МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Институт химии и энергетики
(наименование института полностью)

Кафедра «Химическая технология и ресурсосбережение»
(наименование)

18.03.01 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии
(код и наименование направления подготовки, специальности)

Рациональное природопользование, рециклинг и утилизация отходов
(направленность (профиль) / специализация)

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)

на тему Разработка технических решений по использованию осадков сточных вод для рекультивации геосред на урбанизированных территориях г.о. Тольятти

Студент М.С. Черепанова _____
(И.О. Фамилия) (личная подпись)

Руководитель к.х.н., доцент К.В. Беспалова
(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

Консультант _____
(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

Тольятти 2020

Аннотация

Бакалаврскую работу выполнила: Черепанова М.С.

Тема бакалаврской работы: Разработка технических решений использования осадков сточных вод для рекультивации геосред на урбанизированных территориях г.о. Тольятти

Руководитель бакалаврской работы: Беспалова К.В.

Целью работы является утилизация осадков сточных вод при использовании их в качестве экологически безопасного материала на урбанизированных территориях г.о. Тольятти.

Бакалаврская работа изложена на 59 листах, включает 17 таблиц, 6 рисунка, список из 41 используемый источник. Бакалаврская работа состоит из введения, трех разделов, заключения, списка используемых источников.

Во введении сформулированы цель и задачи исследования, обоснована актуальность выбранной темы.

В первом разделе проанализирован объем образования осадков сточных вод в России и их утилизация. Рассмотрены методы утилизации и способы компостирования. Было рассмотрено добавление листового опада и древесной щепы в компостируемую смесь и добавление котлованного грунта в готовый компост. Так же были рассмотрены технологии применения и внесения почвогрунта на основе осадков сточных вод.

Во втором разделе рассмотрены иловые площадки ПАО «КуйбышевАзот» и проведены лабораторные исследования по определению состава осадков сточных вод цеха № 39

В третьем проведен материальный и тепловой баланс компостирования, рассчитана экономическая выгодность предложенного метода.

В заключении приведены основные выводы о проделанной работе.

Abstract

Bachelor's work was performed by: M. S. Cherepanova.

The subject of the bachelor's work: Development of technical solutions for the use of sewage sludge for the reclamation of the geo-environment in urbanized areas of Tolyatti

Scientific supervisor: Zagorskaya E. P.

The purpose of this work is to dispose of sewage sludge when using it as an environmentally safe material in the urbanized territories of the city of Tolyatti.

The bachelor's work is presented on 59 sheets, includes 17 tables, 6 figures, a list of 41 sources used. The bachelor's work consists of an introduction, three sections, conclusion, and a list of sources used.

In the introduction, the purpose and objectives of the study are formulated, and the relevance of the chosen topic is justified.

The first section analyzes the volume of waste water precipitation in Russia and its utilization. The methods of utilization and composting methods are considered. The addition of leaf litter and wood chips to the compostable mix and the addition of potted soil to the finished compost were considered. Technologies of application and application of soil based on sewage sludge were also considered.

In the second section, the silt platforms of PJSC KuibyshevAzot are considered and laboratory studies are conducted to determine the composition of sewage sludge from shop No. 39

In the third case, the material and heat balance of composting is carried out, and the economic profitability of the proposed method is calculated.

In conclusion, the main conclusions about the work done are presented.

Содержание

Введение…….. 3
1 Анализ утилизации осадков сточных вод……..……... 4
1.1 Методы обработки осадков сточных вод ……... 4
1.2 Технологии компостирования…….. 10
1.3 Использования осадков в качестве почвогрунта в городском ландшафтном дизайне…….. 22
2 Характеристики иловых полей и осадков сточных ПАО«КуйбышевАзот» 28
2.1 Анализ осадков сточных вод ПАО «КуйбышевАзот»…… 28
2.2 Обработка результатов анализа……... 34
3 Рекомендации по рекультивации урбанизированных геосред…… 35
3.1 Расчёт материального баланса образования почвогрунта……. 35
3.2 Расчёт энергетического баланса процесса компостирования…….. 41
3.3 Расчет массы используемого осадка сточных вод и площади технологической площадки 48
3.4 Экономическая целесообразность……... 50
Заключение…….. 54
Список используемых источников……..... 55

Введение

В процессе биологической очистки сточных вод образуется отходы в виде осадков сточных вод, который необходимо утилизировать, так как они оказывают негативное воздействие на окружающую среду. Данный способ приводит к загрязнению почвы, накоплению солей тяжелых металлов и потерь больших площадей земель, и пагубно влияет на здоровье человека, животных и окружающей среды в целом. При этом собственники отходов вынуждены производить плату за транспортировку, захоронение и за негативное воздействие на окружающую среду согласно действующему российскому законодательству. Поэтому утилизация активного ила является актуальной проблемой на сегодняшний день.

Проблема исследования: Непрерывное увеличение количества накопления осадков сточных вод и низкая степень их утилизации.

Цель работы: Снижение накопления количества осадков за счет их использования в качестве экологически безопасного материала на урбанизированных территориях г.о. Тольятти.

Предмет исследования: технологический процесс получения почвогрунта посредством вовлечения осадков сточных вод в утилизацию.

Задачи:

1) Проанализировать объем накопления осадков сточных вод и их методы утилизации.

2) Проанализировать состав осадков сточных вод ПАО«КуйбышевАзот» цеха № 39.

3) Определить возможность использования осадков в качестве почвогрунта в городском ландшафтном дизайне.

4) Рассчитать материальный образования почвогрунта и энергетический баланс процесса компостирования, рассчитать массу используемого осадка сточных вод и площади технологической площадки, экономическую целесообразность.

1 Анализ утилизации осадков сточных вод

1.1 Методы обработки осадков сточных вод

«В процессе биохимической очистки образуются осадки, «которые необходимо утилизировать или обрабатывать для снижения уровня загрязнения биосферы. Обработка и утилизация этих осадков сильно затруднена из-за большого количества, разнообразного состава и повышенной влажности. Осадки сточных вод представляют собой трудно фильтруемые смеси воды и взвешенных в ней частичек ила в виде суспензии» [19].

Активный ил представляет собой сложный биоценоз, в видовом составе которого отмечается большое число видов бактерий и простейших организмов. Они образуют хлопьевидные скопления - зоогелеи. Для каждого этапа очистки состав активного ила специфичен.

Значительное влияние на оценку работы очистных сооружений имеет физиологическое состояние организмов активного ила. В зависимости от состава примесей сточной жидкости и их концентрации существенно меняется структура зооглей ила, что в свою очередь влияет на качество очистки.

«Большое значение для параметров оценки работы очистных сооружений имеет физиологическое состояние организмов активного ила. В зависимости от состава примесей сточной жидкости и их концентрации существенно меняется структура зооглей ила, что в свою очередь влияет на качество очистки» [41]. На рисунке 1 изображена примерная схема очистки сточных вод на очистных сооружениях.

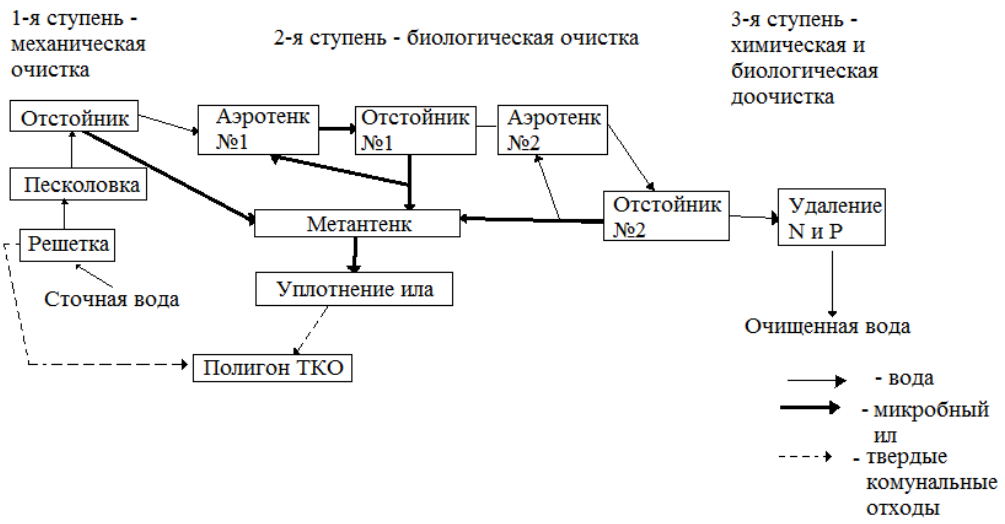


Рисунок 1 - Примерная схема очистки сточных вод

«Осадок сточных вод является результатом очистки сточных вод. К сожалению, на вопросы, связанные с обработкой и утилизацией осадка, обычно обращают на много меньше внимания, чем на параметры очистки сточных вод, например, концентрации загрязняющих веществ на выходе или эффективность удаления различных соединений. Осадок является потенциальной угрозой для окружающей среды, так как вспенивающийся осадок в процессе очистки может быть утерян, а осадок сточных вод может даже намеренно сбрасываться в водотоки» [17].

В отстойниках в осадке находится в основном активный ил, объем которого в 1,5 - 2 раза больше, чем объем осадка из первичного отстойника. В осадках вода может находится и в свободном, и связанном состоянии. В свободном состоянии вода (60 - 65 %) может быть легко удалена из осадка. «Вода же в связанном состоянии (30 - 35 %) подразделяется на коллоидно-связанную и гигроскопическую. Коллоидно-связанная влага обволакивает твердые частицы гидратной оболочкой и мешает их соединению в крупные агрегаты. Небольшое количество такой влаги удаляется из осадка после коагуляции в процессе фильтрования. Для обработки и обезвреживания осадков используют разные технологические процессы. Уплотнение осадков

связано с удалением влаги свободном состоянии и является необходимой стадией всех технологических схем обработки осадков» [35]. «При уплотнении осадков в среднем удаляется 60 % влаги, а масса уменьшается в 2,5 раза. Труднее уплотняется активный ил. Влажность активного ила составляет 99,2 - 99,5 %. Взвешенные частицы ила имеют небольшой размер и плотную гидратную оболочку, препятствующую уплотнению. Для уплотнения отработанного активного ила используют гравитационный, флотационный, центробежный и вибрационный методы» [20].

«Активный ил внешне представляет собой светло-серого, желтоватого или темно-коричневого цвета хлопья, густо заселенные микроорганизмами, заключенными в слизистую массу. Средний размер хлопьев активного ила 1 - 4 мм, но от изменений условий в биоокислителе он может меняться от долей миллиметра до 30 - 40 мм. Состав активного ила напрямую зависит от концентрации, качества стоков, поступаемых в аэротенк, режима работы аэротенков и эксплуатационных условий всего комплекса очистных сооружений. Также на состав активного ила оказывают влияние мутагенные факторы сточной воды» [26].

От состава отработанного активного ила напрямую зависит технологии его утилизации [6]. Осадок очистных сооружений представляет собой сложный конгломерат неживых организмов, связанный с метаболическими и трофическими процессами. Он классифицируется как класс IV отходов опасности. Не имея сильно выраженной патогенности, в отличие от ила первичных отложений, он тем не менее может содержать патогенные микроорганизмы и яйца гельминтов. Сухой остаток шлама составляет 70 - 90 % органических веществ и 10 - 30 % неорганических. Все это делает активный ил довольно ценным вторичным ресурсом [27].

