерод стабилизируется и удерживается в почве посредством (био)химической трансформации и физико-химической защиты [14]. Почвенные добавки с органическим углеродом из биотвердых веществ состоят из двух фракций с различной степенью биоразлагаемости: лабильной фракции (50–70 %), которая быстро минерализуется; и стабильной фракции (30–50 %), менее доступной или устойчивой к круговороту почвенных микробов, которая может оставаться в почве более 1 года после нанесения биотвердых веществ.

**A.2 Оценка накопления углерода в почве с учетом поправки к биотвердым веществам**

Углеродсодержащие добавки, такие как биотвердые вещества, при внесении в почву подвергаются микробиологическому разложению и частичной реминерализации органического углерода. Формулы экспоненциального распада первого порядка single [см. формулу (A.1)] и double [см. формулу (A.2)] могут быть использованы для экспериментального расчета скоростей разложения C:

(А.1)

(А.2)

где, начальное количество углерода, извлеченного в день 0 (г/кг-1 почва);

концентрация остаточного углерода в почве на данный момент времени (г/кг-1 почва);

инкубационный период (d);

быстроразлагаемая углеродная фракция;

константы скорости затухания первого порядка [15].

Период полураспада углерода (время, необходимое для снижения концентрации углерода до половины первоначального значения) рассчитывается на основе констант скорости.

Для получения хранилища C, получаемого в результате применения биосолидов, используются два подхода. Во-первых, общее накопление углерода на гектар (TC) при различных обработках рассчитывается с использованием содержания углерода в почве, измеренного с различными интервалами [см. формулу (A.3)]. Исходя из этих значений, чистое накопление углерода, полученное в результате применения биотвердых веществ, будет рассчитано как разница между контрольными почвами и почвами с добавлением биотвердых веществ.

(А.3)

где, общее накопление углерода в почве (мг га-1);

глубина залегания грунта (м);

насыпная плотность (мг/м3);

углерод почвы (%).

Во-вторых, чистое накопление углерода () также оценивается по остаточному углероду, поступающему в результате применения биотвердых веществ () и производства углерода из корневой биомассы () [см. формулу (A.4)]:

(А.4)

оценивается с использованием уравнения распада, разработанного для эксперимента по инкубации [см. формулы (A.1) и (A.2)]. Поскольку эксперименты по инкубации часто проводятся в контролируемых условиях, для оценки также может быть использовано уравнение распада, разработанное для разложения биотвердых веществ в полевых условиях [см. формулу (A.5)]; [90].

(А.5)

где, количество оставшегося в биотвердых веществах углерод;

летучие твердые вещества в биотвердых веществах;

углерод, поступающий в результате применения биотвердых веществ;

время (d).

Лабораторные методы, связанные с измерением накопления углерода в почвах, достаточно стандартизированы. Насыпную плотность чаще всего измеряют с помощью устройства для отбора керна для отбора неповрежденной пробы грунта известного объема. Общее содержание углерода (эквивалентное органическому углероду почвы в некальцинированных почвах) часто измеряется методом сухого сжигания (известковые почвы требуют предварительного подкисления для корректировки содержания неорганических карбонатов). В почвах, потенциально загрязненных углем, для количественного определения вновь осажденных и ископаемых фракций органического углерода использовались сложные химико–термические [16], [17] или термические методы [18].

**Приложение В***(информационное)*

**Преимущества наземного применения биотвердых веществ**

**B.1 Общие положения**

Наземное применение биотвердых веществ может быть полезным во многих отношениях. Некоторые из основных преимуществ внесения биотвердых веществ в почву включают увеличение содержания органического вещества в почве (что приводит к ряду других биологических, физико-химических улучшений почвы), улучшение рН почвы (благодаря стабилизированным известью биотвердым веществам), восстановление питательных веществ, связывание углерода в почве и возможное сокращение выбросов парниковых газов.

**B.2 Воздействие биотвердых веществ на увеличение содержания органического вещества в почве**

Основным компонентом биотвердых веществ является органическое вещество, которое составляет в среднем от 50 до 60 % от содержания сухого вещества. Это органическое вещество образуется в результате взвешенных твердых частиц, содержащихся в сточных водах, сбрасываемых на очистные сооружения, и микробиологической активности. Органическое вещество улучшает физические условия почвы за счет улучшения структуры почвы, стабильности, проницаемости, способности к катионообмену, влагоудерживающей способности, насыпной плотности, аэрации и дренажа, а также уменьшает эрозию почвы. Высокое содержание органического углерода также обеспечивает источник энергии для стимулирования функционирования микробных сообществ, регулирует усвоение питательных веществ и действует как рН-буфер.

**B.3 Биологическая активность почвы**

Почвы содержат множество живых организмов, начиная от микроскопических бактерий и грибов и заканчивая макрофауной, такой как дождевые черви. Все они играют важную роль в поддержании естественных процессов, которые жизненно важны для плодородия почвы.

Внесение биосолидов в почву влияет на размер и активность почвенной микробной биомассы, которая широко признана важным фактором в круговороте органического вещества почвы, благодаря добавлению углерода и азота, а также других питательных веществ [19], [20]. На дыхание почвы положительно влияют биотвердые вещества и поступление компоста [21]. Исследования показали, что более чем через десять лет после однократного применения биосолидов была обнаружена более высокая микробная активность по сравнению с внесением минеральных удобрений [22].

**B.4 Пористость почвы и насыпная плотность**

Насыпная плотность и пористость почвы являются частью наиболее важных свойств почвы, которые регулируют движение воды, запас воздуха и воды, доступной растениям. Ценным результатом применения биотвердых веществ является поддержание или улучшение уклона почвы2) [23], [24].

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

2) Уклон почвы – это пригодность почвы для поддержания роста растений.

**B.5 Скорость инфильтрации почвенной воды**

Скорость проникновения воды – это показатель скорости, с которой почва способна поглощать осадки или орошение. Скорость инфильтрации напрямую зависит от структуры почвы, в частности от порового пространства. Ограниченная скорость проникновения воды быстро приводит к стоку воды и эрозии почвы. Положительное влияние наземного применения биотвердых веществ на гидрологические характеристики почвы за счет увеличения пористости и стабильности агрегатов было задокументировано на многочисленных участках наземного применения биотвердых веществ по всему миру [25], [26].

**B.6 Стабильность агрегатов и эрозия почвы**

Структурная стабильность почв - это физическая характеристика, которая влияет на их поведение во время процессов деградации. Это один из основных факторов, контролирующих гидрологию верхнего слоя почвы, образование корки и эрозию. Органическое вещество, которое является основным компонентом биотвердых веществ, играет решающую роль в агрегации почвы за счет увеличения содержания органического углерода [27], что увеличивает макропористость почвы.

Повышенная биологическая активность в почве, обогащенной биотвердыми веществами [28], также повышает стабильность агрегатов, которая часто используется в качестве показателя качества почвы [29], [30]. Биологическая активность почвы способствует образованию агрегатов за счет выработки многочисленных связующих веществ (корневых выделений, микробных смол, полисахаридов) и грибковых гиф в ризосфере [31]. Органическое вещество, изолированное внутри агрегатов, защищено от дальнейшей минерализации [32] путем физического отделения почвенных микроорганизмов и их ферментов от субстрата [33].

**B.7 Способность к катионообмену**

Катионы – это положительно заряженные ионы, такие как кальций (Ca2+), магний (Mg2+) и калий (K+). Способность почвы удерживать эти катионы называется катионообменной способностью (CEC). Эти катионы удерживаются отрицательно заряженными частицами глины и органического вещества в почве посредством электростатических сил (отрицательные частицы почвы притягивают положительные катионы). Катионы, притягиваемые частицами почвы, легко обмениваются с другими катионами и, как следствие, становятся доступными для растений. Таким образом, CEC является показателем плодородия почвы для роста растений. Если CEC высок, питательные вещества могут вымываться до их усвоения растениями и теряться, но если он слишком низок, то питательные вещества недоступны для роста растений. Почвы с правильным уровнем катионного обмена будут выделять питательные вещества со скоростью, необходимой растениям для роста.

Регулярное внесение биосолидов в почву постепенно увеличивает содержание органического вещества в почве и общий CEC почвы, обеспечивая запас питательных веществ для восполнения тех, которые удаляются при поглощении растениями [34], [35].

Применение биотвердых веществ также может обеспечить медленное высвобождение питательных веществ в течение нескольких лет после первого применения. Исследования показали, что после внесения биотвердых веществ в почву в первый год высвобождается 15 – 25 % доступных питательных веществ с устойчивым долгосрочным высвобождением питательных веществ в последующие годы [36].

Из-за такого увеличения CEC почвы, обогащенные биотвердыми веществами, требуют более низкой частоты внесения удобрений.

**B.8 Влияние внесения в почву биотвердых веществ, стабилизированных известью, на рН почвы**

Подкисление почв – это естественное явление. Для повышения продуктивности методы ведения сельского хозяйства непреднамеренно повышают кислотность почвы, ускоренное подкисление почв происходит из-за использования аммонийных удобрений и разбрасывания навоза животных. Как правило, почва слишком кислая, если рН < 4,5 (на глубине 0 – 10 см) или рН < 4,0 (на глубине 10 – 45 см). Последствия подкисления почвы не сразу очевидны, если не считать снижения урожайности сельскохозяйственных культур и пастбищ из-за токсичности алюминия и марганца, и дефицита кальция. Уровень рН почвы следует поддерживать на оптимальном уровне для минимизации поглощения металлов растениями, а также миграции питательных веществ и загрязняющих веществ в грунтовые и поверхностные воды.

Чтобы предотвратить кислотное состояние, можно использовать добавление извести для буферизации кислых почв или, в качестве альтернативы, можно применять биотвердые вещества с добавлением извести, которые обладают высокой нейтрализующей способностью и легко заменяемым кальцием, обеспечивая тем самым привлекательный ресурс.

Биотвердые вещества с добавлением извести следует вносить только в количестве, рассчитанном для повышения рН почвы для обеспечения удовлетворительного роста урожая, а не в количестве, основанном на содержании азота в биотвердом продукте с добавлением извести.

**B.9 Влияние наземного внесения биотвердых веществ на общее извлечение питательных веществ и круговорот питательных веществ**

Биотвердые вещества содержат органическое вещество, макроэлементы и микроэлементы, необходимые для роста растений, и, как правило, их вносят в почву из-за их удобрительной и питательной ценности. Для получения дополнительной информации см. приложение C.

Минерализация является важным процессом в почве, поскольку она высвобождает азот, фосфор, серу и другие питательные вещества из биотвердых веществ и других органических веществ в почве в форме, которая может быть усвоена растениями. Биотвердые вещества подвергаются стабилизации во время обработки, что способствует образованию органо–питательных комплексов за счет поглощения микробами, что приводит к образованию биологической массы [37]. Это приводит к более длительному высвобождению ряда питательных веществ, зависящих от степени минерализации органических питательных веществ [38], и улучшенному удержанию влаги по сравнению с внесением необработанного навоза животных или традиционных химических удобрений [39]. Например, степень минерализации азота (высвобождение доступного растениям азота) обратно пропорциональна стабильности остатков: наблюдается самая высокая степень минерализации навоза, за которым следуют биотвердые вещества и компосты [40]. Факторы, влияющие на скорость минерализации, включают рН, влажность, аэрацию и температуру [41].

Высвобождение доступных растениям питательных веществ из биотвердых веществ связано с:

— местные условия окружающей среды, такие как структура почвы и климат;

— концентрация питательных веществ в биотвердых веществах;

— свойства питательных веществ (органические или неорганические формы);

— степень стабилизации биотвердых веществ;

— форма биотвердых веществ (жидкие или обезвоженные); и

— выбор флокулянта для удаления фосфора во время обработки.

**B.10 Воздействие наземного внесения биотвердых веществ на связывание углерода в почве и выбросы парниковых газов**

Глобальное потепление является важнейшей экологической проблемой, и углеродный цикл играет важную роль как в возникновении, так и в смягчении последствий глобального изменения климата. Благодаря связям с круговоротом углерода и азота почвы играют ключевую роль в регулировании глобального климата посредством выбросов парниковых газов (ПГ) и накопления/связывания углерода на суше. Содействие связыванию углерода в почве считается эффективной стратегией сокращения выбросов парниковых газов, включая атмосферный диоксид углерода (CO2). Связывание углерода в почве является важным вариантом не только для смягчения последствий изменения климата, но и для повышения плодородия почв и продуктивности агроэкосистем. Признавая потенциальные экологические и экономические выгоды от усовершенствованных методов управления почвами, существует значительный международный интерес к разработке политики и осуществлению стратегий, которые помогут смягчить потерю запасов углерода в почве и/или повысить потенциал связывания углерода в почве.

