

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

Институт машиностроения
(наименование института полностью)

Кафедра «Управление промышленной и экологической безопасностью»
(наименование кафедры)

20.04.01 Техносферная безопасность

(код и наименование направления подготовки)

Управление промышленной безопасностью, охраной труда и окружающей
среды в нефтегазовом и химическом комплексах

(направленность (профиль))

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

на тему Исследование и разработка технологии рекультивации полигона ТБО
Тимофеевский побочными продуктами производства ПАО «ТОАЗ»

Студент

Сычева Т.С.

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Научный

Краснов А.В.

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

руководитель

Консультанты

Петрова В.В.

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель программы

д.п.н., профессор Л.Н.Горина

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

(личная подпись)

« ___ » _____ 2019г.

Допустить к защите

Заведующий кафедрой

д.п.н., профессор Л.Н.Горина

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

(личная подпись)

« ___ » _____ 2019г.

Тольятти 2019

СОДЕРЖАНИЕ

ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ.....	5
ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ И ОБОЗНАЧЕНИЙ	6
ВВЕДЕНИЕ.....	7
1 Перспективные направления использования отходов производства ПАО «ТОАЗ» в технологии рекультивации отработанных земель в г. Тольятти ...	15
1.1 Город Тольятти и Публичное акционерное общество «Тольяттиазот». Общие проблемы и пути решения.....	15
1.2 Полигоны твердых бытовых отходов. Общие сведения, требования к закрытию, рекультивации и рекультивационным материалам	16
1.2.1 Общие сведения о полигонах.....	16
1.2.2 Требования к закрытию и рекультивации полигонов	17
1.2.3 Гигиенические требования к отходам, используемым при рекультивации карьеров	18
1.3 Отходы и побочные продукты ПАО «ТОАЗ». Основные характеристики и существующие пути утилизации.....	19
1.3.1 Минеральные шламы ПАО «ТОАЗ». Общая информация.....	19
1.3.2 Современные методы утилизации минеральных шламов. Достоинства и недостатки.....	20
1.3.3 Минеральные шламы ПАО «ТОАЗ». Перспективы развития использования в качестве рекультивационного материала.....	34
1.3.4 Осадок сточных вод и активный ил. Прогнозные предположения в использовании	35
1.3.5 Современные методы утилизации строительных отходов. Перспективы использования строительных отходов ПАО «ТОАЗ»	36
2 Исследование процесса образования и свойств отходов производства ПАО «ТОАЗ», анализ возможности их использования в рекультивационных целях	39
2.1 Минеральные шламы ПАО «ТОАЗ». Исследование процесса образования и возможности использования в качестве вторичного сырья	39

2.1.1	Процесс образования шлама коагуляции и известкования	39
2.1.2	Процесс образования шлама приготовления известкового молока.....	43
2.2	Исследование химического состава и свойств минеральных шламов ПАО «ТОАЗ». Анализ их использования в качестве техногенного сырья.....	44
2.2.1	Характеристика минеральных шламов	44
2.2.2	Лабораторные исследования.....	45
2.2.3	Анализ использования минеральных шламов ПАО «ТОАЗ» в качестве минеральных удобрений.....	52
2.3	Строительные отходы ПАО «ТОАЗ». Исследование процесса образования и возможности использования в качестве вторичного сырья	54
2.3.1	Процесс образования строительных отходов.....	54
2.3.2	Исследование строительных отходов ПАО «ТОАЗ» и характеристик получаемого щебня. Анализ его использования в качестве рекультивационного материала.....	57
2.4	Экспериментальные исследования свойств побочных продуктов и отходов ПАО «ТОАЗ» на почву и растительный мир. Анализ возможности их использования в рекультивационных целях	60
3	Вторичные продукты ПАО «ТОАЗ» И вовлечение их в технологию полигона	63
3.1	Оценка возможности использования вторичных продуктов ПАО «ТОАЗ» в качестве рекультивационного материала для рекультивации полигона поселка Тимофеевский	63
3.1.1	Исследование требований к закрытию и рекультивации полигона твердых бытовых отходов Тимофеевский.....	63
3.1.2	Сопоставление возможностей применения отходов ПАО «ТОАЗ» для рекультивации полигона ТБО Тимофеевский.....	67
3.2	Технология рекультивации полигона Тимофеевский	69
3.3	Технология подготовки материала для рекультивации полигона Тимофеевский.....	72
3.3.1	Методы обезвоживания и сушки минеральных шламов	72

3.3.2 Методы подготовки активного ила	78
3.3.3 Методы получения вторичного щебня из строительных отходов	79
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	87
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ	95

ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

В настоящей ВКР применяют следующие термины с соответствующими определениями:

Вторичные ресурсы - материальные накопления сырья, веществ, материалов и продукции, образованные во всех видах производства и потребления, которые не могут быть использованы по прямому назначению, но потенциально пригодные для повторного использования в народном хозяйстве для получения сырья, изделий и/или энергии [6].