Ежегодно в России образуются порядка 2 млн. тонн осадков по весу сухом виде (при начальной влажности в 98 % масса осадков составляет примерно 100 млн. тонн). Такие масштабы образующихся осадков требуют больших финансовых затрат и большие производственные площади для

экологически безопасного их хранения. Проблема обработки и утилизации образующихся и уже накопленных осадков сточных вод чрезвычайно актуальна для России. При переполнении накопителей, иловых площадок и прудов жидкие концентрированные отходы сбрасываются в ближайшие овраги и низины и загрязняют водоемы. Осадки, бактериально зараженные и содержащие органические вещества, способные быстро загнивать с выделением неприятных запахов, являются источником загрязнения атмосферы и гидросферы, создают экологическую и социальную напряженность на прилегающих территориях.

В настоящее время высушивание осадков сточных вод осуществляется в основном по упрощенной схеме с использованием иловых площадок или иловых прудов. Хранение осадков на иловых площадках приводит к их переполнению и соответственно наращиванию выделяемых под них площадей, что повышает долю нерационально используемых земельных участков. Исходя из всего выше перечисленного, перед нами стает вопрос о необходимости поиска оптимальных, с точки зрения экологической и экономической эффективности, методов и технологий утилизации, как вновь образовавшихся, так и уже накопленных, и, за частую, обладающих особыми, изменившимися физико-химическими свойствами, отработанного активного ила.

Основное направления - уменьшение нагрузки на хранилище шламов, обусловлено такими причинами как:

1. Снижение ущерба от постоянного накопления шламов при помощи их переработки в полезные продукты.

2. Повышение рентабельности процессов очистки сточных вод за счет получения ликвидного продукта.

3. Разработка хорошо отработанных и конкурентоспособных технологий по приготовлению почво-грунтов на основе отходов сточных вод.

4. Потребность в крупнотоннажных и дешевых производств материалах для ландшафтного строительства.

Утилизации осадков сточных вод возможна различными способами, выбор которого зависит от рентабельности производства. На рисунке 2 изображено процентное соотношение способов утилизации осадков сточных вод на территории России.

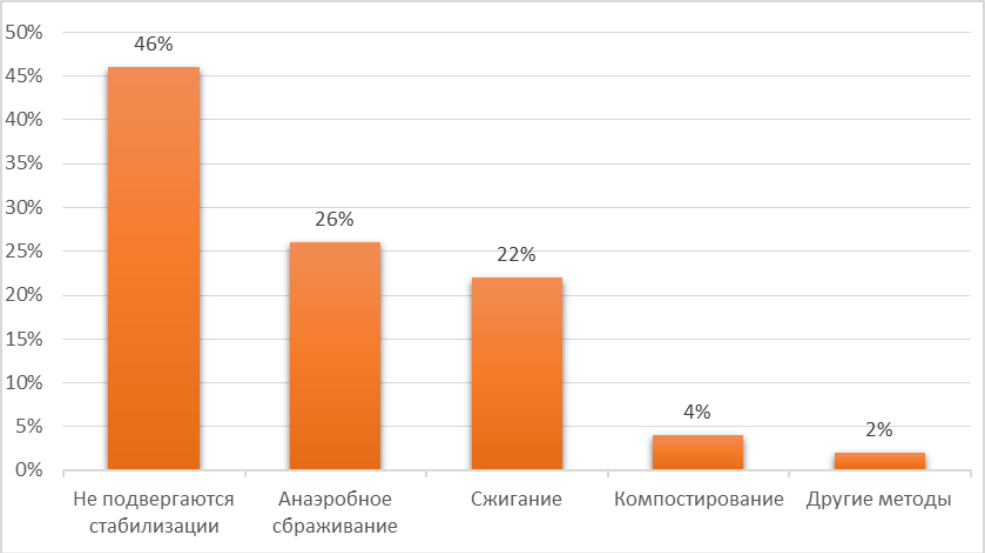


Рисунок 2 - Утилизация осадка сточных вод

Рассмотрим основные методы переработки осадков сточных вод. Достоинства и недостатки методов утилизации представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Анализ способов утилизации осадков сточных вод

Методы утилизации	Достоинства методов	Недостатки методов	Конечный продукт	Применение
Депонирование	Низкая энергоемкость и легкость обслуживания.	Выбросы в атмосферу и сбросы в виде утечек в почву. Отчуждение огромных территорий.	Осадок, который не подвергается каким-либо изменениям.	Осадок захоранивается на полигонах без дальнейшего использования.

Продолжение таблицы 1

Пиролиз	Максимальная продуктивность сгорания – переработка практически любого состава. Возможность вторичного использования продуктов пиролиза, например при строительстве.	Высокая стоимость оборудования.	Примерно 50 % твердых остатков (угль, полукокс), примерно 25 % жидких продуктов (первичный деготь или смола), и оставшееся смеси газообразных продуктов.	Использование для производства строительных материалов и в качестве топлива.
Сжигание	«Универсальный метод. Уменьшение объема сжигаемого осадка в десятки раз» [4].	«Высокие энергозатраты. Образование большого количества вредных выбросов, таких как: оксиды азота и серы, диоксид углерода, оксид углерода. Нерациональное использование энергетического потенциала осадков сточных вод » [4].	Зола	Использование для изготовления строительных материалов
Компостирование	Дешевизна и простота. Улучшение физических свойств почвы.	Требуется контроль содержания тяжелых металлов и токсикантов. «Отведение новых территорий для складирования полученного продукта » [4].	Компост	Использование в качестве удобрения и экологически безопасного материала для восстановления нарушенных земель.

На основе информации из таблицы о конечном продукте и его применении производится выбор способа. Так как в данной работе рассматривается восстановление нарушенных земель, далее будут рассматриваться методы компостирования и приготовления почвогрунта.

1.2 Технологии компостирования

«В составе активного ила с питательными веществами могут содержаться токсичные вещества в больших количествах такие как тяжелые металлы, органические соединения, патогенная флора, яйца гельминтов. Всё это необходимо учитывать перед использованием иловых осадков в качестве удобрения. Условиями для применения осадков сточных вод в качестве удобрения являются обеззараживание, содержание потенциально опасных элементов и веществ, не превышающее предельно допустимое и пригодность по физическим свойствам» [34].

Перед использованием образующихся осадков сточных вод в качестве органического удобрения, их требуется проверить на соответствие требованиям нормативных документов, а именно:

а) «соответствие показателям ГОСТа Р-54651-2011 Удобрения органические на основе осадков сточных вод, технические условия» [15];

б) вхождение в «Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов»;

в) разрешенных к применению на территории России, часть II, агрохимикаты.

«Для упорядочения использования иловых осадков в качестве удобрения почв в 1995 г. были разработаны и утверждены Минсельхозпродом РФ «Требования к качеству сточных вод и их осадков, используемых для орошения и удобрения», на основании которых в 1997 г. были утверждены Санитарные правила и нормы «Гигиенические требования к использованию сточных вод и их осадков для орошения и удобрения» (СанПиН 2.1.7.573-96) [32]. «Для последующего совершенствования порядка применения осадков сточных вод в качестве удобрения почв был разработан «Типовой технологический регламент использования осадков сточных вод в качестве органического удобрения», начавший действовать 19 июня 2000 г. Регламент является нормативным документом, уточняющим и дополняющим

положения СанПиН 2.1.7.573-96» [32] в соответствии с новейшими разработками, нашедшими отражение в проекте ГОСТа «Охрана природы. Почвы. Требования к свойствам осадков сточных вод при использовании их в качестве удобрений» (2000) [10]. При разработке регламента были применены следующие нормативные документы:

- «Федеральный закон «Об отходах производства и потребления» от 24.06.98 ФЗ-№ 89 (редакция от 25.12.2018)» [38].

- «Федеральный закон «О государственном регулировании обеспечения плодородия земель сельскохозяйственного назначения» от 16.07.98, ФЗ-№ 101 (последняя редакция)» [39].

- «СанПиН 2.1.7.573-96 «Гигиенические требования к использованию сточных вод и их осадков для орошения и удобрения» [32].

- «МУ 2.1.7.730-99 «Гигиеническая оценка качества почвы населенных мест» [23].

- Научные основы мониторинга земель РФ. М., 1992.

- «ГОСТ 17.4.2.01-81 Охрана природы. Почвы» [9].

Осадки сточных вод могут использоваться как органические или комплексные органические удобрения, если они соответствуют требованиям (нормативам), перечисленным в таблице 2.

Таблица 2 - Требования к осадкам сточных вод

Наименование показателя	Норма	Метод определения
Массовая доля органических веществ, % на сухое вещество, не менее	20	«ГОСТ 26213-91» [11]
Реакция среды (pH)	5,5-8,5	«ГОСТ 26483-85 (ред. от 12.09.2018)» [12]
Массовая доля общего азота (N), % на сухое вещество, не менее	0,6	«ГОСТ 26715-85 (ред. от 12.09.2018)» [13]
Массовая доля общего фосфора (PO), % на сухое вещество, не менее	1,5	«ГОСТ 26717-85 (ред. от 12.09.2018)» [14]

По содержанию тяжелых металлов осадки при сельскохозяйственном применении делятся на две группы на основе результатов химического анализа по методам в соответствии с ГОСТ Р 8.563-2009 [16]; если содержание хотя бы одного показателя превышает его допустимый уровень для группы I, то осадки относят к группе II. Осадки группы I вносят под все виды сельскохозяйственных культур, кроме овощных, грибов, зеленных и земляники. Осадки группы II вносят под зерновые, зернобобовые, зернофуражные и технические культуры. Осадки групп I и II используют в промышленном цветоводстве, зеленом строительстве, лесных и декоративных питомниках, для биологической рекультивации нарушенных почв и полигонов твердых бытовых отходов [33]. Дозировка использования иловых осадков под сельскохозяйственные культуры в каждой конкретной ситуации высчитывают с учетом фактического содержания нормируемых в таблице 3 загрязнений в осадках и в почве (на участке внесения осадка). При использовании осадков в расчетных дозах качество культивируемой сельскохозяйственной продукции должно соответствовать требованиям. «Внесение осадка в качестве удобрения запрещается, если предельно допустимая концентрация любого из нормируемых загрязнений в почве превышает 0,8. По санитарно-бактериологическим и паразитологическим показателям осадки должны соответствовать МУ 2.1.7.730-99 Гигиеническая оценка почвы населенных мест» [31].

Широкое использование осадка сооружений водоочистки в качестве удобрения сдерживается объективными негативными свойствами сбродившего осадка: специфический запах, высокая вязкость, непривлекательный товарный вид [1]. Наиболее экономичным методом, позволяющим решить эту проблему, является компостирование. Компостирование дает возможность получить удобрение высокого качества. При компостировании происходит обеззараживание осадка и снижение его влажности. Питательные, удобрительные свойства компоста при правильно подобранных компонентах и режиме компостирования не уступают лучшим

органоминеральным удобрениям по влиянию на увеличение урожайности [8]. Компост обладает подходящими физико-химическими и механическими свойствами, улучшающими структуру почв, их водно-воздушный режим и, как результат агротехнические характеристики [21].

В таблице 3 рассмотрены способы компостирования осадков сточных вод.