Однако мероприятия по снижению выбросов парниковых газов на основе почвы в целом все еще находятся в зачаточном состоянии и сталкиваются с существенными проблемами в будущем, не последней из которых является точное измерение сокращений выбросов в соответствующих климату временных масштабах (от десятилетий до столетий).

Внесение биотвердых веществ в почву все еще может оказывать некоторое положительное влияние на выбросы парниковых газов из-за отказа от использования минеральных удобрений, таких как азот и фосфор.

**Приложение C***(информационное)*

**Средние концентрации органического вещества и растительных макроэлементов в биотвердых веществах**

См. таблицу C.1 и [42].

**Таблица C.1 – Средние концентрации органического вещества и растительных макроэлементов в биотвердых веществах**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Происхождение | Промышленный | | Муниципальный | | | |
| Тип | Молочные продукты, % (фракция) | Макулатура, % (фракция) | Жидкие биотвердые вещества а), % (фракция) | Переваренные биотвердые вещества, % (фракция) | Обработанные известью биотвердые вещества, % (фракция) | Компостированные биотвердые вещества, % (фракция) |
| Органическое  вещество | 60–80 | 60–80 | 60–70 | 40–50 | 40–50 | 50–60 |
| Азот (N) | 3–8 | 0,5–2,5 | 6–7 | 3–5 | 3,5–4 | 2–3 |
| Фосфор (P2O5) | 2,5–8 | 0,15–1,5 | 4–7 | 3–6 | 4–4,5 | 3–5 |
| Калий (K2O) | 0,1–0,3 | 0,05–0,15 | 0,6–0,8 | 0,3–0,7 | 0,4–0,5 | 1–1,5 |
| Сера (SO3) | - | 0,15–0,9  + | 2–2,5 | 1,5–2 | 1,5–2 | 2–3 |
| Кальций (CaO) | 3–10 | 10–30 | 3–7 | 2–5 | 20–30 | 5–15 |
| Магний (MgO) | 0,5–1 | 0,3–0,5 | 0,5–0,9 | 0,6–1,2 | 0,5–1,5 | 0,6–1 |
| а) Жидкие биотвердые вещества относятся к биологически обработанному осадку (не переваренному) с некоторых небольших очистных сооружений сточных вод. | | | | | | |

**Приложение D**

*(информационное)*

**Сравнительные пределы содержания патогенов и индикаторов для биотвердых веществ группы 1**

См. таблицу D.1 и [43], [44], [45], [46], [47], [48] и [49].

**Таблица D.1 — Сравнительные пределы по патогенам и индикаторам для использования биотвердых веществ**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Индикатор/  Патогены | (Группа 1) | С/х (потреб. в сыром виде, салатные растения и корнеплоды) | С/х (с/х культуры, потреб. в приготовленном виде или переработ-ые) | Озеленение и рекреац. использ | Лесное хозяйство и рекреац. озеленение | Справочный источник |
| Фекальная  кишечная палочка |  |  |  |  |  | USEPA, часть 503 |
| Сальмонелла | не обнаружен/50 г | не обнаружен/50 г |  | не обнаружен/50 г |  | Aus (WA, SA, NSW) NZ |
| E. coli |  |  |  |  |  | NZ |
| Кампилобактер |  |  |  |  |  | NZ |
| Кишечный вирус |  |  |  |  |  | NZ |
| Тотальный вирус |  |  | - |  |  | Aus (SA, NSW) |
| Яйцеклетки  гельминтов |  |  |  |  |  | NZ, Aus (NSW, SA) |
| Обозначения:  MPN – наиболее вероятное число;  PFU - единица образования. | | | | | | |

**Приложение Е**

*(информационное)*

**Источник микроэлементов в сточных водах и биотвердых веществах и примеры стандартов содержания микроэлементов в биотвердых веществах и в почве после внесения биотвердых веществ**

Источником микроэлементов в сточных водах и, следовательно, в очищенных сточных водах и осадке может быть присутствие микроэлементов в пресной воде и добавках, образующихся при бытовом, промышленном и сельскохозяйственном водопользовании. Микроэлементы широко используются в таких отраслях, как нанесение металлических покрытий, производство аккумуляторов, обработка шкур животных, химическая промышленность, текстильная промышленность и электронная промышленность. Коррозия водопроводных труб - еще один источник микроэлементов.

Кроме того, дорожный сток (ливневые воды) может вносить свой вклад, когда он проводится в комбинированной канализационной системе.

Несмотря на то, что очистные сооружения не предназначены для удаления микроэлементов, с повышением уровня очистки происходит более высокое и эффективное удаление. Большинство элементов поглощаются органическими и неорганическими веществами или становятся нерастворимыми из-за высокого рН и жесткости сточных вод. Таким образом, в процессе очистки микроэлементы переходят из жидкой фазы (очищенные сточные воды) в твердую фазу (биотвердые вещества). Как следствие, удаление микроэлементов из очищенных сточных вод приводит к накоплению этих элементов в биотвердых веществах. См. таблицу E.1 и таблицу E.2.

**Таблица E.1 – Предельно допустимая концентрация микроэлементов в почве, обработанной биотвердыми веществами (мг кг–1 DS) [53]**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | As | Cd | Co | Cr | Cu | Hg | Mo | Ni | Pb | Se | Zn |
| Директива 86/278/EEC [50] | - | 1–3 | - | 100–150d | 50–140 | 1–1,5 | - | 30–75 | 50–300 | - | 150–300 |
| Австралия  [62], [63] |  | | | | | | | | | | |
| Национальные руководящие принципы (класс C2) | 20 | 1 |  | 100–400 | 100–200 | 1 |  | 60 | 150–300 | 3 | 200–250 |
| Новый Южный Уэльс (C) | 20 | 3 |  | 100 | 100 | 1 |  | 60 | 150 | 5 | 200 |
| Южная Австралия (C) | 20 | 1 |  | 1g | 100 | 1 |  | 60 | 200 |  | 200 |
| Тасмания (B) | 30 | 3 |  | 100 | 100 | 1 |  | 60 | 150 | 5 | 200 |
| Виктория (C2) | 20 | 1 |  | 400 | 100 | 1 |  | 60 | 300 | 3 | 200 |
| a Для рН почвы ≥ 5, за исключением Cu и Ni, для диапазона рН 6-7; выше рН 7 Zn = 300 мг кг–1 DS (DoE, 1996).  b Приблизительные значения, рассчитанные на основе совокупной нормы выбросов загрязняющих веществ в соответствии с правилом заключительной части 503 (США, EPA, 1993).  с В качестве мер предосторожности предлагается снизить дозу до 200 мг кг–1 суточная доза.  d EC (1990) – предложен, но не принят.  e Предварительное значение (Министерство энергетики, 1989).  f Ограничения в Германии (BMUB, Постановление об осадке сточных вод, 2017).  g Хром VI.  h для pH < 6.  i В почвах, где 5 < pH < 6, разрешается использовать стерилизованный известью ил.  J Зависит от рН почвы. | | | | | | | | | | | |
| *Продолжение таблицы Е.1* | | | | | | | | | | | |
|  | As | Cd | Co | Cr | Cu | Hg | Mo | Ni | Pb | Se | Zn |
| Западная Австралия (C2) | 20 | 1 |  | 1g | 100 | 1 |  | 60 | 200 | 3 | 200 |
| Австрия |  | | | | | | | | | | |
| Нижняя Австрия |  | 1,5 |  | 100 | 60 | 1 |  | 50 | 100 |  | 200 |
| Верхняя Австрия |  | 1 |  | 100 | 100 | 1 |  | 60 | 100 |  | 300/150h |
| Бургенланд |  | 2 |  | 100 | 100 | 1,5 |  | 60 | 100 |  | 300 |
| Форарльберг |  | 2 |  | 100 | 100 | 1 |  | 60 | 100 |  | 300 |
| Штайермарк |  | 2 | 30 | 100 | 100 | 1 | 10 | 60 | 100 |  | 300 |
| Каринтия |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| pH < 5,5 |  | 0,5 |  | 50 | 40 | 0,2 |  | 30 | 50 |  | 100 |
| 5,5 < pH < 6,5 |  | 1 |  | 75 | 50 | 0,5 |  | 50 | 70 |  | 150 |
| pH > 6,5 |  | 1,5 |  | 100 | 100 | 1 |  | 70 | 100 |  | 200 |
| Бельгия |  | | | | | | | | | | |
| Фландрия | 15 | 0,9 |  | 46 | 49 | 1,3 |  | 18 | 56 |  | 170 |
| Валлон | 15 | 2 |  | 100 | 50 | 1 |  | 50 | 100 |  | 200 |
| Болгария |  | | | | | | | | | | |
| 6 ≤ pH ≤ 7,4 |  | 2 |  | 200 | 100 | 1 |  | 60 | 80 |  | 250 |
| pH > 7,4 |  | 3 |  | 200 | 140 | 1 |  | 75 | 100 |  | 300 |
| Канада (Британская Колумбия) |  | 3–20j |  | 60 | 150 | 10 |  | 150 | 25 |  | 450 |
| Канада (Онтарио) [51] | 14 | 1,6 | 20 | 120 | 100 | 0,5 | 4 | 32 | 60 | 1,6 | 220 |
| Кипр |  | 1–3 |  | 100–150 | 50–140 | 1–15 |  | 30–75 | 50–300 |  | 150–300 |
| Дания |  | 0,5 |  | 30 | 40 | 0,5 |  | 15 | 40 |  | 100 |
| Эстонияi |  | 3 |  | 100 | 50 | 1,5 |  | 50 | 100 |  | 300 |
| Финляндия |  | 0,5 |  | 200 | 100 | 0,2 |  | 60 | 60 |  | 150 |
| Франция |  | 2 |  | 150 | 100 | 1 |  | 50 | 100 |  | 300 |
| Германияf |  | | | | | | | | | | |
| Глина |  | 1,5 |  | 100 | 60 | 1 |  | 70 | 100 |  | 200 |
| Суглинок/ил |  | 1 |  | 60 | 40 | 0,5 |  | 50 | 70 |  | 150 |
| Песок |  | 0,4 |  | 30 | 20 | 0,1 |  | 15 | 40 |  | 60 |
| Греция |  | 3 |  |  | 140 | 1,5 |  | 75 | 300 |  | 300 |
| Венгрия | 22 | 1 | 50 | 75/1g | 75 | 0,5 | 7 | 40 | 100 |  | 200 |
| Ирландия |  | 1 |  |  | 50 | 1 |  | 30 | 50 |  | 150 |
| Италия | 20 | 1,5 |  | 200 | 100 | 1 |  | 75 | 100 | 10 | 300 |
| Латвия |  | 0,5–0,9 |  | 40–90 | 15–70 | 0,1–0,5 |  | 15–70 | 20–40 |  | 50–100 |
| Литва |  | 1,5 |  | 80 | 80 | 1 |  | 60 | 80 |  | 260 |
| Люксембург |  | 1–3 |  | 100–200 | 50–140 | 1–1,5 |  | 30–75 | 50–300 |  | 150–300 |
| Мальта |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 5 ≤ pH ≤ 6 |  | 0,5 |  | 30 | 20 | 0,1 |  | 15 | 70 |  | 60 |
| 6 ≤ pH ≤ 7 |  | 1 |  | 60 | 50 | 0,5 |  | 50 | 70 |  | 150 |
| ph > 7 |  | 0,8 |  | 100 | 100 | 1 |  | 70 | 100 |  | 200 |
| Нидерланды |  | 0,8 |  | 10 | 36 | 0,3 |  | 30 | 35 |  | 140 |
| Португалия |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| pH ≤ 5,5 |  | 1 |  | 50 | 50 | 1 |  | 30 | 50 |  | 150 |
| 5,5 ≤ pH ≤ 7 |  | 3 |  | 200 | 100 | 1,5 |  | 75 | 300 |  | 300 |
| ph > 7 |  | 4 |  | 300 | 200 | 2 |  | 110 | 450 |  | 450 |
| Польша |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Легкая почва |  | 1 |  | 50 | 25 | 0,8 |  | 20 | 40 |  | 80 |
| *Продолжение таблицы Е.1* | | | | | | | | | | | |
|  | As | Cd | Co | Cr | Cu | Hg | Mo | Ni | Pb | Se | Zn |
| Средняя почва |  | 2 |  | 75 | 50 | 1,2 |  | 35 | 60 |  | 120 |
| Тяжелая почва |  | 3 |  | 100 | 75 | 1,5 |  | 50 | 80 |  | 180 |
| Румыния |  | 3 |  | 100 | 100 | 1 |  | 50 | 50 |  | 300 |
| Словакия |  | 1 |  | 60 | 50 | 0,5 |  | 50 | 70 |  | 150 |
| Словения |  | 1 |  | 100 | 60 | 0,8 |  | 50 | 85 |  | 200 |
| Испания |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| pH < 7 |  | 1 |  | 100 | 50 | 1 |  | 30 | 50 |  | 150 |
| pH > 7 |  | 3 |  | 150 | 210 | 1,5 |  | 112 | 300 |  | 450 |
| Швеция |  | 0,4 |  | 60 | 40 | 0,3 |  | 30 | 40 |  | 100 |
| Великобританияa |  | 3 |  | 400e | 135 | 1 |  | 75 | 300c |  | 20 |
| СШАb |  | 20 |  | 1450 | 775 | 9 |  | 230 | 190 |  | 1500 |
| a Для рН почвы ≥ 5, за исключением Cu и Ni, для диапазона рН 6-7; выше рН 7 Zn = 300 мг кг–1 DS (DoE, 1996).  b Приблизительные значения, рассчитанные на основе совокупной нормы выбросов загрязняющих веществ в соответствии с правилом заключительной части 503 (США, EPA, 1993).  с В качестве мер предосторожности предлагается снизить дозу до 200 мг кг–1 суточная доза.  d EC (1990) – предложен, но не принят.  e Предварительное значение (Министерство энергетики, 1989).  f Ограничения в Германии (BMUB, Постановление об осадке сточных вод, 2017).  g Хром VI.  h для pH < 6.  i В почвах, где 5 < pH < 6, разрешается использовать стерилизованный известью ил.  J Зависит от рН почвы. | | | | | | | | | | | |