Вторичное сырье - вторичные материальные ресурсы, для которых имеется реальная возможность и целесообразность использования в народном хозяйстве [6].

Захоронение отходов - изоляция отходов, не подлежащих дальнейшей утилизации, в специальных хранилищах в целях предотвращения попадания вредных веществ в окружающую среду [7].

Отходы - остатки продуктов или дополнительный продукт, образующиеся в процессе или по завершении определенной деятельности и не используемые в непосредственной связи с этой деятельностью [6].

Рекультивация земель – комплекс работ, направленных на восстановление продуктивности и народнохозяйственной ценности нарушенных земель, а также на улучшение условий окружающей среды в соответствии с интересами общества [8].

Утилизация отходов - использование отходов для производства товаров (продукции), выполнения работ, оказания услуг, включая повторное применение отходов, в том числе повторное применение отходов по прямому назначению (рециклинг), их возврат в производственный цикл после соответствующей подготовки (регенерация), а также извлечение полезных компонентов для их повторного применения (рекуперация) [7].

ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ И ОБОЗНАЧЕНИЙ

В настоящей ВКР применяются следующие сокращения и обозначения:

ПАО «ТООАЗ» - Публичное открытое акционерное общество
«Тольяттиазот»

ТБО – твердые бытовые отходы

ЦГСЭН - центр госсанэпиднадзора

ХВО – химводоочистка

ЛЭП - линии электропередачи

канал ЗПО - канал «Земледельческих полей орошения»

ИГЭ - инженерно-геологический элемент

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования:

Устоявшаяся в Российской Федерации практика утилизации большинства производственных отходов (более 90%) основана на захоронении на неорганизованных свалках, специальных площадках и полигонах.

«Основная масса отходов производства и потребления в настоящее время не подвергается какой-либо переработке и вторичному использованию, а размещается на полигонах, санкционированных и несанкционированных свалках, накапливается на территориях промышленных предприятий, что в значительной мере усугубляет общую экологическую ситуацию, создает серьезную опасность для здоровья работников предприятий и проживающего вблизи от них населения» [9].

До недавнего времени единственным методом утилизации промышленных отходов было накопление отходов на специальных площадках и полигонах. Складированные подобным образом отходы не просто занимают большие площади, но и являются как прямым источником загрязнения окружающей среды, за счет выделения пыли, так и потенциальным источником, неся угрозу загрязнения грунтовых вод и почвенного слоя, что в свою очередь усугубляет общую экологическую обстановку, создавая серьезную угрозу для здоровья работников предприятий и проживающего вблизи от них населения.

Направление утилизации твердых промышленных отходов является одним из ключевых элементов ресурсосбережения, поэтому в настоящее время ему уделяется особое внимание.

Цели и задачи:

Целью исследования является разработка комплексного метода утилизации промышленных отходов ПАО «ТОАЗ» путем целесообразного дальнейшего применения для минимизации накопленных отходов, экономии

рабочего пространства и максимальной экономии финансовых ресурсов (снижения затрат на вывоз отходов на полигон).

Объектом исследования является сложившаяся ситуация с накопленными отходами на ПАО «ТОАЗ» и существующая практика технологических решений по утилизации промышленных отходов;

Предметом исследования являются физико-химические свойства промышленных отходов производства ПАО «ТОАЗ» и способы их утилизации.

Задачи исследования:

- Рассмотреть применяющиеся в настоящее время схемы переработки строительных отходов и минеральных шламов, а так же представленное на рынке перерабатывающей техники технологическое оборудование.
- Оценить объемы накопленных отходов на ПАО «ТОАЗ».
- Проанализировать наиболее перспективные и рациональные методы утилизации промышленных отходов ПАО «ТОАЗ».
- Изучить физико-химические свойства отходов, оценить их возможность использования в рекультивационных целях.
- Спроектировать технологию комплексного использования техногенных материалов (промышленных отходов) производства ПАО «ТОАЗ» для рекультивации нарушенных земель полигона Тимофеевский.

Теоретическая и методологическая база исследования:

В последние десятилетия нарастает тенденция использования промышленных отходов в качестве вторичного сырья для ряда отраслей.