Таблица 3 - Способы компостирования

Характеристики	Компостирование грядами	Компостирование в буртах	Аппаратное компостирование	Вермикомпостирование
Описание данного процесса	«Компостирования грядами протекает на открытых площадках с естественной аэрацией и периодическим перемешиванием смеси для обеспечения доступа кислорода» [5]. Осадок с добавками помещается в грядах, которые перемешивают не менее одного раза в сутки в течение примерно трех недель или дольше, в зависимости от погодных условий и эффективности компостирования. «В дождливые периоды перемешивание прекращают до тех пор, пока верхний слой гряды высохнет» [22].	«Данный способ получил широкое распространение. Его отличие от компостирования грядами заключается в формировании неперемещаемых куч (буртов) на площадках с водонепроницаемым покрытием (асфальтированных или бетонных)» [37]. Бурты выкладываются трапециевидной формы с помощью техники. В основание бурта укладывают перфорированные трубы, подающие воздух или пар. Вдоль площадки проложена дренажная система для слива избыточной влаги. «Технологический режим» [35]	«Основным оборудованием для этого способа биотермической обработки осадков применяются различные конструкции реакторов-смесителей. Для перемешивания смеси в конструкциях используют смесительные устройства [2]. Аэрация смеси может осуществляться естественным способом (в открытых реакторах) или принудительно» [36].	Метод, основанный на использовании вермикультуры (черви). «Активный ил, как и навоз крупного рогатого скота, обладает ценными качествами для вермикомпостированиеИспользование осадков сточных вод в качестве сырья для вермикомпостирование имеет большие перспективы» [7]. «Обнаружено, что черви лучше всего растут и размножаются на субстрате, состоящем из: осадка сточных вод (40 %), из остатков ферментных культур или кукурузной шелухи (30 %), свиного» [6]

Продолжение таблицы 3

Характеристики	Компостирование грядами	Компостирование в буртах	Аппаратное компостирование	Вермикомпостирование
Описание процесса		«предусматривает укрытие компостируемой массы безопасным в санитарном отношении материалом, например, готовым компостом слоем в 20 см и более, служащий для предотвращения размножения мух и грызунов и, кроме того, обеспечивает теплоизоляцию обезвреживаемой массы» [35].		«навоза (20%) и некондиционных бактериальных препаратов (10 %). За время вермикультивирования происходит разложение органического вещества отходов, они обогащаются ферментами легкоусвояемым и для растений минеральными веществами, обеззараживаются Биогумус, полученный из отходов, содержит.необходимые растениям питательные вещества, обогащен гуминовыми веществами (до 27 %) и характеризуется большой биологической активностью» [6].
Энергозатраты	Низкие	Низкие	Высокие	Высокие
Размер	Гряды треугольного сечения с основанием от 1.8 до 4.6 м, высотой от 0,9 до 1,5 м и сотни метров в длину.	Бурт в сечении представляет собой равнобедренную трапецию. При нижнем основании 0,38м, угле естественного откоса 55° и высоте бурта 1 м, верхнее основание 2 м, длина бурта 100 м.	Диаметр аппарата около 5,6 м и высота около 4,5 м	Размер сильно варьируется.

Продолжение таблицы 3

Объем	Объем зависит от высоты, основания и длины гряды.	Объем одного бурта 119 м^3.	Объем до 100 м^3	Зависит от размера.
Длительность процесса	4 – 6 месяцев	2 – 2,5 месяца	В среднем 7 суток	6 месяцев
Достоинства	Сокращение большого количества осадков. Метод	Сокращение большого количества осадков. Метод	Сокращение большого количества осадков. Метод	Сокращение большого количества осадков. Метод
Достоинства	экологически безопасен. Простая конструкция.	экологически безопасен. Простая конструкция. Низкие затраты на строительство и эксплуатацию. Есть возможность поддержания температуры для протекания процесса.	экологически безопасен. Относительно короткое время для получения конечного продукта.	экологически безопасен. Невысокая стоимость вермикультуры (используются дождевые черви).
Недостатки	Необходимо длительное время для получения конечного продукта. Высокие требования к исходному материалу. Скорость протекания процесса зависит от температуры окружающей среды. Конструкция занимает большие площади.	Необходимо длительное время для получения конечного продукта. Высокие требования к исходному материалу.	Высокие требования к исходному материалу. Сложная конструкция. Высокие затраты на эксплуатацию.	Необходимо длительное время для получения конечного продукта. Высокие требования к исходному материалу. Жесткий контроль влажности субстрата на уровне 70 - 85 %. По окончании компостирования необходимо дополнительные действия с продуктом.

Из представленных методов наиболее подходящим является компостирование осадка сточных вод в буртах, так как относительно аппаратного компостирования и вермикомпостирования конструкция простая и не требуется больших вложений. А относительно компостирования

грядами при компостировании в буртах процесс протекает быстрее за счет принудительного аэрирования. Таким образом рассмотрим выбранный метод подробнее.

«При разработке главных конструктивных решений значительное внимание уделяется удобству и простоте использования установки для компостирования. Также система аэрации конструируется таким образом, чтобы ее можно было использовать для подачи пара с целью обогрева буртов в холодное время года» [27].

«Бурты помещаются в специально разработанных бетонных ложах, в которых по всей длине на дне размещены жёстко закреплённые перфорированные трубы, подающие воздух или пар. После установки системы аэрации она накрывается защитным устройством из металлических просечно-сжатых листов, на которых располагается компостный бурт. Они предотвращают попадание компонентов компоста на перфорированные трубы и засорение их отверстий. Также днища бетонных лож имеют форму, обеспечивающую слив избыточной влаги в дренажную систему, проложенную вдоль буртов. Для этого они предусмотрены небольшие поперечные уклоны к периферии» [27].

«Перед формированием буртов на просечно-сжатые листы выкладывают слой древесной щепы толщиной 200 - 300 мм. Сверху бурты покрываются слоем готового просеянного компоста толщиной также 200 - 300 мм. Это производится для предупреждения потерь тепла, устранения неприятного запаха и распространения мух. Для обслуживания буртов между ними производится засыпка щебнем фракцией 20 - 40 мм толщиной слоя 300 мм» [28].

Контроль за соблюдением правил приготовления компостов с различными компонентами должен осуществляться путем проведения агрохимических анализов, а так же в натуре с указанием в специальном журнале толщины компостируемых слоев; состояния компостируемого

материала после каждого перемешивания; состояние компоста после его приготовления по механическому составу и агрохимическим показателям.

«Биокомпосты на основе лиственного опада позволяют максимально вовлечь в биологический круговорот отчуждаемые с листвой элементы питания в целях восстановления плодородия городских почв и охраны окружающей среды от загрязнения органическими отходами» [3].

Применение биокомпостов должно осуществляется при отсутствии отрицательных экологических и социальных последствий, вреда здоровью человека и домашних животных.

В соответствии с постановлением 514-ПП Об утверждении методических рекомендаций и требований по производству компостов и почвогрунтов, используемых в городе Москве, в котором утверждены методические рекомендации по приготовлению и использованию биокомпостов на основе осадков сточных вод, листового опада и древесных опилок, было рассмотрено производство почвогрунта из осадков сточных вод ПАО «КуйбышевАзот» с иловых полей цеха № 39 [30].

«На протяжении многих десятилетий во всем мире осадки сточных вод используются как органическое удобрение в сельском хозяйстве. Многочисленные отечественные и зарубежные научные исследования в этой области показали, что удобрительная ценность осадков определяется наличием в них азота, фосфора, калия, а также присутствием микроэлементов - бора, молибдена, марганца, меди» [30]

«Ввиду сложившегося дефицита минеральных удобрений и резкого удорожания их производства, истощения городских почв из-за значительной техногенной нагрузки на них, приготовление биокомпостов методом твердофазной аэробной ферментации в настоящее время представляется не только научно и экспериментально обоснованным, но и экономически выгодным направлением развития городского хозяйства» [30].

«Основным препятствием для применения осадков сточных вод всегда являлось высокое содержание в них тяжелых металлов. В процессе

компостирования за счет смешивания осадков сточных вод с влагопоглощающими компонентами (листва, опилки) происходит значительное снижение содержания тяжелых металлов в конечном продукте – биокомпосте» [30].

«Широкое использование сброженного осадка в частом виде как удобрительный материал для городского озеленения сдерживается его объективными недостатками:

- наличием специфического запаха;
- высокой вязкостью;
- непривлекательным товарным видом;
- бактериальной обсемененностью» [30].

«Наиболее рациональным способом решения данной проблемы является компостирование сброженного осадка методом твердофазной аэробной ферментации. Компостирование сброженных осадков сточных вод методом твердофазной аэробной ферментации позволяет получить из них удобрение высокого качества. В процессе биоферментации происходит бактериальное обеззараживание осадка, понижение его влажности. Готовые биокомпосты имеют привлекательный товарный вид, обладают благоприятными физико-химическими и механическими свойствами, которые улучшают структуру, водно-воздушный режим и в целом плодородие почв» [30].

«Компостирование сброженных осадков в нашей стране до настоящего времени не имело распространения, прежде всего из-за малого количества метантенков и установок по механическому обеззараживанию. Компостирование сброженного осадка происходит быстрее и с меньшими затратами. Таким образом компостирование представляется экономически наиболее перспективным направлением подготовки осадка сточных вод к его утилизации в городском зеленом строительстве» [30].

«Полученные биокомпосты на основе сброженного осадка с добавлением древесных опилок и листового опада представляют собой

рассыпчатую нелипнущую рыхлую массу темно-серо-буровато-коричневого цвета, состоящую из частиц размером от 1-2 мм до 6 мм, практически не обладающую неприятными запахами» [30].

«Вышеперечисленные свойства биокомпостов позволяют применять их (при условии соблюдения нормативов по содержанию тяжелых металлов) в зеленом строительстве, в питомниках, декоративном цветоводстве, а также при рекультивации нарушенных земель (карьеров, бывших свалок). Следует отметить хорошие физико-механические характеристики компостов как мелиоранта городских почв с повышенной плотностью, кислотностью и засоленностью» [30].

Для компостирования используется смесь, состоящая из осадка сточных вод, древесной щепы и листового опада в процентном соотношении 60 – 20 – 20 соответственно. Использование щепы и опада обусловлено следующими причинами:

- Данные компоненты были выбраны, так как их образуется огромное количество. Тольятти находится на границе лесостепной и степной зон, и растительного опада образуется примерно 19 т/га ежегодно. Так же по объему заготавливаемой древесины Россия является одной из ведущих стран. При существующих методах переработки древесины используется только половина биомассы дерева. Основные потери приходятся на древесную зелень (лесосечные отходы), кору (отходы деревопереработки), опилки и стружки (отходы лесопиления).

- Листовой опад содержит биогенные элементы, такие как P, Ca и S, что можно увидеть из таблицы 4. Содержание этих элементов благотворно влияет на развитие растений.

Таблица 4 - Химический состав листьев деревьев в процентах

Элементы	N	P	K	Ca	Mg	S	Fe
%	1.1	0.25	0.3	2.0	0.8	0.2	0.005

- Древесина содержит большое количество сорбирующих соединений, таких как целлюлоза и лингин, что можно увидеть из таблицы 5. Их содержание благотворно влияет на структуру компостируемой смеси, снижая ее влажность.