**Таблица E.2 – Максимальный уровень микроэлементов (мг кг –1 от DS) в биотвердых веществах и продуктах, полученных из биотвердых веществ, используемых в сельскохозяйственных целях [53]**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | As | Cd | Co | Cr | Cu | Hg | Mo | Ni | Pb | Se | Zn |
| Директива 86/278/EEC | - | 20-40 | - | - | 1000-1750 | 16-25 | - | 300-400 | 750-1200 | - | 2500-4000 |
| Австралия  [62], [63] |  | | | | | | | | | | |
| Национальные руководящие принципы (класс C2) | 60 | 20 | - | 500-3000 | 2500 | 15 | - | 270 | 420 | 50 | 2500 |
| Новый Южный Уэльс (C) | 20 | 20 | - | 500 | 2000 | 15 | - | 270 | 420 | 50 | 2500 |
| Южная Австралия (C) | - | 20 | - | 1b | 2500 | - | - | - | - | - | 2500 |
| Тасмания (B) | 20 | 20 | - | 500 | 1000 | 15 | - | 270 | 420 | 50 | 2500 |
| Виктория (C2) | 60 | 10 | - | 3000 | 2000 | 5 | - | 270 | 500 | 50 | 2500 |
| Западная Австралия (C2) | 60 | 20 | - | 1b | 2500 | 15 | - | 270 | 420 | 50 | 2500 |
| Австрия |  | | | | | | | | | | |
| Нижняя Австрия | - | 2 | 10 | 50 | 300 | 2 | - | 25 | 100 | - | 1500 |
| Верхняя Австрия | - | 10 | - | 500 | 500 | 10 | - | 100 | 400 | - | 2000 |
| Бургенланд | - | 10 | - | 500 | 500 | 10 | - | 100 | 500 | - | 2000 |
| Форарльберг | - | 4 | - | 300 | 500 | 4 | - | 100 | 150 | - | 1800 |
| Штайермарк | 20 | 10 | 100 | 500 | 500 | 10 | 20 | 100 | 500 | - | 2000 |
| Каринтия | - | 2,5 | - | 100 | 300 | 2,5 | - | 80 | 150 | - | 1800 |
| Бельгия |  | | | | | | | | | | |
| Фландрия | 150 | 6 | - | 250 | 375 | 5 | - | 100 | 300 | - | 900 |
| Валлон | - | 10 | - | 500 | 600 | 10 | - | 100 | 500 | - | 2000 |
| *Продолжение таблицы Е.2* | | | | | | | | | | | |
|  | As | Cd | Co | Cr | Cu | Hg | Mo | Ni | Pb | Se | Zn |
| Болгария | - | 30 | - | 500 | 1600 | 16 | - | 350 | 800 | - | 3000 |
| Канада (Федеральный закон об удобрениях) | 75 | 20 | 150 | - | - | 5 | 20 | 180 | 500 | 14 | 1850 |
| Канада (Британская Колумбия) [58] |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Биотверд. в-ва класса А | 75 | 20 | 150 | 1060 | 2200 | 5 | 20 | 180 | 500 | 14 | 1850 |
| Биотверд. в-ва класса Б | 75 | 20 | 150 | 1060 | 2200 | 15 | 20 | 180 | 500 | 14 | 1850 |
| Компост класса А | 13 | 3 | 34 | 100 | 400 | 2 | 5 | 62 | 150 | 2 | 500 |
| Компост класса Б | 75 | 20 | 150 | 1060 | 220 | 15 | 20 | 180 | 500 | 14 | 1850 |
| Среда для выращ. биотвердых веществ | 13 | 1,5 | 34 | 100 | 150 | 0,8 | 5 | 62 | 150 | 2 | 150 |
| Канада (Онтарио) значения для неводных биотверд. в-в (>1 % сухого вещества) |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Группа 1 | 13 | 3 | 34 | 210 | 100 | 0,8 | 5 | 62 | 150 | 2 | 500 |
| Группа 2 | 170 | 34 | 340 | 2800 | 1700 | 11 | 94 | 420 | 1100 | 34 | 4200 |
| Канада (Квебек) |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Группа 1 | 13 | 3 | 34 | 21 | 400 | 0,8 | 5 | 62 | 15 | 2 | 70 |
| Группа 2 | 41 | 10 | 150 | 1060 | 1500 | 4 | 20 | 180 | 300 | 14 | 1850 |
| Кипр | - | 20-40 | - | - | 1000-1750 | 16-25 | - | 300-400 | 750-1000 | - | 2500-4000 |
| Чехия | 30 | 5 |  | 200 | 500 | 4 |  | 100 | 200 |  | 2 500 |
| Дания | 25 | 0,8 |  | 100 | 1 000 | 0,8 |  | 30 | 120 |  | 400 |
| Эстония |  | 15 |  | 1 200 | 800 | 16 |  | 400 | 900 |  | 2 900 |
| Финляндия |  | 3 |  | 300 | 600 | 2 |  | 100 | 150 |  | 1 500 |
| Франция |  | 10 |  | 1 000 | 1 000 | 10 |  | 200 | 800 |  | 3 000 |
| Германияa | 40\* | 1,5\* |  | 2\* | 900\*\* | 1,0\* |  | 80\* | 150\* |  | 4000\*\* |
| Греция |  | 20–40 |  | 500 | 1000–  1 750 | 16–25 |  | 300–  400 | 750–  1200 |  | 2500–  4 000 |
| Венгрия | 25 | 10 | 50 | 1 000/1b | 1 000 | 10 | 20 | 200 | 750 |  | 2 500 |
| Ирландия |  | 20 |  |  | 1 000 | 16 |  | 300 | 750 |  | 2 500 |
| Израиль |  | 20 |  | 400 | 600 | 5 |  | 90 | 200 |  | 2 500 |
| Италия |  | 20 |  |  | 1 000 | 10 |  | 300 | 750 |  | 2 500 |
| Япония | 50 | 5 |  | 500 |  | 2 |  | 300 | 100 |  |  |
| Латвия |  | 20 |  | 2 000 | 1 000 | 16 |  | 300 | 750 |  | 2 500 |
| Люксембург |  | 20–40 |  | 1000–  1750 | 1000–  1750 | 16–25 |  | 300– 400 | 750–  1200 |  | 2500–  4000 |
| Мальта |  | 5 |  | 800 | 800 | 5 |  | 200 | 500 |  | 2 000 |
| Нидерланды | 1,5 | 1,25 |  | 75 | 75 | 0,75 |  | 30 | 100 |  | 300 |
| *Окончание таблицы Е.2* | | | | | | | | | | | |
|  | As | Cd | Co | Cr | Cu | Hg | Mo | Ni | Pb | Se | Zn |
| Польша |  | 10 |  | 500 | 800 | 5 |  | 100 | 500 |  | 2500 |
| Португалия |  | 20 |  | 1 000 | 1000 | 16 |  | 300 | 750 |  | 2500 |
| Румыния |  | 10 |  | 500 | 500 | 5 |  | 100 | 300 |  | 2000 |
| Словакия | 20 | 10 |  | 1000 | 1000 | 10 |  | 300 | 750 |  | 2500 |
| Словения |  | 0,5 |  | 40 | 30 | 0,2 |  | 30 | 40 |  | 100 |
| Испания |  | 20 |  | 1000 | 1000 | 16 |  | 300 | 750 |  | 2500 |
| Испания |  | 40 |  | 1750 | 1750 | 25 |  | 400 | 1 200 |  | 4000 |
| Швеция |  | 2 |  | 100 | 600 | 2,5 |  | 50 | 100 |  | 800 |
| США |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Группа 1 (Класс A) | 41 | 39 | - | - | 1500 | 17 | (1) | 420 | 300 | 100 | 2800 |
| Группа 2 (Класс B) | 75 | 85 | - | - | 4300 | 57 | 75 | 420 | 840 | 100 | 7500 |
| а) Регулирование удобрений \* (B MEI, 2012); \*\* (BMUB, Постановление об осадке сточных вод, 2017);  b) Хром VI. | | | | | | | | | | | |

**Приложение F**

*(информационное)*

**Нормы максимальной концентрации органических соединений в биотвердых веществах**

См. таблицу F.1 и ссылку [53].

**Таблица F.1 – Нормативы максимальной концентрации органических соединений в биотвердых веществах (мг кг–1 ДС, за исключением ПХДД/F нг TEQ кг–1 ДС)**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Поглощенные органические галогены (ПОГ) | Бис (2–этил-гексил) фталат (DEHP) | Линейный алкилбензолсульфоновый (LAS) | Нонилфенол и этоксилаты нонилфенола (NP/NPE) | Полициклические ароматические углеводороды (ПАУ) | Полихлорированный дифенил (ПХД) | Полихлорированные дибензодиоксины и фураны (ПХДД/F) |
| Австрия |  |  |  |  |  |  |  |
| Нижняя Австрия | 500 |  |  |  |  | 0,2с | 100 |
| Верхняя Австрия | 500 |  |  |  |  | 0,2с | 100 |
| Форарльберг |  |  |  |  |  | 0,2с | 100 |
| Каринтия | 500 |  |  |  |  | 1 | 50 |
| Чехия | 500 |  |  |  |  | 0,6 |  |
| Дания |  | 50 | 1300 | 10 | 3\* |  |  |
| Франция |  |  |  |  | Флуорантен = 4  Бензо(b)флуорантен = 2,5  Бензо(а)пирен = 1,5 | 0,8b |  |
| Германия  (BMU 2017) |  |  |  |  | Бензо(а)пирен = 1 | 0,1 | 30 |
| Швеция |  |  |  | 50 | 3a | 0,4b |  |
| a Сумма 9 родственных веществ: аценаптен, флуорен, фенантрен, флуорантен, пирен, бензо (b+j+k) флуорантен. бензо(a)пирен, бензо(ghi)перилен, индено (1, 2, 3–c,d) пирен.  b Сумма из 7 аналогов: ПХД 28, 52, 101, 118, 138, 153, 180.  c Сумма из 6 аналогов: Печатная плата 28, 52, 101, 138, 153, 180. | | | | | | | |

**Приложение G**

*(информационное)*

**Органические соединения**

Твердые вещества сточных вод могут содержать следовые количества широкого спектра органических соединений из обычных бытовых источников, таких как фармацевтические препараты и средства личной гигиены, включая мыло, шампуни, моющие средства и товары медицинского назначения. Существует множество научной литературы, которая поддерживает регулируемое внесение твердых веществ сточных вод в почву как устойчивое и выгодное использование этого богатого ресурсами материала.