Таблица 5 - Состав древесной щепы

Элементы	Целлюлоза $(C_6H_{10}O_5)_n$	Лингин $(C_{288}H_{318}O_{102})$	Эфирные масла	Минеральные вещества
%	40-50	20-30	3-5	1

- В биокомпостах, содержащих не менее 60-65 % осадка плюс остальные компоненты примерно 20% - листьев и 20% - опилок, целлюлозосодержащие компоненты почти полностью разлагаются и морфологически выражаются незначительно. В остальных биокомпостах, содержащих менее 60-65% осадка и большее количество листьев и щепы, листва и особенно древесные опилки хорошо прослеживаются. В этом случае требуется контрольная сепарация готового биокомпоста для удаления крупных, неразложившихся частиц органического вещества. Из этого следует, что при использовании менее 60% осадков сточных вод потребуются дополнительные энергетические и материальные затраты.

- При содержании более 50% влагопоглощающих компонентов приводит к пересыханию компостируемой массы, а увеличение доли осадка до 70 % считается нецелесообразным из-за потерь элементов питания.

Листовой опад нельзя сжигать, так как в процессе горения:

- выделяются угарный газ, окись азота, тяжелые металлы, и канцерогенные вещества, например бензапирен, диоксины и другие;

- нарушается верхний почвенных покровов и погибают грунтообразующие микроорганизмы;

- огонь повреждает нижнюю часть кустов и деревьев, верхние части корней и уничтожает корни травянистых растений и семена растений;

- погибают полезные насекомые, зимующие в сухой листве;

- возникает угроза возникновения пожаров.

В условиях города в качестве барьера на пути распространения тяжелых металлов могут выступать деревья. Так как листья имеют развитую поверхность обмена с окружающей средой, они поглощают и осаждают из воздуха большое количество атмосферных примесей. Однако разные породы древесных растений по-разному накапливают ионы тяжелых металлов. Поэтому для озеленения города необходимо максимально использовать видовое разнообразие древесных растений. Так для компостирования планируется применять смешанный листовой опад, образующийся при уборке городских территорий и включающий в себя несколько видов, наиболее часто встречающихся в г.о. Тольятти: тополь, береза, клен, липа и прочие виды деревьев.

Древесную щепу нельзя сжигать, так как в процессе горения:

- выделяются угарный газ, окись азота, тяжелые металлы, и канцерогенные вещества, например бензапирен, диоксины и другие;

- возникает угроза возникновения пожаров.

Для компостирования могут использоваться опилки и щепа лесозаготовки, щепа из отходов деревообработки и кора деревьев мягких пород с влажностью от 45 до 65 % и фракцией до 50 мм.

Так же по окончании процесса к готовому компосту добавляется котлованный грунт в процентном соотношении 60 – 40 соответственно. Выбор такого соотношения обусловлен следующими причинами:

- Снижаются затраты на доставку котлованного грунта.

- В соответствии с постановлением 514-ПП Об утверждении методических рекомендаций и требований по производству компостов и почвогрунтов, используемых в городе Москве [30] котлованный грунт 80 % смешивается с 20 % компоста с добавлением минеральных азотных удобрений, но при использовании предложенного соотношения добавление дополнительных удобрений не требуется.

1.3 Использование осадков в качестве почвогрунта в городском ландшафтном дизайне

Урбанизированными территориями называют площади городов и поселков городского типа в административных границах, в состав которых могут входить и сельскохозяйственные угодья, и различные леса: гослесфонда, агролеса, муниципальные, а также земли частного сектора с низким уровнем благоустройства - практически деревни в городе.

«Существующие объемы строительства в городских условиях всегда подразумевают под собой восстановление нарушенного почвенного покрова и создание новых объектов озеленения и благоустройства» [3].

«Рассмотрим детальнее схему подготовки. Процесс приготовления почвогрунта происходит в несколько этапов: первый этап заключается в приготовлении «грубой» смеси, а второй - в дальнейшей ее переработке в готовый материал. На первом этапе грунтовые компоненты послойно расстилают на твердом основании и в каждый слой вносят необходимое количество минеральных (в основном фосфорных и калийных) удобрений, после чего происходит многократное механическое перемешивание компонентов при помощи ковша фронтального погрузчика.

На заключительных стадиях смешивания используют ковши-дробилки, машины ПРТ и сепараторы, что позволяет получать однородные питательные субстраты. Для региональных производственных площадок очень важным компонентом является растительная срезка, содержащая необходимые природные микроэлементы и придающая почвогрунту плотность.

Калийно-фосфорные удобрения, добавляемые в ходе производства, улучшают агрохимические показатели и делают почвогрунт пригодным для долговременного применения» [40].

Качество производимого почвогрунта анализируют в соответствии с ГОСТ Р ИСО 9001-9004.

«Использование методов биокомпостирования осадков сточных вод при производстве удобрений открывает значимые для экологической сферы преимущества: возврат органических веществ в почву и сокращение количества использования химических удобрений.

С экономической точки зрения, компостирование, как способ утилизации осадков сточных вод, отличается простотой, доступностью и достаточно низкой стоимостью» [40].

Полученные почвогрунты методом составления оптимальных смесей, должны соответствовать требованиям к почвогрунтам для полной или частичной замены существующих почв под газонами и при строительстве новых газонных покрытий.

Технология использования почвосмесей на основе котлованных грунтов предусматривает собой порядок некоторых действий.

Искусственные почвогрунты должны полностью удовлетворять требованиям растений к водно-воздушному и питательному режимам.

Перед подсыпкой искусственными почвогрунтами необходимо привести в порядок поверхность территории. Такие территории могут быть разным : заняты деревьями, кустарником, завалена в значительной степени камнями.

На строительных площадках места котлованов часто загрязнены строительным мусором, остатками бетона, цементной пылью. Поэтому перед тем как производить смешивание их с биокомпостом и минеральными добавками грунты необходимо очистить от строительного и прочего мусора. Это обязательное условие при изготовлении искусственных почвогрунтов.

Следующая операция после подсыпки почвогрунта – тщательное планировние поверхности. Газон должен иметь идеально ровную поверхность.

Верхний слой почвогрунта должен быть однородным по возможности на всем участке. Это обеспечит однородность структуры травостоя. Слой почвогрунта нельзя перемешивать с подстилающими нижними слоями

малоплодородной для роста растений почвы. Поверхность почвогрунта необходимо выравнивать несколько раз, так как почвосмесь на основе котлованных грунтов легкосуглинистого и супесчаного гранулометрического составов заметно оседает после первых планировок. Оптимальная мощность слоя почвогрунта для создания газонов составляет 15-20 см.

«Операции по обработке почвы проводятся на небольших площадях вручную, а на средних и больших участках с применением техники.

Перед посевом семян газонных растений почвогрунт необходимо уплотнить катком. Особенно тщательной обработки требует верхний слой почвы, в который засевают семена, и в котором будут развиваться молодые органы прорастающих растений. Посев семян трав осуществляется на глубину не более 1 см » [40]. Используемые почвогрунт и биокомпост должны соответствовать определенным нормативным показателям, которые представлены как показатели искусственных почвогрунтов в таблицах 6 и 7.

Таблица 6 - Нормативные показатели искусственных почвогрунтов

Наименование параметра	Норма параметра
Внешний вид	Однородная сыпучая масса
Цвет	От буровато-серого до темно серого
Включения, %:	Более 0,5 см не допускается, менее 0,5 см – до 10 %
Массовая доля воды, %	Не более 20
Гранулометрический состав. Содержание физической глины (частицы < 0,01 мм), % к массе	От супесчаного до среднесуглинистого. 15 – 35
Размер агрегатов, см	Не более 1
Органическое вещество, % к сухой массе	4 – 15
Плотность насыпная, г/см (т/м)	0,8 – 1,2
Реакция среды: pH_{KCl} pH_{H2O}	 5,5 – 6,0 6,1 – 7,1
Емкость катионного обмена, мг-экв/100 г почвы	Не менее 15
Общее содержание солей: - по удельной электропроводности, mSm/см - по плотному остатку, г/л	 Не боле 3, 0 Не более 3,0

Продолжение таблицы 6

Содержание элементов питания, мг/кг: - азота (NO_2 + NH_4) - фосфора (P_2O_5) по Кирсанову или	 50 – 200 100 – 200
Чирикову - калия (K_2O) по Кирсанову или Чирикову	100 - 200
Валовое содержание тяжелых металлов, мг/кг: медь цинк свинец ртуть свинец (ртуть) кадмий никель мышьяк селен	Не выше 0,5 ОДК для свина и 0,9 ПДК (ОДК) для остальных металлов Не более 120 Не более 190 Не более 70 Не более 4 Не более 60 + 1 Не более 2-4 Не более 75 Не более 12 Не более 4
Содержание подвижных форм тяжелых металлов, извлекаемых ацетатно-аммонийным буфером с pH 4,8, мг/кг: медь цинк свинец никель марганец	 Не более 2 - 5 Не более 25 Не более 4 Не более 7 Не более 110
Пестициды (остатки), мг/кг	Не более 0,2
Бенз(а)пирен, мг/кг	Не более 0,02
Удельная эффективная активность естественных радионуклидов, Бк/кг	Не более 375
Удельная эффективная активность техногенных радионуклидов, Бк/кг	Не допускается
Патогенные микроорганизмы В том числе: - сальмонеллы в 25 г - яйца гельминтов (жизнеспособных), шт./кг	 Не допускается Не допускается
Нефтепродукты, мг/кг	Не более 300-350
Семена сорных растений, шт./кг	Не более 15-20

Таблица 7 - Нормативные показатели биокомпостов

Наименование показателей	Норма параметра
Внешний вид	Однородная сыпучая масса
Размер агрегатов	Не более 1 см
Включения камней и других посторонних предметов	Более 0,5 см не допускается, менее 0,5 см – до 5 %
Сухое вещество, %	Не более 40
Органическое вещество, %	Не более 20
Доля гуминовых веществ, % от общего содержания органического вещества	Не более 15
Соотношение C:N	Не более 35
Общий азот, % на сухое вещество	Не менее 1.5
Фосфор, % на сухое вещество	Не менее 0,1
Калий, % на сухое вещество	Не менее 0,2
Реакция среды: pH pH	 5,0 – 6,0 6,0 – 7,0
Фенолы, мг/кг	Не более 15
Полициклические углеводороды, мг/кг	 Не более 0,02
^{90}Sr, Ки/кг	Не более $5*10^{-7}$
^{137}Cs, Ки/кг	Не более $5*10^{-7}$
Сумма радионуклидов. Ки/кг	Не более $1*10^{-8}$
Тяжелые металлы, мг/кг: кадмий кобальт хром медь ртуть марганец молибден никель свинец цинк	 Не более 20-25 Не более 100-120 Не более 760 Не более 1000 Не более 18 Не более 3000-3500 Не более 50-60 Не более 300-310 Не более 760 Не более 2600
Жизнеспособные яйца гельминтов, шт./кг	Отсутствуют
Титр кишечной палочки	Не менее 0,01

«Искусственные техногенные почвы (почвосмеси) представляют собой многокомпонентные смеси, обеспечивающие нормальный рост и развитие растений. В искусственных почвогрунтах на основе котлованных грунтов идут те же процессы, что и в естественных почвах, поэтому они могут полностью заменить естественноисторичские почвы крупных городов» [3].