Некоторые примеры исследований включают:

— мониторинг фармацевтических препаратов и средств личной гигиены в стоках с полей, обработанных биотвердыми сточными водами, выявил присутствие исключительно низких или не поддающихся обнаружению уровней [54], [55];

— мультиорганизменные биоанализы, в ходе которых изучалось потенциальное воздействие на экосистему суши и водных объектов в результате наземного применения биотвердых веществ сточных вод, показали, что на большинство водных и наземных организмов не оказывалось негативного воздействия при воздействии почв, обогащенных биотвердыми веществами при регламентированных нормах внесения. Эксперименты с растениями (кукурузой, рапсом, горчицей, соей и пшеницей) не показали негативного воздействия и подтвердили предыдущие наблюдения других исследователей о том, что растения лучше растут на измененных почвах, предположительно благодаря питательным веществам, содержащимся в биотвердых веществах [56];

— канадское исследование показало, что при соблюдении наилучших методов управления концентрация триклозана и трихлокарбана (распространенных антимикробных ингредиентов в мыле, дезинфицирующих средствах для рук и зубных пастах) в съедобных частях растений, выращенных в почвах, обогащенных биотвердыми веществами сточных вод, представляет собой незначительный путь воздействия на человека [57]; и

— в обзоре литературы 2015 года Маккарти и др. было заявлено, что в целом имеющиеся в настоящее время фактические данные свидетельствуют о том, что риск, создаваемый органическими загрязнителями в контексте наземного применения биотвердых веществ, можно считать низким для широкой общественности, особенно по сравнению с рисками, возникающими в различных контекстах; например, воздействие ПБДЭ (широко используемого антипирена) на человека с большей вероятностью приведет к происходят из внутреннего источника, а не из сельскохозяйственной продукции, выращенной в почве с биотвердыми добавками, содержащей ПБДЭ [56].

**Приложение H**

*(информационное)*

**Препятствия (буферные зоны) в разных регионах**

**Таблица H.1 – Препятствия (буферные зоны) и выпас скота в различных регионах**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Местоположение** | **Задержка строительства (м)** | **Отступ поверхностного водного объекта (м)** | **Препятствие на дороге (м)** | **Откат скважины (м)** | **Глубина залегания грунтовых вод (м) или специальные положения** | **Загоны для выпаса животных (дни)** |
| **Австралия (Национальные руководящие принципы)**[63]  [64] |  |  |  |  |  |  |
| **Новый Южный Уэльс** | 50–100 | 50–250 | 5 |  |  | 25–50 |
| **Южная Австралия** | 100 | 400 | 5 |  |  |  |
| **Тасмания** | 50–100 | 50–100 | 5–10 |  |  | 25–50 |
| **Виктория** | 25–50 | 25–250 | 5 |  |  | 10–50 |
| **Западная Австралия** | 100 | 50–400 | 5 |  |  | 50 |
| **Канада (Британская Колумбия – только для биотвердых веществ группы 2)**[58] | 30 | 30 | 10–20a |  | Минимум 1м | 60 |
| **Канада (Онтарио)**[52] | Расстояния разделения зависят от уровня запаха биотвердых веществ | 20 |  | Муниципальный–100 м  Пробурено – 15 м  Другое– 90 мб | от 0,3 до 0,9 в зависимости от способа нанесения |  |
| **Канада (Альберта)**  **Нанесение на поверхность** | Площадь зонированной жилой застройки – 500 кв.м.  Занимаемое жилье – 60  Периметр общественного здания – 10  Общественное здание – 60  Граница школьного двора (во время занятий) – 200  Граница школьного двора (не на занятиях) – 20  Кладбища, детские площадки, парки, кемпинги – 200 | 30 | n/a | 20 | «Следует избегать участков с сезонным уровнем грунтовых вод в пределах 1 м от поверхности почвы, а также участков, залегающих под неглубоким водоносным горизонтом, пригодным для питья» |  |
| a 10 м для второстепенных дорог и 20 м для главных дорог.  b Специально для биотвердых веществ группы 2. | | | | | | |
| **Местоположение** | **Задержка строительства (м)** | **Отступ поверхностного водного объекта (м)** | **Препятствие на дороге (м)** | **Откат скважины (м)** | **Глубина залегания грунтовых вод (м) или специальные положения** | **Загоны для выпаса животных (дни)** |
| **Канада (Альберта)**  **Подземная закачка** | Площадь зонированной жилой застройки – 165  Занимаемое жилье – 20  Периметр общественного здания – 3  Общественное здание – 20  Граница школьного двора (во время сессии) – 66  Граница школьного двора (не на занятиях) – 7  Кладбища, детские площадки, парки, кемпинги – 66 | 10 | n/a | 20 | Следует избегать участков с сезонным уровнем грунтовых вод в пределах 1 м от поверхности почвы, а также участков, залегающих под неглубоким водоносным горизонтом, пригодным для питья. |  |
| **Израиль**[61] |  | > 50  > 100  поверхностный источник воды, используемый для питьевой воды |  | > 20 | Не должен использоваться в полевых условиях в пределах защитной гидрологической зоны (определяемой как круговая зона, окружающая пресноводное бурение, диаметр которой устанавливается в соответствии с глубиной бурения и характеристиками почвы) и не должен использоваться на почве с уклоном > 12%. |  |
| **США** |  | 10 |  |  |  |  |
| a 10 м для второстепенных дорог и 20 м для главных дорог.  b Специально для биотвердых веществ группы 2. | | | | | | |

**Приложение I**

*(информационное)*

**Качество биотвердых веществ зависит от метода обработки**

**Таблица I.1 – Качество биотвердых веществ в зависимости от методов обработки**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Тип биотвердых веществ в зависимости от процесса обработки** | **Описание** | **Пример типичных условий** | **Органическое вещество** | **Питательные вещества** | **Патогенные микроорганизмы** | **Потенциальный запах продукта** |
| **Вторичный** | Твердые частицы сточных вод, прошедшие фильтрацию и биологическую очистку (вторичную очистку) | Просеянный и биологически обработанный | Высокое | Умеренный | Высокое | Высокое |
| **Мезофильное переваривание** | Сырой или вторично обработанный осадок, прошедший низкотемпературное анаэробное сбраживание | Сбраживание проводят при температуре 35-38°C в течение 20 дней | Высокое | Умеренный | Высокое | Высокое |
| **Термофильное переваривание** | Сырой или вторично обработанный осадок, прошедший высокотемпературное анаэробное сбраживание или высокотемпературную обработку | Сбраживание при температуре > 55°C в течение 10 дней или термический гидролиз при температуре 165°C в течение 20 мин или окисление влажным воздухом при температуре 250-300°C в течение от 15 до 150 мин | От высокого до умеренного | Умеренный | Пастеризованный | Умеренный |
| **Щелочная обработка** | Осадок, который был обработан до высокого уровня рН путем химического добавления | Известь обрабатывают до рН > 12 в течение 2 часов | Высокое | Умеренный | Пастеризованный | Низкое |
| **Компостирование** | Смесь ила с зелеными отходами с достаточным временем для аэробных биологических реакций, чтобы расщепиться до материала, похожего на гумус.  Сорт А обрабатывается для значительного уменьшения количества патогенных микроорганизмов  Сорт В может содержать некоторые патогенные микроорганизмы | Температура достигает не менее 55 °C в течение 3 дней (статический штабель) или 15 дней (валок) с последующим периодом отверждения (в зависимости от процесса это может занять до 6 месяцев). | Очень высокое | Умеренный | Пастеризованный | Низкое |
| **Тепловая сушка** | Удаление воды из осадка для получения сухого продукта | Термическая сушка для получения продукта с содержанием сухих веществ 90-98% | Низкое | Очень высокое | Низкое | Низкое |

**Приложение J**

*(информационное)*

**Определение доступного растению фосфата**

Доступный растениям фосфат (PAP) – это фосфор, который выделяется в результате разложения органического вещества и химических реакций в почве. Количество PAP, доступного из биотвердых веществ, можно оценить, используя следующее:

(J.1)

где, – это доступный для растений фосфат в год внесения;

– общее содержание фосфора в биотвердых веществах;

2,29 – коэффициент преобразования *P* в P2O5;

– коэффициент разложения в год подачи заявки.

Со временем разложение органического вещества и химические реакции в почве продолжат превращать биотвердый фосфор в доступный растениям фосфат. На скорость этого преобразования снова влияют:

— процесс обработки, используемый для получения биотвердых веществ;

— климатические условия в зоне применения (температура, влажность); и

— состояние почвы (микробиологическая активность почвы).

(J.2)

где, – количество фосфата, доступного растению с течением времени;

– общее содержание фосфора в биотвердых веществах;

2,29 – коэффициент преобразования *P* в P2O5;

– коэффициент разложения по истечении года применения.

Таким образом, общее количество фосфора, получаемого при применении биосолидов, следует рассчитывать, как результат.

**Приложение K**

*(информационное)*

**K.1 Общие положения**

Чтобы определить максимально допустимую норму внесения биотвердых веществ на основе концентраций микроэлементов в биотвердых веществах, необходимо учитывать концентрацию микроэлементов в биотвердых веществах и принимающей почве, а также максимальные пределы в обоих случаях.

**K.2 Концентрация микроэлементов в биотвердых веществах**

Средняя концентрация микроэлементов в биотвердых веществах представляет собой среднемесячную концентрацию микроэлементов [например, мышьяка (As), кадмия (Cd), хрома (Cr), меди (Cu), свинца (Pb), ртути (Hg), молибдена (Mo), никеля (Ni), селена (Se) и цинк (Zn)]. Концентрация каждого микроэлемента не должна превышать предельной концентрации, а также каждая из проб в течение месяца не должна превышать предельных концентраций. Предельные концентрации являются предельными значениями максимальной концентрации микроэлементов в твердых биологических веществах и не должны быть превышены ни в одном образце.

Примеры средних и предельных концентраций приведены в таблицах К.1 и К.2.

**Таблица K.1 – Предельные значения средней концентрации микроэлементов в биотвердых веществах, наносимых на землю**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Элемент | Химический символ | Средние предельные концентрации микроэлементов для биотвердых веществ, вносимых в почву (мг кг–1DS) | |
|  |  | Ссылка [50] | Ссылка [51] |
| Мышьяк | As | 41 | 170 |
| Кадмий | Cd | 39 | 34 |
| Кобальт | Co | ….. | 340 |
| Хром | Cr | 1 200 | 2 800 |
| Медь | Cu | 1 500 | 1 700 |
| Свинец | Pb | 300 | 1 100 |
| Ртуть | Hg | 17 | 11 |
| Молибден | Mo | ….. | 94 |
| Никель | Ni | 420 | 420 |
| Селен | Se | 36 | 34 |
| Цинк | Zn | 2 800 | 4 200 |

**Таблица K.2 – Предельные концентрации микроэлементов в биотвердых веществах, наносимых на землю**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Элемент | Химический символ | Предельные концентрации твердых биологических веществ, наносимых на землю (мг кг–1 on DS) | | |
|  |  | Ссылка [59] | Ссылка [50] | Ссылка [61] |
| Мышьяк | As | 75 | — | — |
| Кадмий | Cd | 85 | 20–40 | 20 |
| Хром | Cr | 3 000 | — | 400 |
| Медь | Cu | 4 300 | 1 000–1 750 | 600 |
| Свинец | Pb | 840 | 750–1 200 | 200 |
| *Окончание таблицы К.2* | | | | |
| Элемент | Химический символ | Предельные концентрации твердых биологических веществ, наносимых на землю (мг кг–1 on DS) | | |
| Ртуть | Hg | 57 | 16–25 | 5 |
| Молибден | Mo | 75 | — | — |
| Никель | Ni | 420 | 300–400 | 90 |
| Селен | Se | 100 | — | — |
| Цинк | Zn | 7 500 | 2 500–4 000 | 2 500 |

**K.3 Предельные значения суммарной нормы содержания микроэлементов в биотвердых веществах (максимальная применяемая масса — в пересчете на сухую массу)**

Сыпучие биотвердые вещества можно наносить на землю, если концентрация одного или нескольких микроэлементов превышает значения, указанные в таблице К.1, но ни одна из предельных концентраций (таблица К.2) не превышена. В этом случае суммарная норма загрузки для каждого микроэлемента не должна превышать суммарную норму загрузки, представленную в таблице К.3.

Суммарная норма загрузки микроэлементов - это максимальное количество (масса в пересчете на сухой вес) микроэлемента, которое может быть нанесено на объект в течение всего срока его службы при любом массовом применении. Никакие дополнительные биотвердые вещества не могут быть нанесены на участок после достижения максимальной нормы загрузки микроэлементов на этом участке для любого из регулируемых микроэлементов.

Чтобы гарантировать, что суммарная скорость загрузки не превышает ни одного из значений, приведенных в таблице К.3, следует отслеживать фактические загрузки каждого микроэлемента на сайте или знать историю применения биосолидов на сайте.

Для расчета нагрузок микроэлементов, применяемых к участку, можно использовать формулу (К.1). однако формула (К.1) рассчитывает содержание микроэлементов при каждом нанесении биотвердых веществ на участок. Как только будет определена загрузка микроэлементов для каждого применения биотвердых веществ, можно суммировать нагрузки микроэлементов, чтобы определить фактическую измеренную совокупную норму загрузки микроэлементами участка в течение всего срока его службы.

(К.1)

где, – это концентрация микроэлементов (кг/га);

– концентрация микроэлементов в биотвердых веществах (мг кг-1 шт.);

– норма внесения на участок (метрическая тонна/га);

0,001 – коэффициент пересчета.

**Таблица K.3 – Предельные значения суммарной нормы содержания микроэлементов для биотвердых веществ, вносимых в почву**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Элемент | Химический символ | Предельные значения суммарной нормы содержания микроэлементов для биотвердых веществ, вносимых в почву (кг/га) |
|  |  | Ссылка [40] |
| Мышьяк | As | 41 |
| Кадмий | Cd | 39 |
| *Окончание таблицы К.3* | | |
| Элемент | Химический символ | Предельные значения суммарной нормы содержания микроэлементов для биотвердых веществ, вносимых в почву (кг/га) |
| Хром | Cr | 3 000 |
| Медь | Cu | 1 500 |
| Свинец | Pb | 300 |
| Ртуть | Hg | 17 |
| Никель | Ni | 420 |
| Селен | Se | 100 |
| Цинк | Zn | 2 800 |

**K.4 Максимальная загрузка микроэлементами в течение 365 дней**

Годовая норма поступления микроэлементов – это максимальное количество микроэлементов, которое может быть внесено на единицу площади земли в течение 365-дневного периода. Для расчета нагрузок микроэлементов в течение заданного 365–дневного периода применительно к участку можно использовать формулу (К.2). Ежегодная норма внесения биосолидов не должна приводить к превышению максимально допустимой концентрации микроэлементов, регулируемой юрисдикцией.

В таблице K4 приведены примеры максимальных годовых норм содержания микроэлементов.

(К.2)

где, – годовая норма внесения микроэлементов (кг/га)/365 дней;

– концентрация микроэлемента (мг кг-1);

– годовая норма внесения биотвердых веществ (метрическая тонна/га)/365 дней;

0,001 – коэффициент пересчета.

**Таблица K.4 – Предельная годовая норма загрузки микроэлементов для биотвердых веществ**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Элемент | Химический символ | Предельная годовая норма внесения микроэлементов для биотвердых веществ, вносимых в почву (кг/га за 365–дневный период) | | |
|  |  | Ссылка [59] | Ссылка [50] основана на среднем показателе за 10 лет | Ссылка [61] |
| Мышьяк | As | 2,0 | — | — |
| Кадмий | Cd | 1,9 | 0,15 | 0,30 |
| Хром | Cr | — | — | 6 |
| Медь | Cu | 75 | — | 9 |
| Свинец | Pb | 15 | 15 | 3 |
| Ртуть | Hg | 0,85 | 0,10 | 0,075 |
| Никель | Ni | 21 | 3,0 | 1,35 |
| Селен | Se | 5,0 | — | — |
| Цинк | Zn | 140 | 30 | 37,5 |

**K.5 Годовая норма загрузки микроэлементов (ATELR)**

Чтобы рассчитать годовую норму поступления микроэлементов, проанализируйте биотвердые вещества и определите концентрацию по сухой массе перечисленных микроэлементов и определите ATELR по формуле (K.3):

(К.3)

где, *С* – концентрация микроэлементов в биотвердых веществах (мг кг-1 ДС);

0,001 – коэффициент пересчета единиц мг/кг в метрические тонны;

ATELR – это значение для данного конкретного микроэлемента (кг/га за 365-дневный период).

**K.6 Ежегодная норма внесения биосолидов (ABAR)**

Годовая норма внесения биотвердых веществ (ABAR) – это максимальное количество биотвердых веществ в метрических тоннах (сухая масса), которое может быть внесено на гектар земли в течение 365 дней. Он ограничен самым ограниченным количеством азота, фосфора и микроэлементов. Планка рассчитывается для азота в соответствии с пунктом 8.2.2; фосфора в соответствии с приложением J и для каждого из микроэлементов (ВОДЫ) в соответствии с настоящим приложением. Планка для биотвердых веществ - это наименьший показатель, рассчитанный для азота, фосфора или микроэлементов. Применение этого подпункта предполагает осведомленность о применимых правовых требованиях, которые могут варьироваться в зависимости от страны.

**K.7 Предельные значения концентрации микроэлементов в почвах (метод определения конечной концентрации в почве)**

Норма внесения (при использовании биотвердых веществ ниже предельных значений концентрации микроэлементов) должна учитывать максимально допустимые концентрации микроэлементов в почве для сельскохозяйственных угодий. Образцы почвы с места нанесения должны быть проанализированы для определения концентраций микроэлементов перед нанесением биотвердых веществ. Результаты анализа почвы и биотвердых веществ используются для расчета максимальной нормы внесения на основе содержания микроэлементов. Внесение биотвердых веществ следует осуществлять таким образом, чтобы не превышались максимально допустимые концентрации микроэлементов в почве, указанные в таблице К.3. Норму ограниченного внесения микроэлементов (TELAR) следует рассчитать по формуле (К.4).

**Таблица К.5 – Максимально допустимые концентрации микроэлементов в почве для сельскохозяйственных угодий после внесения биотвердых веществ**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Элемент | Химический символ | Максимально допустимые концентрации микроэлементов в почве для сельскохозяйственных угодий после внесения биотвердых веществ (мг кг –1D почвы) при рН от 6 до 7 |
|  |  | Ссылка [50] |
| Кадмиц | Cd | От 1 до 3 |
| Медь | Cu | От 50 до 140 |
| Свинец | Pb | От 50 до 300 |
| Ртуть | Hg | От 1 до 1,5 |
| Никель | Ni | От 30 до 75 |
| Цинк | Zn | От 150 до 300 |
| *Окончание таблицы К.5* | | |
| Элемент | Химический символ | Максимально допустимые концентрации микроэлементов в почве для сельскохозяйственных угодий после внесения биотвердых веществ (мг кг –1D почвы) при рН от 6 до 7 |
| Аналитический метод |  | Сильное кислотное переваривание. Эталонным методом анализа должен быть атомно-абсорбционный, и предел обнаружения каждого металла должен составлять не более 10% от соответствующего предельного значения. |

Необходимо обращать внимание, что эти значения могут быть превышены, если рН почвы постоянно превышает 7, но не более чем на 50 %.

(K.4)

где, – это ограниченная норма внесения микроэлементов (метрические тонны/га);

– максимально допустимая концентрация микроэлементов в почве (мг кг–1D);

– фактическая концентрация микроэлементов в почве (мг кг-1D) по результатам анализа почвы;

– концентрация микроэлементов в биотвердых веществах (мг кг-1D).;

– это внесенная масса почвы на гектар (сухие метрические тонны/га); рассчитывается с использованием насыпной плотности почвы, глубины заделки и площади почвы (1 га).

**Приложение L**

*(информационное)*

**Примеры инструментов контроля источников/предотвращения загрязнения и регулирования промышленных выбросов**

**L.1 Общие положения**

Тремя подходами к предотвращению загрязнения, которые могут уменьшить или устранить отдельные загрязняющие вещества из биотвердых веществ, являются:

— ограничения на промышленные сбросы в канализацию;

— запрещение химических веществ или добровольный поэтапный отказ от них;

— просвещение общественности и информационно-пропагандистская работа.

**L.2 Промышленный сброс в канализацию**

Промышленные сбросы в канализацию могут быть значительным источником загрязняющих веществ, которые в конечном итоге могут попасть в поток твердых частиц на установке по утилизации водных ресурсов. Эти выбросы можно уменьшить с помощью различных инструментов, таких как:

— добровольное соглашение с промышленностью или отраслевой ассоциацией о предварительной обработке сброса;

— нормативные акты страны или штата, требующие, чтобы сброс соответствовал определенным стандартам или оставался ниже максимальных нагрузок;

— закон об использовании местной канализации требует, чтобы сброс соответствовал определенным стандартам или оставался ниже максимальных нагрузок;

— разработка программ контроля источников для поэтапного прекращения промышленного использования и экспорта/импорта химических компонентов или соединений, которые влияют на качество твердых биологических веществ и сточных вод; и

— разработка программ сбора/переработки отходов, которые повышают осведомленность населения и исключают вероятность сброса в канализационную систему.

**L.3 Запреты и добровольный поэтапный отказ**

Эффективным подходом к устранению загрязняющих веществ в твердых биоматериалах является введение запрета на их использование и производство или работа с промышленностью для добровольного поэтапного отказа. Примерами такого подхода являются добровольный поэтапный отказ от некоторых ПБДЭ и введенный ЕС в 2010 году запрет на использование триклозана в продуктах, контактирующих с пищевыми продуктами (например, разделочных досках).

**L.4 Образовательные/информационно-пропагандистские инициативы заинтересованных сторон**

Другие образовательные и информационно-пропагандистские инициативы включают:

— фармацевтические программы возврата лекарств и просвещение, направленные на предотвращение смывания неиспользованных лекарств в унитаз; и

— замена ртутных термометров на термометры, не содержащие ртути.

**Приложение М**

*(информационное)*

**Частоты отбора проб биотвердых веществ**

**Таблица M.1 – Частоты отбора проб для контрольного отбора проб и рутинного отбора проб**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Группа | Тип мониторинга | Режим отбора проб | Параметры, подлежащие мониторингу |
| 1 | Проверка продукта | > 15 равномерно распределенных образцов захвата в месяц в течение 3–месячного периода с < 3 отказами. При > 3 отказах соберите еще 15 последовательных образцов для проверки соответствия требованиям. | Кишечная палочка  Вирусные гельминты  Плюс уменьшение количества летучих твердых частиц |
| Обычный отбор проб | > 1 образец захвата в неделю | Кишечная палочка  Плюс уменьшение количества летучих твердых частиц |
| 2 | Проверка продукта | Не применяется для тестирования на патогены | Уменьшение количества летучих твердых частиц |
| Обычный отбор проб | Не применяется для тестирования на патогены | Уменьшение количества летучих твердых частиц |

**Приложение N**

*(информационное)*

**Тесты и методики на почвах и биотвердых веществах**

В таблице N.1 представлены примеры методик тестирования параметров в биотвердых веществах и почве.