Вывод по разделу:

Ежегодно в России образуется порядка 200 млн тонн осадков сточных вод, из которых более половины отправляется на полигон на захоронение. В связи с этим были рассмотрены методы утилизации, из которых было выбрано компостирование, так как подходит конечный продукт. В дальнейшем были рассмотрены способы компостирования, и из них было выбрано компостирование в буртах, так как этот способ экономически менее затратный и с большей производительностью. Было рассмотрено добавление листового опада и древесной щепы в компостируемую смесь и добавление котлованного грунта в готовый компост, и объяснен выбор их процентных соотношений. Так же были рассмотрены технологии применения и внесения почвогрунта на основе осадков сточных вод, и рассмотрены требования к почвогрунту и компосту.

2 Характеристики иловых полей и осадков сточных вод ПАО «КубышевАзот»

2.1 Анализ осадков сточных вод ПАО «КубышевАзот»

В данной работе рассматривается использование осадков сточных вод с очистных сооружений ПАО «КуйбышевАзот» цеха № 39, которые были введны в эксплуатацию в 1989 году. В этом цехе происходит переработка органических и неорганических соединений производства капралактама при помощи биологической очистки вод методом нитриденитрификации азотных соединений, с проектной мощностью очищаемых промстоков - 6072 $м^3$/сут.

Очистные сооружения работают 365 дней в году без перерывов.

Иловые площадки используются в качестве самостоятельных сооружений для обезвоживания стабилизированного в аэробных условиях осадка в составе очистных сооружений [30].

Иловые площадки корп. 2050 / 1-4, представляют собой земляные резервуары, днище и боковые склоны которых бетонированы.

Подсушивание осадка на иловых площадках делится на два этапа: удаление иловой воды, способной фильтроваться через основание карт или отстаиваться; естественное подсушивание в результате испарения [26].

Избыточный ил после иловых площадок корп. 2050 / 1-4 образуется постоянно в количестве 1856 кг/сутки и представляет собой отход IV класса опасности с влажностью 80%. На рисунке 3 представлены иловые площадки.

Рисунок 3 – Иловые площадки корпуса 2050

Иловые площадки корпус 2050, представляют собой земляные резервуары, днище и боковые склоны которых бетонированы.

Рабочие размеры: площадки № 3,4 размером 40 × 90 м, площадки № 1,2 - 25 × 70 м. Общая площадь полей составляет 1,07 га, при этом максимальная высота заполнения уплотненным илом - 0,5 м.

Ежегодно на ПАО «КуйбышевАзот» образуется порядка 260 тонн осадка сточных вод.

Для эксперимента была взята проба осадка сточных вод неизвестного состава с иловых полей на территории ПАО «КуйбышевАзот». Экспериментальная часть проводилась в лабораторных условиях в соответствии с методиками.

2.1.1 Приготовление водной вытяжки

Ход работы:

На технических весах взвесили 20 г илового осадка, поместили в полулитровую колбу и прилили 100 мл дистиллированной воды, лишенной CO_2.

Закрыли колбу пробкой, взболтали содержимое 3 мин, затем профильтровали вытяжку через складчатый беззольный плотный фильтр в чистую колбу. Чтобы в процессе фильтрации фильтрат остался прозрачным, на фильтр необходимо перенести часть осадка.

По окончании фильтрования колбу закрыли пробкой, для избежание возможности загрязнения и испарение фильтрата. [20]

2.1.2 Определение pH среды

Ход работы:

Анализируемую пробу воды объемом 30 $см^3$ поместили в химический стакан вместимостью 50 $см^3$.

Электроды промыли дистиллированной водой, затем обмыли исследуемой водой, погрузили в стакан с анализируемой пробой.

Отсчет величины pH по шкале прибора провели после того, как показания прибора перестали изменятся более чем на 0,2 единицы pH в течение одной минуты, через минуту измерение повторили. За результат анализа приняли среднее арифметическое значение двух измерений. [29]

Вытяжка из илового осадка имеет показатель pH = 8,55, что соответствует щелочной среде.

2.1.3 Измерение массовых долей веществ рентгеноспектральным методом с применением энергодисперсионных рентгенофлуоресцентных спектрометров типа EDX фирмы Shimadzu

Иловые осадки сушили до достижения их влажности до 30-35%.

После осадки измельчили в керамической ступке. На рисунке 4 изображен процесс измельчения сухого осадка сточных вод.

Рисунок 4 - Измельчение сухого осадка сточных вод

На аналитических весах взвесили 6 г осадков. Спрессовали взвешенные осадки в таблетку и поместить в спектрометр.

Результаты измерений внесли в таблицу 8

Таблица 8 - Массовые доли веществ, выделенных из иловых осадков, %

Элемент	%
Na (натрий)	5,538
Ca (кальций)	4,562
S (сера)	2,360
P (фосфор)	1,404
Fe (железо)	0,908
Si (кремний)	0,867
Mg (магний)	0,702
K (калий)	0,254
Al (алюминий)	0,113
Zn (цинк)	0,102
Co (кобальт)	0,083
Элемент	%
Cr (хром)	0,050

Продолжение таблицы 8

Ti (титан)	0,040
Sr (стронций)	0,029
Mn (марганец)	0,017
Cu (медь)	0,013
Ni (никель)	0,004

Химические элементы, в том числе тяжелые металлы, содержащиеся в анализируемых осадках сточных вод, не превышают ПДК.

2.1.4 Определения токсичности иловых осадков методом биотестирования

«В качестве биоиндикатора токсичности иловых осадков использовался кресс-салат. Кресс-салат - однолетнее овощное растение, обладающее повышенной чувствительностью к загрязнению почвы тяжелыми металлами. Этот биоиндикатор отличается быстрым прорастанием семян и почти стопроцентной всхожестью, которая заметно уменьшается в присутствии загрязнителей» [25]. «Кресс-салат удобен еще и тем, что действие стрессов можно изучать одновременно на большом числе растений при небольшой площади рабочего места. Привлекательны также и короткие сроки эксперимента. Семена кресс-салата прорастают на третий день, и на большинство результатов можно получить в течение 10 суток» [23].

В качестве субстрата для проращивания семян кресс-салата была взята почва из лесной зоны города Тольятти; иловые осадки с очистных сооружений ПАО «КуйбышевАзот», образовавшиеся в процессе биологической очистки, нитрификации и денитрификации.

Три пластиковые емкости заполнили до половины исследуемым субстратом (проба 1 - 1 часть ила:1 часть почвы; проба 2 - 1 часть ила:2 части почвы; проба 3 - 2 части ила: 1 часть почвы). Четвертую емкость заполняют почвой (контроль).

«Субстраты во всех чашках увлажнили одинаковым количеством отстоянной водопроводной воды до появления признаков насыщения» [25].

«В каждую емкость на поверхность субстрата выложили по 100 семян кресс- салата с приблизительно одинаковым расстоянием между соседними семенами. Семена присыпали таким же субстратом» [25].

«В течение 10 дней следили за всхожестью семян и состоянием проростков, поддерживая влажность примерно на одном уровне» [25]. Результаты представлены в таблице 9 и на рисунке 5.

Таблица 9 - Всхожесть семян кресс-салата в штуках

Исследуемая проба	Проба 1	Проба 2	Проба 3	Контроль
3 день	25	8	7	5
4 день	58	43	44	15
5 день	67	58	67	21
6-10 день	67	58	67	53

Рисунок 5 - Длина проростков на 10 день в см

Наличие илового осадка способствует более интенсивной всхожести семян кресс-салата и развитию проростков относительно контрольных

образцов. Более высокое процентное содержание ила в пробах 1 и 3 благотворно влияет на проростки.

2.2 Обработка результатов эксперимента

Мною был проведен анализ осадков сточных вод с территории очистных сооружений ПАО «КуйбышевАзот» цеха № 39, который показал отсутствие токсичности. Все вещества, присутствующие в них, находятся в пределах допустимой нормы, тяжелых металлов, способных нанести вред живым организмам, не выявлено. Биогенные элементы Na, Ca, S, P способствовали большей всхожести и развитию проростков кресс-салата по сравнению с контрольным образцом. Данные иловые осадки могут быть использованы как удобрения для плантаций деревьев и лесонасаждений, парков, зеленых зон, городских садов, любых общественных зон и рекультивации земель.

Однако применение иловых осадков возможно только после обязательной стабилизации и обеззараживания от патогенных микроорганизмов, поскольку растения, являющиеся продуктами питания, могут накапливать в своих органах различные вещества.

Вывод к главе:

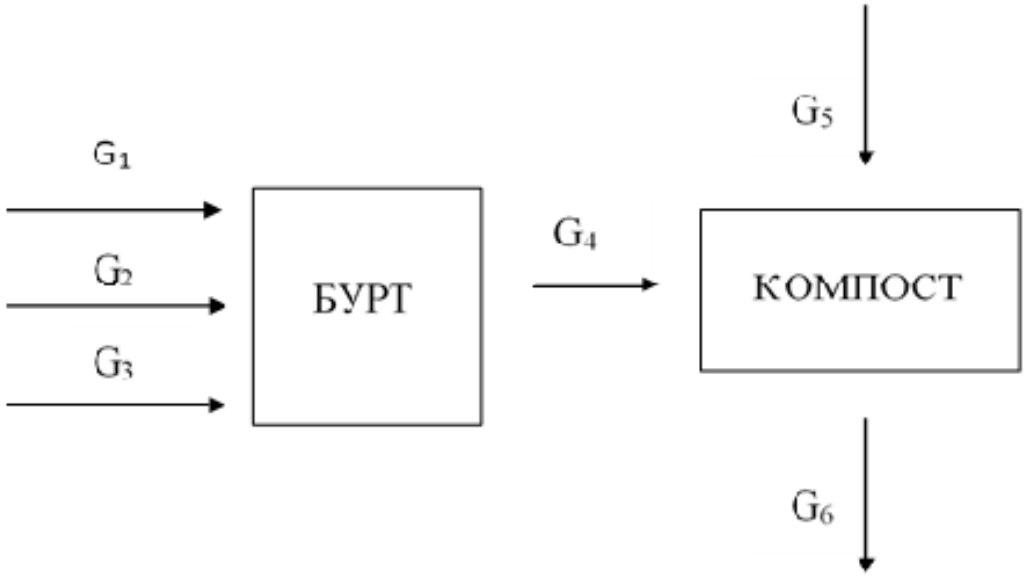
В главе были рассмотрены иловые площадки очистных сооружений ПАО «КуйбышевАзот». Так же был проведен анализ осадков сточных вод цеха № 39 с иловых полей, по итогу которого было выяснено, что содержание тяжелых металлов находится в пределах нормы, и осадок можно использовать для приготовления компоста и почвогрунта в дальнейшем.

3 Рекомендации по рекультивации урбанизированных геосред

3.1 Расчёт материального баланса образования почвогрунта

Почвогрунты представляют собой смесь: биокомпост, полученный методом твердофазной аэробной ферментации из органических отходов (навоз крупного рогатого скота, торф, листья древесных культур, опилки и прочие); котлованный грунт (покровный суглинок, флювиогляционные пески, аллювиальный суглинок).

Схема процесса производства почвогрунта представлена на рисунке 6.



G_1 - отработанный активный ил, G_2 - измельченная древесная щепа, G_3 - измельченный листовой опад, G_4 - компост, G_5 - котлованный грунт, G_6 - готовый почво-грунт

Рисунок 6 - Процесс производства почвогрунта

1. Материальный баланс с соотношением: отработанный активный ил (80 % влажности) - 60 %; измельченная древесная щепа - 20 %;

измельченный листовой опад - 20 % (с добавлением 40 % котлованного грунта относительно массы компоста).

Таблица 10 - Процентное содержание всех составляющих компонентов компоста

Наименование	Содержание в процентах, %
Отработанный активный ил (80 % влажности)	60
Измельченная древесная щепа	20
Измельченный листовой опад	20
Итого	100

Таблица 11 – Процентное содержание всех составляющих компонентов почвогрунта

Наименование	Содержание в процентах, %
Компост	60
Котлованный грунт	40
Итого	100

Принимаем, что в данной технологической схеме условно используется 1 тонна отработанного активного ила. В качестве основного продукта на выходе получаем почвогрунт.

Тогда, мы можем рассчитать массу измельченного листового опада и измельченной щепы по формуле (1):

$$m_{\text{опад}} = \frac{m_{\text{компост}} \cdot x}{\text{у}}, \quad (1)$$

где $m_{\text{компост}}$ - количество отработанного активного ила;

х - процент измельченного листового опада;

у - процент отработанного активного ила.

Так как процентное содержание измельченного листового опада и измельченной щепы равно, массу рассчитали один раз.

$$m_{\text{опад}} = m_{\text{щепа}} = \frac{1000 \cdot 20}{60} = 333.3 \text{ кг}$$

Рассчитали полную массу компоста по формуле (2):

$$m_{\text{компост}} = m_{\text{ил}} + m_{\text{опад}} + m_{\text{щепа}} \quad (2)$$

$$m_{\text{компост}} = 1000 + 333.3 + 333.3 = 1666.6 \text{ кг}$$

После рассчитали массу котлованного грунта по формуле (3):

$$m_{\text{грунт}} = \frac{m_{\text{компост}} \cdot \text{x}}{\text{y}}, \quad (3)$$

где x - процентное содержание в почвогрунте;

y - процентное содержание компоста в почвогрунте.

$$m_{\text{грунт}} = \frac{1666.6 \cdot 40}{60} = 1111.1 \text{ кг}$$

Затем рассчитали полную массу почвогрунта по формуле (4):

$$m_{\text{почвогрунт}} = m_{\text{компост}} + m_{\text{грунт}} \quad (4)$$

$$m_{\text{почвогрунт}} = 1666.6 + 1111.1 = 2777.7 \text{ кг}$$

После рассчитали процентное содержание каждого компонента относительно массы почвогрунта по формуле (5):

$$\%_{\text{x}} = \frac{m_{\text{x}} \cdot 100}{m_{\text{почвогрунт}}}, \quad (5)$$

где $\%_{\text{x}}$ - процент вещества;

m_{x} - масса вещества.

$$\%_{\text{ил}} = \frac{1000 \cdot 100}{2777.7} = 36$$

$$\%_{\text{щепа}} = \%_{\text{опад}} = \frac{333{,}3 \cdot 100}{2777.7} = 12$$

Все полученные данные прихода и расхода используемых компонентов внесли в таблицу 12.

Таблица 12 - Данные прихода и расхода

Приход			Расход		
Наименование	Содержание	Содержание в процентах, %	Наименование	Содержание	Содержание в процентах, %
Отработанный активный ил	1000	36	Почвогрунт	2777.7	100
Измельченный листовой опад	333.3	12			
Измельченная щепа	333.3	12			
Котлованный грунт	1111.1	40			
Итого	2777.7	100	Итого	2777.7	100

2. Материальный баланс с соотношением: отработанный активный ил (80 % влажности) - 36 %; измельченная древесная щепа - 32 %; измельченный листовой опад - 32 % (с добавлением 40 % котлованного грунта относительно массы компоста).

Таблица 13 - Процентное содержание всех составляющих компонентов компоста

Наименование	Содержание в процентах, %
Отработанный активный ил (80 % влажности)	36
Измельченная древесная щепа	32
Измельченный листовой опад	32
Итого	100

Таблица 14 – Процентное содержание всех составляющих компонентов почвогрунта

Наименование	Содержание в процентах, %
Компост	60
Котлованный грунт	40
Итого	100

Принимаем, что в данной технологической схеме условно используется 1 тонна отработанного активного ила. В качестве основного продукта на выходе получаем почвогрунт.

Тогда, мы можем рассчитать по формуле (6) массу измельченного листового опада и измельченной щепы:

$$m_{\text{опад}} = \frac{m_{\text{компост}} \cdot x}{\text{у}}, \quad (6)$$

где $m_{\text{компост}}$ - количество отработанного активного ила;

х - процент измельченного листового опада;

у - процент отработанного активного ила.

Так как процентное содержание измельченного листового опада и измельченной щепы равно, массу рассчитали один раз.

$$m_{\text{опад}} = m_{\text{щепа}} = \frac{1000 \cdot 32}{70} = 457.1 \text{ кг}$$

По формуле (7) рассчитали полную массу компоста:

$$m_{\text{компост}} = m_{\text{ил}} + m_{\text{опад}} + m_{\text{щепа}} \quad (7)$$

$$m_{\text{компост}} = 1000 + 457.1 + 457.1 = 1914.2 \text{ кг}$$

После рассчитали массу котлованного грунта по формуле (8):

$$m_{\text{грунт}} = \frac{m_{\text{компост}} \cdot \text{x}}{\text{y}} \quad , \tag{8}$$

где x - процентное содержание в почвогрунте;

y - процентное содержание компоста в почвогрунте.

$$m_{\text{смесь}} = \frac{1914.2 \cdot 40}{60} = 1276.1 \text{ кг}$$

Затем рассчитали полную массу почвогрунта по формуле (9):

$$m_{\text{почвогрунт}} = m_{\text{компост}} + m_{\text{грунт}} \tag{9}$$

$$m_{\text{почвогрунт}} = 1914.2 + 1276.1 = 3187.3 \text{ кг}$$

После рассчитали процентное содержание каждого компонента относительно массы почвогрунта по формуле (10):

$$\%_{\text{x}} = \frac{m_{\text{x}} \cdot 100}{m_{\text{почвогрунт}}} \quad , \tag{10}$$

где $\%_{\text{x}}$ - процент вещества;

m_{x} - масса вещества.

$$\%_{\text{ил}} = \frac{1000 \cdot 100}{3187.3} = 31.4$$

$$\%_{\text{щепа}} = \%_{\text{опад}} = \frac{457.1 \cdot 100}{3187.3} = 14{,}3$$

Все полученные данные прихода и расхода используемых компонентов внесли в таблицу 15.

Таблица 15 - Данные прихода и расхода

Приход			Расход		
Наименование	Содержание	Содержание в процентах, %	Наименование	Содержание	Содержание в процентах, %
Отработанный активный ил	1000	31.4	Почвогрунт	100	3187.3
Измельченный листовой опад	457.1	14.3			
Измельченная щепа	457.1	14.3			
Котлованный грунт	1276.1	40			
Итого	3187.3	100	Итого	100	3187.3

Наиболее активная микробиологическая деятельность при влажности исходной смеси на основе осадков сточных вод равной 60 - 65 % влажности. Для достижения такой влажности требуется большой расход влагопоглощающих материалов. Однако, содержание более 50 % влагопоглощающих компонентов приводит к пересыханию массы.

Исходные смеси, в составе которых входит 30 - 50 % влагопоглощающих компонентов, обеспечивают получение наиболее качественного биокомпоста на основе точных вод. Также для компостирования рекомендуется использовать сброженный осадок, так как свежий осадок обладает неблагоприятными водно-физическими свойствами. Помимо этого, увеличение доли осадка сточных вод (до 70 - 80 %) считается нецелесообразным из-за потерь элементов питания с влагой.

Следовательно, наиболее подходящим является первый вариант.

3.2 Расчёт энергетического баланса процесса компостирования

В процессе компостирования происходит биотермическое разложение с выделением тепловой энергии. Расчет теплового баланса представлен ниже.

«Процесс биотермического разложения органического вещества осадков включает три основные стадии:

1. Нарастание температуры.

2. Фазу высоких температур.

3. Падение температуры» [17].

Так как разрабатываемая установка планируется к внедрению в первую очередь в Самарской области, то принимаем следующие температуры и влажности воздуха: лето: + 21 C^o; зима: - 12,9 C^o.

Тепловой баланс компостного бурта складывается, в основном из следующих составляющих:

$$Q_{км} + Q_{возд} + Q_{микр} = Q_{щепы} + Q_{исп} + Q_{комп} + Q_{луч} \quad (11)$$

Вносимое тепло: $Q_{км}$ - с компостируемой массой; $Q_{возд}$ - с воздухом аэрации; $Q_{микр}$ - выделяющееся в процессе компостирования (микробиологическое тепло).

Расходуемое тепло: $Q_{щ}$ - уносимое с не переработанной щепой; $Q_{исп}$ - затрачиваемое на испарение влаги; $Q_{комп}$ - готового компоста; $Q_{луч}$ - расходуемое лучеиспусканием от более нагретого тела (компостный ряд) к менее нагретому (окружающая среда).

Распишем подробнее составляющие теплового баланса компостируемой массы.

Вносимое тепло - тепло, вносимое с компостируемой массой, складывается из тепла, вносимого каждым компонентом компостирования:

$$Q_{км} = Q_1 + Q_2 + Q_3 , \quad (12)$$

где Q_1 - тепло от осадков сточных вод;

Q_2 - тепло от измельченной древесной щепы;

Q_3 - тепло от измельченного листового опада.

Расчет каждого значения вели по общей формуле:

$$Q = c \cdot m \cdot t^{o}, \qquad (13)$$

где c - теплоемкость;

m - масса ингредиента;

t^{o} - температура ингредиента.

В летний период времени:

$$Q_1 = 2930 \cdot 1000 \cdot 21 = 61530000 \text{ Дж} = 61.53 \text{ МДж}$$

$$Q_2 = 2720 \cdot 333.3 \cdot 21 = 12240816 \text{ Дж} = 19.04 \text{ МДж}$$

$$Q_3 = 2510 \cdot 333.3 \cdot 21 = 11295753 \text{ Дж} = 17.57 \text{ МДж}$$

Тогда суммарное тепло, вносимое с компостируемой массой, составит:

$$Q_{км} = 61.53 + 19.04 + 17.57 = 98.14 \text{ МДж}$$

В зимний период времени:

$$Q_1 = 2930 \cdot 1000 \cdot (-12.9) = - 37797000 \text{ Дж} = - 37.79 \text{ МДж}$$

$$Q_2 = 2720 \cdot 333.3 \cdot (-12.9) = - 7519358.4 \text{ Дж} = - 11.69 \text{ МДж}$$

$$Q_3 = 2510 \cdot 333.3 \cdot (-12.9) = - 6938819.7 \text{ Дж} = - 10.79 \text{ МДж}$$

Тогда суммарное тепло, вносимое с компостируемой массой, составит:

$$Q_{км} = (-37.79) + = (- 11.69) + (- 10,79) = - 60.27 \text{ МДж}$$

Теплом, вносимым с воздухом, подаваемым на аэрацию компоста в первом приближении, можно пренебречь, т.к. в зависимости от погодных условий оно может быть, как и положительным, так и отрицательным.