**Таблица N.1 – Испытания почвы и биотвердых веществ и методики их проведения**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | | Описание теста | | Канадский (Британская Колумбия) [53] | Канадский (Онтарио)[43] | | | | Международный и европейский стандарт |
| Органический/неорганический углерод (почва) | | | |  |  | | | |  |
| C–TOC–CALC–SK | | Расчет общего количества органического углерода | | Почва и биотвердые вещества  CSSS (2008) 21.2 | Сухой осадок:  Метод LaSB E3529 CARB3529  TN3529 | | | | EN 15936[70] |
| Доступные растению питательные вещества (почва) | | | |  |  | | | |  |
| CAT–AVAIL–SK | | Доступные катионы (Ca,Mg,Na,K) | | Почва и биотвердые вещества  CSSS (1993) 19.4.2 |  | | | | Комбинированное извлечение в соответствии с VDLUFA IA 6.4.1  Затем следует окончательный вариант ICP–OES соответствии со стандартом ISO 11885[71] |
| CEC–SK | | Способность к катионообмену (NH4OAC Extn) | | Почва и биотвердые вещества  CSSS(1978) 3.321/Comm Soil Sci 17(7) |  | | | | ISO 11260[71]  ISO 13536[73] |
| METAL–DTPA–SK | | Доступные микроэлементы (Cu,Fe,Zn,Mn) | | Почва и биотвердые вещества  CSSS 1993 (11.3 AND 11.4) |  | | | | ISO 14870[74] |
| NH4–AVAIL–SK | | Доступный аммоний–N | | Почва и биотвердые вещества  CSSS(1993) 4.2/COMM SOIL  SCI 19(6) |  | | | | ISO 14256–2[75]  DIN 19746[76] |
| NO3–NO2 | | Общее количество нитратов, нитритов (окисленный N) | |  |  | | | |  |
| PO4–AVAIL–SK | | Доступный фосфат–P | | Почва и биотвердые вещества  Comm. Soil Sci. Plant Anal. 25 (5&6) |  | | | | Neutral ammonc solved. P by:  EU VO 2003/200 |
|  | |  | |  |  | | | | комбинированное извлечение в соответствии с |
| Бактериологические тесты (почва) | | | |  |  | | | |  |
| FCOLI–DRY–MTF–VA | | Фекальная кишечная палочка от MPN | | Почва и биотвердые вещества  Метод EPA 1680 |  | | | | Same |
| a Национальный совет по охране окружающей среды. | | | | | | | | | |
|  | | Описание теста | | Канадский (Британская Колумбия) [53] | Канадский (Онтарио)[43] | | | | Международный и европейский стандарт |
| Органический/неорганический углерод (почва) | | | |  |  | | | |  |
| C–TOC–CALC–SK | | Total Organic Carbon Calculation | | Почва и биотвердые вещества  CSSS (2008) 21.2 | Dry sludge:  LaSB method E3529 CARB3529  TN3529 | | | | EN 15936[70] |
| Доступные растению питательные вещества (почва) | | | |  |  | | | |  |
| CAT–AVAIL–SK | | Available Cations (Ca,Mg,Na,K) | | Почва и биотвердые вещества  CSSS (1993) 19.4.2 |  | | | | Combination out Extraction as per  VDLUFA IA 6.4.1  Followed by final by ICP–OES accor  ISO 11885[71] |
| CEC–SK | | Cation Exchange Capacity (NH4OAC Extn) | | Почва и биотвердые вещества  CSSS(1978) 3.321/Comm Soil Sci 17(7) |  | | | | ISO 11260[71]  ISO 13536[73] |
| METAL–DTPA–SK | | Available Micronutrients (Cu,Fe,Zn,Mn) | | Почва и биотвердые вещества  CSSS 1993 (11.3 AND 11.4) |  | | | | ISO 14870[74] |
| NH4–AVAIL–SK | | Available Ammonium–N | | Почва и биотвердые вещества  CSSS(1993) 4.2/COMM SOIL  SCI 19(6) |  | | | | ISO 14256–2[75]  DIN 19746[76] |
| NO3–NO2 | | Total Nitrate, Nitrite (Oxidized N) | |  |  | | | |  |
| PO4–AVAIL–SK | | Available Phosphate–P | | Почва и биотвердые вещества  Comm. Soil Sci. Plant Anal. 25 (5&6) |  | | | | Neutral ammonc solved. P by:  EU VO 2003/200 |
|  | |  | |  |  | | | | combination out Extraction as per |
| Бактериологические тесты (почва) | | | |  |  | | | |  |
| ECOLI–COLI–VA | | E. coli by MPN | | Почва и биотвердые вещества | TMECC 07.00 PATHOGENS | |  | | Colilert®–18  ISO 9308–1[77] |
| FCOLI–DRY–MTF–VA | | Faecal coliform by MPN | | Почва и биотвердые вещества  EPA Method 1680 |  | | | | Same |
| a Национальный совет по охране окружающей среды. | | | | | | | | | |
|  | | Описание теста | | Канадский (Британская Колумбия) [53] | Канадский (Онтарио)[43] | | | | Международный и европейский стандарт |
| SALM–CONV– CONFIRM–WP | | Подтверждение наличия сальмонеллы (обычное) | | Почва и биотвердые вещества  MFHPB–20; MFO–21 |  | | | | ISO 6579[78] |
| SALMONELLA–  CONV–WP | | Сальмонелла (обычная) | | Почва и биотвердые вещества  MFHPB–20 |  | | | | ISO 6579[78] |
| Металлы (почва) | | | |  |  | | | |  |
| HG–200.2–CVAF–VA | | Содержание ртути в почве с помощью CVAFS | | Почва и биотвердые вещества  EPA 200.2/1631E (mod)[87] |  | | | | ISO 12846[79]  after digestion w regia by  EN 13657[80]; |
| MET–200.2–CCMS–VA | | Металлы в почве по данным CRC ICPMS | | Почва и биотвердые вещества  EPA 200.2/6020A (mod)[87] |  | | | | ISO 17294–2[81]  after digestion w regia by  EN 13657[80] |
| MET–200.2–L–  CCMS–VA | | Содержание металлов в почве по данным CRC ICPMS (низкое) | | Почва и биотвердые вещества  EPA 200.2/6020A (mod)[87] |  | | | | ISO 17294–2[81]  after digestion w aqua regia by  EN 13657[80]  Total digestion b  HF Addition |
| S–200.2–CCMS–ED | | Сернистый грунт по данным CRC ICPMS | | Почва и биотвердые вещества  EPA 200.2/6020A[87] |  | | | | EN ISO 17294–2[  после переваривания в соответствии с  EN 13657[80] |
| S–TOT–LECO–SK | | Общее содержание серы методом сжигания | | Почва и биотвердые вещества  ISO 15178[88] | Жидкие сточные воды  Осадок:  Метод LaSB  E3071 MET3071  Метод LasB E3094  MET3094 TCLPMET3094 | | | | EN 16168[69] |
| a Национальный совет по охране окружающей среды. | | | | | | | | | |
|  | | Описание теста | | Канадский (Британская Колумбия) [53] | Канадский (Онтарио)[43] | | | | Международный и европейский стандарт |
|  | |  | |  | Общее количество элементов по неочищенным сточным водам ICP–OES: E3181  Met3181  Общее количество элементов по ICP–OES As, Se and Sb с помощью HG–AAS в неочищенных сточных водах  Осадок:  E3091 ASSE3091 HYD3091  Ртуть с помощью автоматизированного CV–FAAS в сточных водах/осадке:  E3058  HG3058  Na, K, Ag, Pb посредством A AS в почвах  E3075  NA3075  K3075  NAK3075  PB3075  SILV3075  Общее содержание элементов в твердых веществах при сбраживании горячим способом и ICP–OESE3470 в высушенном компостном осадке  MET3470  BEFF3470\_B не аккредитованный хлорид в неочищенных сточных водах E3016  CL3016 | | | |  |
| a Национальный совет по охране окружающей среды. | | | | | | | | | |
|  | Описание теста | | Канадский (Британская Колумбия) [53] | | | Канадский (Онтарио)[43] | | Международный и европейский стандарт | |
| Полициклические ароматические углеводороды (почва) | | |  | | |  | |  | |
| PAH–SUM–CALC–VA | Сумма ПАУ | | Почва и биотвердые вещества  РАСЧЕТ[89] | | |  | | ISO 18287[82] | |
| PAH–TMB–H/A–MS–VA | ПАУ – Ротационная экстракция (гексан/ацетон) | | Почва и биотвердые вещества  EPA 3570/8270 [89] | | |  | | ISO 18287[82] | |
| Полулетучая органика (почва) | | |  | | |  | |  | |
| PHTHALATE–ED | Фталаты | | Почва и биотвердые вещества  EPA 3540/8270–GC-MS | | |  | |  | |
| Фенольные соединения (почва) | | |  | | |  | |  | |
| CLPHEN–TMB–MS–VA | Хлорированные фенолы с помощью тумблера/GCMS | | Почва и биотвердые вещества  EPA 3570, 8270D, Knapp(1979) | | |  | | ISO 14154[83] | |
| PHEN–TMB–MS–VA | Фенольные соединения с помощью тумблера/ GC–MS | | Почва и биотвердые вещества  EPA 3570, 8270D, Knapp(1979) | | |  | | ISO 14154[83] | |
| Полихлорированные дифенилы (почва) | | |  | | |  | |  | |
| PCB–CSR–SUM– CALC–VA | Общее содержание ПХБ (BC CSR) в почве | | Почва и биотвердые вещества  ВС Регулирование загрязненных участков | | |  | | ISO 10382[84] | |
| PCB–SE–ECD–VA | ПХД путем извлечения с помощью GC ECD | | Почва и биотвердые вещества  EPA8082, 3630 | | |  | | ISO 10382[84] | |
| PCB–SUM–CALC–VA | Общее содержание ПХД в почве | | Почва и биотвердые вещества  РАСЧЕТ | | |  | | ISO 10382[84] | |
| Полибромированные дифениловые эфиры (твердые) | | |  | | |  | |  | |
| PBDE–1614–HRMS–BU | PBDEs by EPA 1614 | | Почва и биотвердые вещества  USEPA 1614 | | |  | | DIN 38414–24[85 | |
|  |  | |  | | |  | |  | |
| a Национальный совет по охране окружающей среды. | | | | | | | | | |
|  | Описание теста | | Канадский (Британская Колумбия) [53] | | | Канадский (Онтарио)[43] | | Международный и европейский стандарт | |
| Диоксины и фураны (почва) | | |  | | |  | |  | |
| DX–1613B–HRMS–BU | Диоксины и фураны HR 1613B | | Почва и биотвердые вещества  USEPA 1613B | | |  | | DIN 38414–24[85 | |
| Токсическая эквивалентность (почва) | | |  | | |  | |  | |
| DX–1613B–HRMS–BU | Диоксины и фураны HR 1613B | | Почва и биотвердые вещества  USEPA 1613B | | |  | | DIN 38414–24[85 | |
| a Национальный совет по охране окружающей среды. | | | | | | | | | |

**Приложение О**

*(информационное)*

**Консультативный семинар сообщества**

**O.1 Структура диалога/семинаров с заинтересованными сторонами и сообществом**

Необходимо провести не менее 2 встреч, чтобы выделить время для представления справочной информации и потенциальных вариантов, предоставить возможность для обратной связи и дальнейшего изучения выдвинутых идей или вопросов.

Встреча 1:

— Понимание пути — каково видение / чего вы хотите достичь в результате этой консультации/взаимодействия?

— Понимание предыстории — каковы технические факты, характеристики отходов, геология, гидрология, результаты мониторинга и т.д.

— Понимание вариантов — каков диапазон доступных вариантов, сколько они будут стоить? (например, низкая / средняя / высокая стоимость).

— Холст из группы, если есть другие варианты.

— Ввести концепцию тройных или четверных ценностей (социальных/культурных, экологических, экономических) и необходимость уравновешивания различных и часто конкурирующих точек зрения.

Встреча 2:

— Обсудите подход, основанный на четырех ценностях, используя краткий процесс «семинара» для постановки вопросов / проблем, который позволяет членам сообщества определить ключевые ценности «сообщества», с которыми необходимо будет согласовать «техническое» решение.

— При необходимости запрашивайте соответствующие знания у сообщества.

— Обратная связь и оценка сообществом вариантов и принятие предпочтительного решения из трех вариантов.

Встреча 3:

— Предпочтительный вариант (варианты), представленный группе, вместе с обоснованием и затратами.

**O.2 Соображения по проектированию мастерской**

Собрания сообщества лучше всего проходят с привлечением технического персонала и консультантов, которые отвечают на вопросы, делятся своими знаниями и прислушиваются к обсуждениям. Это важный аспект, позволяющий участникам приобрести доверие к властям и экспертам.

— хороший процесс для решения вопросов в течение дня и более быстрого тестирования потенциальных решений;

— полезно для построения отношений и получения лучшего представления о проблемах, различных точках зрения, дилеммах, ограничениях и компромиссах, которые могут потребоваться;

— важно, чтобы группе не навязывались конкретные варианты и было предоставлено время для рассмотрения всех предложенных вариантов, независимо от того, насколько они левые;

— поощряйте людей к участию;

— обдумайте сказанное и создайте возможность для участников высказать свое мнение;

— такие детали, как рассадка по местам и мини-группы, гарантируют, что отдельные лица не «захватывают слово» и не доминируют в дискуссиях;

— помогает оформление зала в стиле кафе, а также предоставление блокнотов и заметок для публикации, чтобы молчаливое большинство могло высказаться;

— если в прошлом был какой-то конфликт или предполагается, что взаимодействие может стать сложным, независимый фасилитатор может оказаться полезным;

— ключевой частью консультационных встреч с заинтересованными сторонами является предоставление людям возможности внести свой вклад. Это должно быть дополнено кратким изложением того, в чем заключается проблема, и описанием возможных вариантов;

— каждый семинар будет состоять из нескольких этапов, и 1,5 часа - это необходимый минимум;

— важна гибкость, возможно, будет невозможно выполнить все этапы, и задачи, возможно, потребуется изменять по ходу семинара;

— качество собранных данных всегда зависит от того, кто посещает мероприятие в этот день;

— обеспечьте хорошую явку, убедившись, что семинар не пересекается с другими фестивалями или общественными мероприятиями;

— в большинстве процессов вовлечения трудно определить, представляют ли люди, присутствующие в этот день, круг интересов более широкого сообщества, поэтому пригласите широкий круг людей или представителей ключевых групп интересов;

— подчеркните, что семинар – это только одна из форм вклада сообщества и обратной связи, и что будут другие возможности для обратной связи в более широком процессе принятия решений.

**O.3 Итоги семинара**

— Прозрачный процесс, который облегчает регистрацию и документирование целого ряда проблем, ценностей и приоритетов сообщества для дальнейшего обсуждения, и включения в процесс принятия решений.

— Соображения о затратах и выгодах в рамках каждой из этих категорий более ясны, и в будущих обсуждениях на форуме власти могут рассмотреть компромиссы и взаимовыгодные решения по всем четырем категориям.

— Повышение осведомленности общественности о биотвердых веществах (в промышленности это часто называют «образованием»).

— Расширена поддержка для конечного использования.

**Приложение Р**

*(информационное)*

**Преимущества и ценность использования биотвердых веществ в реабилитации**

Биотвердые вещества использовались на нарушенных землях для рекультивации шахт (полезных ископаемых, заполнителей и угля), дорог и посадочных площадок (лесное хозяйство), нарушенных участков (транспортные коридоры для железной дороги, транспортных средств, трубопроводов и гидроэлектростанций), создания водно-болотных угодий, обеспечения окончательного покрытия свалок и устранения оползней и эрозионных каналов. Нарушенные земли имеют общие черты, а именно: они представляют собой суровую среду для формирования растительности без обработки; верхний слой почвы, если он присутствует, обычно содержит мало питательных веществ и не содержит органического вещества; обычно обнаруживаются плохие физические свойства.

Нарушенные, не восстановленные объекты часто могут быть вредны для окружающей среды из–за их текущего состояния. Они могут вызвать такие проблемы, как загрязнение воды, вызванное высокой скоростью эрозии, наличие токсичных примесей металлов на поверхности почвы, образование кислотного фильтрата, негативное воздействие на эстетику и вид из окна и другие проблемы, связанные с деградацией земель. Конечной целью программы рекультивации является восстановление резко нарушенных функций почвы на этих участках таким образом, чтобы было возможно конечное использование по назначению без создания нового источника загрязнения.

Рекультивация часто ускоряет процессы сукцессии, добавляя значительное количество питательных веществ, органического вещества и микробов в истощенные почвы.

Использование биотвердых веществ при восстановлении нарушенных земель может включать в себя целый ряд разнообразных мероприятий:

— восстановление растительности на завершенных или подлежащих завершению горных работах;

— создание растительности на покрытиях свалок;

— возвращение лесных дорог и посадок обратно в продуктивные леса; и

— специализированные восстановительные мероприятия, связанные с минимизацией эрозии или изменением экосистемы.

Наилучшие методы управления при использовании отходов в качестве добавок при рекультивации нарушенных земель очень специфичны для конкретного участка. Необходимо учитывать климат, характеристики почвы или почвенного субстрата, остаточные характеристики и конечные цели землепользования.

Ценность биотвердых веществ основывается на двух основных компонентах: органическом веществе и питательных веществах для растений. Органическое вещество улучшает плохие физические условия нарушенной почвы за счет улучшения уклона почвы, структуры почвы, стабильности, проницаемости и влагоудерживающей способности. Высокое содержание органического углерода также обеспечивает источник энергии для стимулирования микробных сообществ, регулирует усвоение питательных веществ и действует как рН-буфер.

Биотвердые вещества содержат макро- и микроэлементы, необходимые для роста растений, и могут быть внесены в почву из-за их ценности как удобрения. Органическое вещество в биотвердых веществах может служить для смягчения нежелательного вымывания некоторых питательных веществ, обеспечивая при этом минерализацию питательных веществ с течением времени. Как правило, питательные вещества в биотвердых веществах содержатся в основном в органических формах и, таким образом, высвобождаются медленно, обеспечивая постепенное поступление питательных веществ (например, азота и фосфора в биотвердых веществах). Свойства органических удобрений biosolids выгодны, поскольку за один раз можно получить запас питательных веществ для долгосрочного роста растений, но следует учитывать возможное загрязнение из–за перемещения питательных веществ.

**Приложение Q**

*(информационное)*

**Примеры ограниченных видов деятельности и периодов удержания для биотвердых веществ группы 2**

См. таблицу Q.1 и [38].

**Таблица Q.1 – Пример ограниченных видов деятельности и периодов удержания для биосолидов группы 2**

|  |  |
| --- | --- |
| Деятельность | Предлагаемый период удержания |
| Салатные культуры, фрукты, другие культуры для потребления человеком, которые можно употреблять в пищу сырыми или неочищенными | Период ожидания не менее 1 года после внесения биотвердых веществ, прежде чем можно будет высевать культуры, которые потребляются в сыром виде.  Фрукты или овощи не следует собирать с поверхности почвы. |
| Другие продовольственные культуры | Продовольственные культуры не следует собирать в течение 30 дней после внесения биосолидов. |
| Кормовые культуры для животных и волокнистые культуры | Урожай не следует собирать в течение 30 дней после внесения биосолидов. |
| Период удержания животного | Запрещается доступ к пасущимся животным на участке в течение 30 дней после нанесения биосолидов.  Молочным животным (молоко для потребления человеком) и новорожденным животным не следует разрешать пастись на территории в течение 45 дней после применения биосолидов.  Ограничение выпаса домашней птицы и свиней на участке сроком на один год на землях, на которых ранее применялись биосолиды; из-за привычек кормления животных, которые приводят к высокому содержанию заглатываемой почвы. |
| Дерн | Однолетнее ограничение на сбор урожая торфа, выращенного на суше, дополните биосолидами. |

**Приложение R**

*(информационное)*

**Восстановление растительного покрова**

Выбор видов для создания растительности должен зависеть от желаемого результата, ожидаемого плодородия почвы, климатических условий и плана конечного использования участка. Азотфиксирующие виды не сохраняют своего конкурентного преимущества перед другими видами после внесения биосолидов с высоким содержанием азота, и лишь немногие растения, фиксирующие азот, могут расти в первый год после внесения и посева семян. Хотя растения, фиксирующие азот, могут не занимать большого процента растительного покрова в первые несколько лет после внесения питательных веществ, они могут способствовать поддержанию последующего роста и поэтому должны учитываться при выборе смеси семян. Культуру-кормилицу (однолетнюю культуру) следует использовать для содействия созданию многолетних культур, таких как N-фиксирующие культуры (бобовые растения, такие как люцерна (Medicago sativa. L) клевер (Trifolium. L), трилистник (лотос. L) и многолетние травы. Кормящая культура (например, овес (Avena sativa. L) или другие высокорослые и плотные злаки) могут быть использованы для повышения выживаемости сеянцев других культур за счет конкуренции с сорняками, уменьшения эрозии почвы и избытка солнечного света.

После выбора растительности следует рассмотреть наилучшие методы управления для обеспечения приживаемости и всхожести семян. Следует высаживать деревья или черенки, и тщательный учет места посадки и климатических изменений может привести к наилучшему результату приживаемости. Распределение семян может осуществляться с воздуха или на земле. Иногда сеялки могут использоваться на переработанных хвостохранилищах. В случае травянистых видов можно использовать широковещательный посев, а гидросеялки можно использовать там, где рельеф местности препятствует обычному посеву или требует большего «разбрасывания» семян. Гидропосев может быть особенно подходящим на крутых и/или труднодоступных участках. Посадка должна производиться вручную или механически с использованием древесных пород. Нормы высева обычно могут быть выше, чем при обычном сельском хозяйстве.

**Библиография**

[1] ISO 8157:2015, Fertilizers and soil conditioners — Vocabulary.

[2] ISO 11074:2015, Soil quality — Vocabulary

[3] ISO 14488:2007, Particulate materials — Sampling and sample splitting for the determination of particulate properties

[4] ISO 28007-1:2015, Ships and marine technology — Guidelines for Private Maritime Security Companies (PMSC) providing privately contracted armed security personnel (PCASP) on board ships (and pro forma contract) — Part 1: General

[5] Environmental Regulations and Technology, Control of Pathogens and Vector Attraction in Sewage Sludge, [viewed 16 March 2019]. Available from: https:// www .epa .gov/ sites/ production/files/ 2015 -07/ documents/ epa -625 -r -92 -013 .pdf

[6] Extractability and solubility of phosphate in soils amended with chemically treated sewage sludgesSoon Y. , Bates Ts.l, .: Soil Science, Vol. 134

[7] Sylvis Environmental. Guidance document for the beneficial use of municipal biosolids, municipal sludge and treated septage. s.l.: Canadian Council of Ministers of the Environment ( CCME), 2012

[8] ISO/IEC 17025:2015, General requirements for the competence of testing and calibration laboratories

[9] ISO 18400-105:2017, Soil quality — Sampling — Part 105: Packaging, transport, storage and preservation of samples

[10] ISO 14001:2015, Environmental management systems — Requirements with guidance for use

[11] ISO 18400-101:2017, Soil quality — Sampling — Part 101: Framework for the preparation and application of a sampling plan

[12] ISO 5667-6:2014, Water quality. Sampling. Guidance on sampling of rivers and streams

[13] Inorganic and organic constituents and contaminants of biosolids: Implications for land application. Haynes R. , Murtaza G. , Naidu R, Amsterdam: Elsevier, Advances in agronomy, 2009, Vol. 104

[14] Mechanisms controlling soil carbon turnover and their potential application for enhancing carbon sequestrationJastrow J, Amonette J, Bailey V s.l.: Climatic Change, 2007, Vol. 80

[15] Carbon storage in a heavy clay soil landfill site after biosolid applicationBolan NKunhikrishnan A. , N aidu R s.l.: Science of The Total Environment, Vol. 465. 1879–1026

[16] Soil properties and carbon sequestration of afforested pastures in reclaimed minesoils of OhioUssiri D, L al R . , J acinthe P . , s .l.: S oil S cience S ociety O f A merica, 2 014, V ol. 7 0

[17] Method for determining coal carbon in the reclaimed minesoils contaminated with coal., U ssiri D , Lal R. s.l.: Soil Science Society of America Journal, 2008, Vol. 72. 1435–0661

[18] Amichev B. Biogeochemistry of Carbon on Disturbed Forest Landscapes. Ph.D. Dissertation. University Libraries, Virginia Polytechnic Institute and State. 2007

[19] Studies on the relationship between microbial biomass and extractable organic N fractions (Norg) Madsen C, Werner W, Scherer H, Olfs H, Abano–Padova, Italy: Procedinngs of 3rd ESA Congress, 1994

[20] Sewage sludge effects on gas fluxes at the soil–atmosphere interface, on soil deltaC–13 and on total soil carbon and nitrogenFernandes S. , Bettio W. , Cerri C s.l.: Geoderma, 2005, Vol. 125

[21] Influence of long-term application of sewage sludge and compost from garbage with sewage sludge on soil fertility criteriaWerner W, Scherer H.W. , Olfs H.W Journal of Agronomy and Crop Science, 1988, Vol. 160. 173–179.