Тепло, выделяемое в процессе компостирования 1 кг смеси (органики), составляет 21 МДж, соответственно для нашей массы (1428,6 кг) оно будет равно:

$$Q_{микр} = 21 \cdot 1666.6 = 34998.6 \text{ МДж}.$$

Расходуемое тепло – тепло уносимое с не переработанной щепой, тепло готового компоста, тепло теряемое излучением (количество тепла, переходящего от более нагретого к менее нагретому посредством лучеиспускания).

В рассматриваемом варианте количество не переработанной щепы незначительное, поэтому тепло, уносимое с не переработанной щепой, не учитывается.

Количество тепла, переходящего от более нагретого тела к менее нагретому посредством лучеиспускания, определяется по уравнению:

$$Q_{луч} = C \cdot \varphi \cdot F \cdot \left[\left(\frac{T_1}{100}\right)^4 - \left(\frac{T_2}{100}\right)^4\right] \quad (14)$$

где: C - коэффициент излучения, Вт/(м^2×К^4);

F - площадь поверхности излучения, м^2;

φ - угловой коэффициент, безразмерный (φ = 1);

T_1 - температура поверхности более нагретого тела, К;

T_2 - температура поверхности менее нагретого тела, К;

C - коэффициент лучеиспускания

$$C = \varepsilon \cdot C_ч \text{ ,} \quad (15)$$

где $C_ч$ = 5,7 Вт/(м^2×К^4) – коэффициент излучения абсолютно черного тела;

ε - степень черноты поверхности тела ($\varepsilon = 0{,}92$).

$$C = 0.92 \cdot 5.7 = 5.244 \text{ Вт/(м}^2\times\text{К}^4\text{)}$$

$$F = a \cdot l \cdot n \tag{16}$$

где a - ширина бурта;

l - длина бурта;

n - количество буртов.

$$n = \frac{m}{\rho \cdot V} \tag{17}$$

где m - масса компостируемой смеси;

ρ - плотность компоста (ρ = 250 кг/м^3);

V - объем бурта.

$$V = \frac{a+b}{2} \cdot h \cdot l \tag{18}$$

где a - верхнее основание бурта (a = 0,38 м);

b - нижнее основание бурта (b = 2 м);

h - высота бурта (h = 1 м);

l - длина бурта (l = 5 м).

Бурт в сечении представляет собой равнобедренную трапецию с углом естественного откоса 55 °.

$$V = \frac{2+0.38}{2} \cdot 1 \cdot 5.63 = 6.7\text{м}^3$$

$$n = \frac{1666.6}{250 \cdot 6.7} = 1$$

$$F = 0{,}38 \cdot 6 \cdot 1 = 2.28 \text{ м}^2$$

В летний период времени:

$$Q_{\text{луч 1}} = 5.244 \cdot 1 \cdot 2.28 \cdot \left[\left(\frac{21}{100}\right)^4 - \left(\frac{20}{100}\right)^4\right] = 0.004 \text{ МДж}$$

$$Q_{\text{луч 2}} = 5.244 \cdot 1 \cdot 2.28 \cdot \left[\left(\frac{50}{100}\right)^4 - \left(\frac{21}{100}\right)^4\right] = 0.725 \text{ МДж}$$

$$Q_{\text{луч 3}} = 5.244 \cdot 1 \cdot 2.28 \cdot \left[\left(\frac{75}{100}\right)^4 - \left(\frac{21}{100}\right)^4\right] = 3.749 \text{ МДж}$$

$$Q_{\text{луч ср}} = \frac{0.004 + 0.725 + 3.749}{3} = 1.492 \text{ МДж}$$

В зимний период времени:

$$Q_{\text{луч}} = 5.244 \cdot 1 \cdot 12 \cdot \left[\left(\frac{7}{100}\right)^4 - \left(\frac{-12.9}{100}\right)^4\right] = -0.003 \text{ МДж}$$

В рассматриваемом варианте количество испаряемой воды незначительное, поэтому она не учитывается.

Тепло готового компоста (с учётом 40% убыли компостируемой массы).

$$Q_{комп} = Q_{км} \cdot 0{,}4 \qquad (19)$$

В летний период:

$$Q_{комп} = 98.14 \cdot 0.4 = 39.256 \text{ МДж}$$

В зимний период:

$$Q_{комп} = - 52.25 \cdot 0.4 = -24.108 \text{ МДж}$$

Результаты расчетов приведены в таблицах 15 и 16.

Таблица 16 - Энергетический баланс (лето)

Начало процесса	Тепло (МДж)	Конец процесса	Тепло (МДж)
Компостируемая масса	98.14	Компост	39.256
Процесс компостирования	34998.6	Остывание массы (излучение)	1.492
ИТОГО	35096.6	ИТОГО	40,748

Из таблицы 16 видно, что наибольшее количество тепла уходит с готовым компостом. Также ясно, что тепло, образующееся во время процесса, будет компенсировать данные тепло потери, а также потери, связанные с остыванием массы, соответственно дополнительно подводить тепло в процесс не нужно.

Таблица 17 - Энергетический баланс (зима)

Начало процесса	Тепло (МДж)	Конец процесса	Тепло (МДж)
Компостируемая масса	- 60.27	Компост	- 24.108
Процесс компостирования	34998.6	Остывание массы (излучение)	- 0.003
ИТОГО	34938.33	ИТОГО	- 24.111

Из таблицы 17 видно, что в зимний период наибольшее количество тепла уходит при остывании компостируемой массы. Также ясно, что тепло, образующееся во время процесса, будет компенсировать данные тепло потери, соответственно, во время процесса необходимо только поддерживать положительную температуру массы при аэрации теплым воздухом.

3.3 Расчет используемого осадка сточных вод и площади технологической площадки

Бурт в сечении представляет собой равнобедренную трапецию.

Определяем объем каждого бурта по формуле (20):

$$V = \frac{a+b}{2} \cdot h \cdot l \quad (20)$$

где: a - длина нижнего основания (2 м);

h - высота бурта (1 м);

b - длина верхнего основания (0,38 м);

l - длина бурта (100 м).

$$V = \frac{2 + 0.38}{2} \cdot 1 \cdot 100 = 119 \text{ м}^3$$

Определяем массу одного бурта по формуле (21):

$$m_{1b} = \rho \cdot V \quad (21)$$

где р – плотность компоста (250 кг/м^3).

$$m_{1b} = 250 \cdot 119 = 29\,750 \text{ кг}$$

Количество буртов принимаем равным 8. Следуя из этого рассчитываем массу восьми буртов по формуле (22):

$$M = n \cdot m_{1b} \quad (22)$$

где n – количество буртов (8).

$$M = 8 \bullet 29\,750 = 238\,000 \text{ кг}$$

Рассчитать массу используемого осадка сточных вод по формуле (23):

$$m_{ил} = \frac{M \cdot x}{100} \quad (23)$$

где *x* – содержание осадка сточных вод в осадке (60 %).

$$m_{ил} = \frac{238\,000 \cdot 60}{100} = 142\,800 \text{ кг}$$

Рассчитать площадь технической площадки, состоящей из 8 буртов по формуле (24):

$$S = a \cdot b \quad (24)$$

где a – длина (105 м);

b – ширина (30 м).

$$S = 105 \cdot 30 = 3\,150 \text{ м}^2$$

Масса используемого осадка сточных вод составила 142 800 кг, и площадь технологической площадки составила 3150 м^2.

3.4 Экономическая целесообразность

Ежегодно на очистных сооружениях ПАО «КуйбышевАзот» образуется порядка 260 тон избыточного ила, который вывозится на полигон ЭКОТРАНС.

За 4 года (2016 – 2019 гг.) на захоронение было вывезено порядка 1000 тонн предварительно обезвоженного избыточного ила.

Рассмотрим экономический аспект данного вопроса на примере 2019 года, когда было утилизировано 271.09 тонн отхода. Затраты на рекультивацию складываются из платы за размещение отходов, транспортных затрат и платы за негативное воздействие на окружающую среду.

Рассчитаем плату за рекультивацию предварительно обезвоженного отработанного ила цеха №39 в 2019 году.

Плата за размещение отходов в пределах лимитов $П_{лр}$, руб., рассчитывается по формуле (25):

$$П_{лр} = М_{л} \cdot Н_{пл} \quad (25)$$

где $М_{л}$ - масса (объем) размещенных отходов в количестве, равном или менее установленных лимитов, т ($м^3$);

$Н_{пл}$ - ставка платы за размещение отходов в пределах лимитов, руб./т

$$П_{лр} = 271{,}09 \cdot 620 = 168\ 075.8 \text{ руб.}$$

Плата за транспортные расходы $П_{тр}$, руб., рассчитывается по формуле (26):

$$П_{тр} = К_{р} \cdot С_{р} \quad (26)$$

где $К_р$ - количество рейсов;

Ср - стоимость одного рейса, руб.

$$П_{тр} = 35 \cdot 618.31 = 21\ 640.85 \text{ руб.}$$

Плата за негативное воздействие на окружающую среду в пределах лимитов $П_{нл}$, руб. рассчитывается по формуле (27):

$$П_{нл} = М_л \cdot Т_{пл} \quad (27)$$

где $М_л$ - масса (объем) размещенных отходов в количестве, равном или менее установленных лимитов на размещение отходов, т ($м^3$);

$Т_{пл}$ - тариф платы за негативное воздействие на окружающую среду в пределах лимитов, руб./т (руб./$м^3$).

$$П_{нл} = 271.09 \cdot 346.89 = 94\ 038.41 \text{ руб.}$$

Итого: плата за рекультивацию 271.09 т отхода составила 283 755.06 рублей.

За 4 года (2016 - 2019 гг.) на захоронение было вывезено порядка 1000 тонн предварительно обезвоженного избыточного ил, что в денежном эквиваленте составило 1 046 132 рубля.

Таким образом, ежегодно на захоронение на полигоны вывозятся отходы, являющиеся важным источником органических, питательных и биологически активных веществ. Использование обезвреженных осадков для приготовления почвогрунтов решает важную проблему восстановления нарушенных земель.

Компост планируется получать при помощи буртов из осадка сточных вод, этот компост обладает высокой удобрительной способностью. Кроме того, отпадает необходимость вывозить порядка 260 тонн отхода на

захоронение. Если предположить, что 54.9 % (142.8 тонн) ила будет использоваться для компостирования, то можно спрогнозировать ежегодную экономию платы на рекультивацию:

Плата за размещение отходов в пределах лимитов $П_{лр}$, руб., рассчитывается по формуле (28):

$$П_{лр} = М_{л} \cdot Н_{пл} \quad (28)$$

где $М_{л}$ - масса (объем) размещенных отходов в количестве, равном или менее установленных лимитов, т ($м^3$);

$Н_{пл}$ - ставка платы за размещение отходов в пределах лимитов, руб./т (руб./$м^3$).

$$П_{лр} = 142.8 \cdot 620 = 88\ 536 \text{ руб.}$$

Плата за транспортные расходы $П_{тр}$, руб., рассчитывается по формуле (29):

$$П_{тр} = К_{р} \cdot С_{р} \quad (29)$$

где $К_{р}$ - количество рейсов;

Ср - стоимость одного рейса, руб.

$$П_{тр} = 20 \cdot 618.31 = 12\ 296.2 \text{ руб.}$$

Плата за негативное воздействие на окружающую среду в пределах лимитов $П_{нл}$, руб. рассчитывается по формуле (30):

$$П_{нл} = М_{л} \cdot Т_{пл} \quad (30)$$

где $М_{л}$ - масса (объем) размещенных отходов в количестве, равном или менее установленных лимитов на размещение отходов, т ($м^3$);

$Т_{пл}$ - тариф платы за негативное воздействие на окружающую среду в пределах лимитов, руб./т (руб./$м^3$).

$$П_{нл} = 142.8 \cdot 346.89 = 49\ 535.89 \text{ руб.}$$

Итого: экономия платы за рекультивацию 142.8 т отхода составила 150 368.09 рублей.

Вывод по разделу:

В главе были рассчитаны материальный баланс, энергетический баланс и экономическая целесообразность. По итогу которых было выяснено, что:

- при приготовлении почвогрунта из 1000 кг осадка сточных вод с использованием древесной щепы, листового опада и котлованного грунта в выбранных пропорциях 2777,7 кг;

- при компостировании в летний период не требуется дополнительное тепло для протекания процесса, а зимой необходимо только поддерживать положительную температуру компоста при аэрации теплым воздухом;

- для заполнения 8 буртов требуется 142 800 кг (142,8 тонн) осадков сточных вод, и площадь технологической площадки, состоящая из 8 буртов, составила 3150 $м^2$.

- при переработке 142,8 тонн осадка сточных вод экономия составит 150 368.09 рублей.

Заключение

В наше время одной из набирающих актуальностью проблемы является проблема переработки осадков сточных вод. Она требует анализа существующих методов и технологий, а также разработку новых способных уменьшить количество отходов.

В ходе выполнения бакалаврской работы были выполнены следующие задачи:

1) Проанализированы существующие технологии переработки осадков сточных вод.

2) Проанализирован состав осадков сточных вод цеха № 39.

3) Проанализирован варианты оптимизации технологии переработки осадков сточных вод:

- Выбрано оптимальное соотношение компонентов компоста (60 % осадков сточных вод, 20 % древесной щепы, 20 % листового опада).

- Проанализирован способ увеличения количества сырья, используемого в качестве почвогрунта при помощи смешения готового компоста (60 %) с котлованным грунтом (40 %) с получением 2777.7 кг готового почвогрунта.

3) Плата за рекультивацию за 2019 год за 271.09 тонн отходов составила 283 755.06 рублей.

4) Возможная экономия платы за рекультивацию 142.8 тонн отхода составила 150 368.09 рублей.

5) Рассмотрена возможность использования осадков сточных вод в качестве почвогрунта в городском ландшафтном дизайне.

Список используемых источников

1. Classification of Sewage Sludge and the Compost thereof

2. Haiba, E and L Nei. “Sewage Sludge Composting and Pharmaceuticals.” *European Scientific Journal, ESJ* 13 (2017): n. pag.

3. On-Farm Composting Campus. - 2018.

4. Sewage Sludge Composting P. Kosobucki, A. Chmarzyński, B. Buszewski.

5. Pollution Control and Resource Recovery for Sewage Sludge 2017. c. 375.

6. Биотехнологические процессы в решении экологических задач [Электронный ресурс]: Wiki. - 2012. - URL: https://www.chem-astu.ru/wiki (дата обращения 24.03.2019).

7. Благоразумова А.М., Резанов В.В. Переработка осадков сточных вод вермикультивированием Сборник: Актуальные вопросы охраны окружающей среды и обеспечения экологической безопасности промышленных регионов Материалы Международной научно-практической конференции. Под общей редакцией Т.А. Красновой. 2017. с. 289-294.

8 Вермикомпостирование и вермикультивирование как основа экологического земледелия в XXI веке: проблемы, перспективы, достижения Сборник научных трудов международной научно-практической конференции ведущих специалистов, ученых, предпринимателей и производственников, Минск, 10-14 июня 2013 г Минск Институт зоологии НАН Беларуси 2013г. 249с. Электронный ресурс]: https://ru.calameo.com/read (дата обращения 20.12.2019).

9. ГОСТ 17.4.2.01-81 Охрана природы. Почвы. [Электронный ресурс]: http://docs.cntd.ru/document/1200006395 (дата обращения: 17.12.2019).

10. ГОСТ Р 17.4.3.07-2001 Охрана природы (ССОП). Почвы. Требования к свойствам осадков сточных вод при использовании их в качестве удобрений [Электронный ресурс]: Консорциум кодекс.

Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. - URL: http://docs.cntd.ru (дата обращения 20.11.2019).

11. ГОСТ 26213-91 Почвы. Методы определения органического вещества [Электронный ресурс]: http://docs.cntd.ru/document/1200023481 (дата обращения: 20.12.2019).

12. ГОСТ 26483-85 (ред. от 12.09.2018) Почвы. Приготовление солевой вытяжки и определение ее pH по методу ЦИНАО [Электронный ресурс]: http://docs.cntd.ru/document/1200023490 (дата обращения: 27.12.2019).

13. ГОСТ 26715-85 (ред. от 12.09.2018) Удобрения органические. Методы определения общего азота [Электронный ресурс]: http://docs.cntd.ru/document/gost-26715-85 (дата обращения: 15.12.2019).

14. ГОСТ 26717-85 Удобрения органические. Метод определения общего фосфора [Электронный ресурс]: http://docs.cntd.ru/document/gost-26717-85 (дата обращения: 22.12.2019).

15. ГОСТ Р 54651-2011. Удобрения органические на основе осадков сточных вод. Технические условия [Электронный ресурс]: http://docs.cntd.ru/document/gost-r-54651-2011 (дата обращения: 15.12.2019).

16. ГОСТ Р 8.563-2009 Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Методики (методы) измерений [Электронный ресурс]: http://docs.cntd.ru/document/1200077909 (дата обращения: 23.12.2019).

17. Дурыгина К.И., Благоразумова А.М Обработка и утилизация осадков городских сточных вод. Сборник: Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения Труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. Под общей редакцией М.В. Темлянцева. 2015. С. 259-262.

18. Зайнуллин Р.Р., Галяутдинов, А.А. Производство удобрений из осадков сточных вод / Р.Р. Зайнуллин, А.А. Галяутдинов // Международный научный журнал «Инновационная наука». - 2016. - №6. - 77-78с.

19. Иванова И. В. Компостирование твердых бытовых отходов городского хозяйства [Электронный ресурс]: Журнал технических

исследований 2018 № 2 С 12 25 URL: https://naukaru.ru/ru/nauka/article/21146/view (дата обращения 11.12.2019).

20. «Кафедра химии. ЭКОЛОГИЯ. Методические указания к лабораторным работам Иваново. 2004. Методические указания предназначены для студентов всех специальностей, изучающих курс экологии».

21. Компостирование [Электронный ресурс]: Экология, справочник. - URL: http://ru-ecology.info/term/42657 (дата обращения 15.12.2019).

22. Компостирование осадков сточных вод: расчеты, технология, применение [Электронный ресурс]: ЛЕКС. Консалтинг. - 2001-2019. - URL: http://www.g-k-h.ru/directory/articles/263/6592 (дата обращения 24.03.2019).

23. МУ 2.1.7.730-99 Гигиеническая оценка почвы населенных мест [Электронный ресурс]: - http://docs.cntd.ru/document/1200003852 (дата обращения 20.12.2019).

24. МУК 4.2.2661-10 Методы санитарно-паразитологических исследований [Электронный ресурс]: http://docs.cntd.ru/document/1200084311 (дата обращения 18.12.2019).

25. Нечаева Г.А., Федорос Е.И. Экология в экспериментах. Изд-во «Вентана-Граф» 2007, стр.107

26. Николаева Л.А., Исхакова, Р.Я. Энерго- ресурсосберегающая технология вторичного использования отходов теплоэнергетического комплекса [Электронный ресурс]: Молодой ученый. - 2015. - №20. - С.51-55 (дата обращения: 09.12.2019).

27. Органическое земледелие. Что нужно знать дачнику о компосте [Электронный ресурс]: Секрет дачи.ru. - 2019. - URL: http://secretdachi.ru (дата обращения 27.11.2019).

28. Органические удобрения на основе сточных вод Агрохимия. - 2013. [Электронный ресурс]: - URL: http://agrohimija.ru (дата обращения 08.12.2019).

29. ПНД Ф 14.1;2;3;4.121-97. Количественный химический анализ вод. Методика выполнения измерений pH в водах потенциометрическим методом.

30. Постановление 514-ПП Об утверждении методических рекомендаций и требований по производству компостов и почвогрунтов, используемых в городе Москве - URL: http://www.gosthelp.ru (дата обращения 05.12.2019).

31. Прикладная экобиотехнология. В 2 томах А. Е. Кузнецов 2015 - 672с.

32. СанПиН 2.1.7.573-96. Гигиенические требования к использованию сточных вод и их осадков для орошения и удобрения [Электронный ресурс]: Консорциум кодекс. Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. - URL: http://docs.cntd.ru (дата обращения 10.12.2019).

33. Способ обезвреживания и утилизации отработанного активного ила Брязгина Е.Ю., Насыров Р. Р., Латыпова З.А, Хазимова Л.Р., ФГБОУ ВПО «Уфимский государственный нефтяной технический университет», филиал, г. Стерлитамак, Российская Федерация, 2014 - 10с.

34. Сюняев Х.Х., Жмыхова Е.Н., Чудинова С.Д. Изменение агрохимических свойств дерново-подзолистой супесчаной почвы под воздействием доз осадков городских сточных вод с иловых площадок / Х.Х. Сюняев, Е.Н. Жмыхова, С.Д. Чудинова // Естествознание и гуманизм Сборник научных работ. Под ред. Н.Н. Ильинских. – Томск: СибГМУ - 2004. - Т.1. - №2. - 70с.

35. Технология очистки сточных вод, Карманов А.П., Полина И.Н., 2015 - 207с.

36. Утилизация активного ила [Электронный ресурс]: Биология. - 2007-2016. - URL: http://biofile.ru (дата обращения 12.11.2019).

37. Утилизация осадков сточных вод очистных сооружений посредством компостирования [Электронный ресурс]: Мой образовательный портал. - 2013. - URL: http://myuniversity.ru (дата обращения 05.12.2019).

38. Федеральный закон «Об отходах производства и потребления» от 24.06.98 ФЗ-№ 89 (последняя редакция) [Электронный ресурс]: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_19109/ (дата обращения: 18.12.2019).

39. Федеральный закон «О государственном регулировании обеспечения плодородия земель сельскохозяйственного назначения» от 16.07.98, ФЗ-№ 101 (последняя редакция) [Электронный ресурс]: http://base.garant.ru/12112328/ (дата обращения: 16.12.2019).

40. Хисамеева Л.Р., Селюгин А.С., Абитов Р.Н., Бусарев А.В., Урмитова Н.С. Обработка осадков городских сточных вод Учебное пособие 2016 с. 106.

41. Ченский И.А. Методы очистки сточных вод / И.А. Ченский, С.С. Рыбников // Студенческая наука XXI века: материалы VIII Междунар. студенч. науч.-практ. конф. (Чебоксары, 25 янв. 2016 г.). В 2 т. Т. 2 / редкол.: О.Н. Широков [и др.] - Чебоксары: ЦНС «Интерактив плюс», 2016. - 90-92с.