[22] Biosolids effects on microbial activity in shrubland and grass–land soilsBarbarick K., Doxtader K. , R edente E . , B robst R . 3 , s .l.: Soil Science, 2004, Vol. 169

[23] Factors controlling the aggregate stability and bulk density in two different degraded soils amended with biosolids. Garcia–Orenes F, Guerrero C, Mataix–Solera J, Navarro– Pedreno J, Gomez I, M ataix–Beneyto J s .l.: Soil & Tillage Research, 2014, Vol. 82

[24] Effects of the incorporation of biosolids on soil quality: temporal evolution in a degraded inceptisolSepulveda–Varas A, Inostroza C, Encina–Montoya F., 3, s.l.: Journal of Soil Science and Plant Nutrition, 2011, Vol. 11. 0718–9516

[25] Surface Biosolids Application, Effects on Infiltration, Erosion, and Soil Organic Carbon in Chihuahuan Desert Grasslands and Shrublands.Moffet C, Zartman R, Wester D, Sosebee R 1, s.l.: Journal of Environmental Quality, 2005, Vol. 34

[26] Zartman Influence of Surface Biosolids Application on Infiltration RMoffet CWester DSosebee R , F ish E . , J aynes W s.l.: Applied and Environmental Soil Science, 2012

[27] Tisdall J.M., Oades , J.MOrganic Matter and Water Stable Aggregate in Soils 2, s.l.: European Journal of Soil Science, 1982, Vol. 33. 1365–2389

[28] Effects of organic mulches on soil microfauna in the root zone ofForge T, Hogue E, Neilsen G, Neilsen D 1, s.l.: Applied Soil Ecology, 2003, Vol. 2

[29] Spatial heterogeneity of aggregate stability and soil carbon in semi–arid rangeland., Bird S, Herrick J. , Wander M, Wright S s.l.: Environmental Pollution, 2002

[30] Application of Soil Quality to Monitoring and Management, Paradigms from Rangeland Ecology. Jeffrey E. Herrick, \* Joel R. Brown, Arlene J. Tugel, Patrick L. Shaver, and Kris M. Havstad. 3, s.l.: Agron. J., 2002, Vol. 94

[31] Organic matter and water–stable aggregates in soilsTisdall J, Oades J s.l.: Journal of Soil Science, 1982, Vol. 33

[32] Aggregation and Organic Matter Decomposition in Soils Amended with De–Inking Paper SludgeChantigny M, Angers D, Beauchamp Ch, s.l.: Soil Science Society of America, 1999, Vol. 63

[33] Aggregation and orgnaic matter decomposition in soils amended with de–inking paper sludgeSix J., Elliott E, Paustian K, Doran J, 1, s.l.: Soil Science Society of America, 1998, Vol. 62

[34] Effect of biosolids application on soil chemical properties and uptake of some heavy metals by Cercis siliquastrumKeramati Sh, Hoodaji M, Kalbasi M, 44, s.l.: African Journal of Biotechnology, 2010, Vol. 5. ISSN 1684-5315

[35] Characterization of humic acids extracted from biosolid amended soilsAntilén M. , Silva K, Acevedo S, Amiama F, Faúndez M, Knicker H, Pizarro C 4, s.l.: Journal of Soil Science and Plant Nutrition, 2014, Vol. 14. 1005–1020

[36] Use of biosolids in agriculture. NSW Department of Primary IndustryMartin L., Kelso G. 2009

[37] Wastewater microbiology. Bitton, G. New York: Wiley–Liss, 1994

[38] Henry C. , Van , Ham M. , Grey M. , Cowley N. , Harrison RField Method for Biosolids N Mineralization Using Porous Ceramic Cups s.l.: Water, Air, and Soil Pollution, 2000, Vol. 117

[39] Oberle S., Keeney D. Interactions of sewage sludge with soil–crop–water systems. [book auth.] C. Clapp and W. and Dowdy, R Larson. Sewage Sludge: Land Utilization and the Environment. Madison: ASA/CSSA/SSSA, 1994

[40] Cowley N., Thompson T., Henry C. Nitrogen mineralization study: Biosolids, manure, compost.s.l.: Cowley, N, D. Thompson and C. Henry. 1999. Nitrogen mineralization study: Biosolids, manure, compost. Available at: http:// faculty .washington .edu/ clh/ nmanual/ appendixd .pdf. (viewed 2010–01–06), 1999

[41] Brady N., Wiel R. Nature and properties of soil. 2008

[42] Brunet H., Personal communication. 2015

[43] Environmental Guidelines: Use and Disposal of Biosolids Products. Sydney, Australia: New South Wales Environmental Protection Authority, 1997

[44] Council, National Resource management Ministerial. Guidelines for Sewage Systems: Biosolids Management. Canberra, Australia: Department of Agriculture, Fisheries and Forestry, 2003

[45] Association, New Zealand Water and Wastes. Guidelines for the Safe Application of Biosolids to Land in New Zealand. 2003

[46] Western Australian Guidelines for Biosolids Management, DEC, Perth. Perth. Australia: Department of Environment and Conservation, 2010

[47] South Australian Biosolids Guidelines for the Safe Handling, Reuse or Disposal of Biosolids. Adelaide, Australia: Department of Environment and Natural Resources. South Australian Environment Protection Authority, 2003

[48] Part 503: Standards for the use and disposal of sewage sludge. s.l.: USEPA., 1993

[49] Guidelines for Environmental Management — Biosolids Land Application. Melbourne, Australia: Victorian Environment Protection Authority., 2004

[50] Council Directive 86/278/EEC of 12 June 1986 on the protection of the environment, and in particular of the soil, when sewage sludge is used in agriculture [viewed 16 March 2019]. Available from: https:// eur -lex .europa .eu/ legal -content/ EN/ TXT/ ?uri = CELEX: 31986L0278

[51] Ontario Ministy of Environment and Climate Change 2017

[52] Milieu Ltd. WRc and Risk and Policy Analysts Ltd (RPA). Environmental, economic and social impacts of the use of sewage sludge on land, Final Report, Part II: Report on Options and Impacts. Brussels: the European Commission., 2008FE2

[53] Milieu Ltd WRc and Risk and Policy Analysts Ltd (RPA). Environmental, economic and social impacts of the use of sewage sludge on land –Draft Summary Report 1 –Assessment of Existing Knowledge 2008, (CEC 1986, EC 2000, and 2003, SEDE and Anderson 2002, Alabaster and LeBlanc 2008, and Smith 2008. Brussels: s.n

[54] Runoff of pharmaceuticals and personal care products following application of biosolids to an agricultural field, . Topp, E., Monteiro, S. Beck, A. Coelho, B. Bxall, A. Duenk, P. Kleywegt, S. Lapen, D. Payne, M. Sabourin, L. Li, H. and Metcalfe, C. 1, s.l.: Science of the Total Environment, 2008, Vol. 396

[55] Fate and impacts of pharmaceuticals and personal care products after repeated applications of organic waste products in long-term field experiments, . Bourdat-Deschamps, M., Ferhi, S., Bernet, N., Feder, F., Crouzet, O., Patureau, D., Montenach, D., Moussard, G., Mercier, V., Benoit, P. and Houot, S. s.l.: Science of the Total Environment, 2017, Vol. 607-608

[56] University Ryerson Risks Associated with Application of Municipal Biosolids to Agricultural Lands in a Canadian Context. s.l.: Canadian Municipal Water Consortium, 2015

[57] Prosser R., Lissemore L., Topp E., Sibley P., Bioaccumulation of triclosan and triclocarban in plants grown in soils amended with municipal dewatered biosolids. Environmental Toxicology and Chemistry. 2014. Vol. 33

[58] British Columbia Ministry of Environment. Organic Matter Recycling Regulation. BC laws.

[Online] [Cited: 06 13, 2016.] http:// www .bclaws .ca/ Recon/ document/ ID/ freeside/ 18 2002

[59] US Environmental Protection Agency Title 40. Chapter I. Subchapter O. Part 503: Standards for the Use of Disposal of Biosolids. EPA . 1994

[60] O. Reg. 267/03: GENERAL. [Online] Ontario Ministry of Environment and Climate Change. [Cited: 06 13, 2017.] https:// www .ontario .ca/ laws/ regulation/ 030267

[61] Israeli Water Regulations (Use and Disposal of Sludge), 2004: s.n

[62] ALS Canada Limited 2016

[63] National Environment Protection Council, National Environmental Protection Council Guideline on the investigation levels for soil and ground water. Adelaide: s.n., 1999

[64] National Environmental Protection Council, National Environmental Protection Guideline on laboratory analysis of potentially contaminated soils. Adelaide: s.n., 2011

[65] EN 12880:2001, Characterization of sludges — Determination of dry residue and water content

[66] ISO 10390:2005, Soil quality — Determination of pH

[67] ISO 14255:1998, Soil quality — Determination of nitrate nitrogen, ammonium nitrogen and total soluble nitrogen in air-dry soils using calcium chloride solution as extractant

[68] EN 16169:2012, Sludge, treated biowaste and soil - Determination of Kjeldahl nitrogen

[69] EN 16168:2011, Sludge, treated biowaste and soil - Determination of total nitrogen using dry combustion method

[70] EN 15936:2011, Sludge, treated biowaste, soil and waste - Determination of total organic carbon (TOC) by dry combustion

[71] ISO 11885:2007, Water quality — Determination of selected elements by inductively coupled plasma optical emission spectrometry (ICP-OES)

[72] ISO 11260:2018, Soil quality — Determination of effective cation exchange capacity and base saturation level using barium chloride solution

[73] ISO 13536:1995, Soil quality — Determination of the potential cation exchange capacity and exchangeable cations using barium chloride solution buffered at pH = 8,1

[74] ISO 14870:2001, Soil quality — Extraction of trace elements by buffered DTPA solution

[75] ISO 14256-2:2005, Soil quality — Determination of nitrate, nitrite and ammonium in field-moist soils by extraction with potassium chloride solution — Part 2: Automated method with segmented flow analysis

[76] DIN 19746:2005-06, Soil quality — Determination of mineral nitrogen (nitrate and ammonium) in soil profiles (Nmin laboratory method)

[77] ISO 9308-1:2014, Water quality — Enumeration of Escherichia coli and coliform bacteria — Part 1: Membrane filtration method for waters with low bacterial background flora

[78] ISO 6579-1:2017, Microbiology of the food chain — Horizontal method for the detection, enumeration and serotyping of Salmonella — aPrt 1: Detection of Salmonella ps p.

[79] ISO 12846:2012, Water quality — Determination of mercury — Method using atomic absorption spectrometry (AAS) with and without enrichment

[80] EN 13657:2002, Characterization of waste - Digestion for subsequent determination of aqua regia soluble portion of elements

[81] ISO 17294-2:2016, Water quality — Application of inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS) — Part 2: Determination of 62 elements

[82] ISO 18287:2006, Soil quality — Determination of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) — Gas chromatographic method with mass spectrometric detection (GC-MS)

[83] ISO 14154:2005, Soil quality — Determination of some selected chlorophenols — Gaschromatographic method with electron-capture detection

[84] ISO 10382:2002, Soil quality — Determination of organochlorine pesticides and polychlorinated biphenyls — Gas-chromatographic method with electron capture detection

[85] DIN 38414-24, German standard methods for the examination of water, waste water and sludge — Sludge and sediments (group S) — Part 24: Determination of polychlorinated dibenzodioxins (PCDDs) and polychlorinated dibenzofuranes (PCDFs) (S 24)

[86] Soil and biosolids, ASTM D2974-00 Method A: ASTM D2974 – 00, Standard Test Methods for Moisture, Ash, and Organic Matter of Peat and Other Organic Soils

[87] Method 200.2, Revision 2.8: Sample Preparation Procedure for Spectrochemical Determination of Total Recoverable Elements Soil and biosolids EPA 200.2/6020A (mod), [viewed 16 March 2019]. Available from https:// www .epa .gov/ sites/ production/ files/ 2015 -08/ documents/method 200 -2 rev 2 -8 1994 .pdf

[88] ISO 15178:2000, Soil quality — Determination of total sulfur by dry combustion

[89] Method 8270D, Semivolatile Organic Compound By Gas Chromatography/ Mass Spectrometry [viewed 16 March 2019]. Available from (GC-MS) https:// www .epa .gov/ sites/ production/ files/ 2015 -07/ documents/ epa -8270d .pdf

[90] Soil Carbon Sequestration Resulting from Long-Term Application of Biosolids G. Tian, T. C. Granato, A. E. Cox, R. I. Pietz, C. R. Carlson, Jr., and Z. Abedin, J. Environ. Qual. 38:61–74 (2009)

|  |
| --- |
| **МКС 13.030.20 (IDT)**  **Ключевые слова:** рециркуляция, обработка, осадок, биотвердые вещества, отходы, компост, биоценоз, химический элемент, почва |
| **МКС 13.030.20 (IDT)**  **Ключевые слова:** рециркуляция, обработка, осадок, биотвердые вещества, отходы, компост, биоценоз, химический элемент, почва |

**РАЗРАБОТЧИК**

ТОО «НТП Kazecotech»

|  |  |
| --- | --- |
| **Генеральный директор** | **Андреев В.И.** |
| **Руководитель**  **Департамента технического регулирования** | **Абишев Т.М.** |