Значительную группу техногенных продуктов составляют минеральные шламы. Они образуются при использовании технологии предварительной очистки воды методом коагуляции, флокуляции и известкования в разных сочетаниях. Однако применение данной технологии имеет ряд недостатков, связанных с загрязнением окружающей

среды при ее производстве, транспортировке и приготовлении известкового молока.

Следующую группу техногенных продуктов составляют строительные отходы, которые образуются в результате проведения реконструкции, ремонтных и строительных работ.

На территории ПАО «ТОАЗ» хранятся строительные отходы и минеральные шламы, накопленные за период функционирования предприятия, и требующие решения своей дальнейшей судьбы в виде утилизации или переработки.

В настоящее время существующие технологии утилизации промышленных отходов не предусматривают их комплексной утилизации. Существующая практика предлагает утилизировать отходы производства по каждому направлению в частности, что несет большие финансовые затраты на модернизацию парка оборудования.

Рассматривая в отдельности возможные направления использования производственных отходов, в частности, представляется возможным объединить данные виды отходов в одну группу техногенных вторичных продуктов, используемых в качестве рекультивационных материалов. Вовлечение техногенных отходов в дальнейшее производство материалов позволит сэкономить сырьевые, материальные и энергетические ресурсы, при этом увеличив экономический эффект. Он в свою очередь будет, определяется экологическими факторами:

- снижением уровня загрязнения окружающей среды;
- снижением платежей природоохранным органам за размещение и хранение промышленных отходов.

Данная технология позволит не только решить задачи по окружающей среде, но и поспособствует сокращению изъятия и бережному использованию природных ресурсов.

В соответствии с намеченной целью и задачами исследования были определены следующие методы:

- Теоретический анализ технической литературы по теме исследования.
- Визуальное изучение и оценка процесса образования отходов на предприятии.
- Анализ свойств техногенных продуктов предприятия.
- Экспериментальный метод, включающий проведение эксперимента, анализ и обобщение данных.
- Моделирование технологии комплексной утилизации промышленных отходов.

Теоретический анализ технической литературы по теме исследования, выбран для более глубокого и детального изучения накопленного опыта и существующей практики по утилизации промышленных отходов.

Визуальное изучение и оценка процесса образования отходов на предприятии выбрано с целью определения номенклатуры и количества накопленных промышленных отходов их идентификации и оценки ситуации в целом.

Анализ свойств техногенных продуктов предприятия выбран с целью изучения их физико-химических свойств и установления возможности использования в рекультивационных целях.

Экспериментальный метод выбран с целью оценки воздействия минерального шлама и активного ила на почву и растительный мир.

Моделирование технологии комплексной утилизации промышленных отходов выбрано, как наиболее удобная и рациональная модель консолидации полученной информации.

Научная новизна исследования:

Рассмотрены применяющиеся в настоящее время схемы утилизации строительных отходов и минеральных шламов, а так же представленное на рынке перерабатывающей техники технологическое оборудование.

Разработана технология комплексной утилизации техногенных продуктов (промышленных отходов) производства ПАО «ТООЗ» путем

преобразования во вторичное сырье, предназначенное для рекультивации полигона Тимофеевский.

Выявленные в настоящее время способы утилизации промышленных отходов, получившие практическое применение, не предусматривают их комплексной утилизации.

В большинстве своем предлагаемые методы трудоемки и представляют самостоятельные процессы, как правило, дорогостоящие, по каждому направлению отходов отдельно.

В ходе исследования теоретического материала свидетельств существования технологий комплексной утилизации отходов различных направлений (строительные отходы, минеральный шлам и отходы очистных сооружений (активный ил и сырой осадок)) не обнаружено.

Минеральные шламы водоподготовки не применяются ни в одном из регионов страны в качестве рекультивационного материала.

Спроектированная технология комплексной утилизации, позволяет не просто освободить полезные территории и улучшить экологическую обстановку на предприятии, а значительно уменьшить оборот промышленных отходов накапливаемых на предприятии путем рециклинга с экологическим эффектом.

Определено что данная технология утилизации промышленных отходов наиболее экологичная и требует меньше всего финансовых затрат на модернизацию имеющегося парка оборудования для переработки отходов во вторичное сырье. В данном случае минеральный шлам и активный ил не нуждаются в дополнительной обработке, в летнее время года можно грузить напрямую с иловых карт и шламонакопителя в самосвал и транспортировать на полигон.

Теоретическая значимость работы:

Заключается в том, что на основе анализа проведенных исследований, выявленные применяющиеся в настоящее время технологии утилизации промышленных отходов не предусматривают их комплексное применение.

Существующая практика предлагает утилизировать отходы производства по каждому направлению в частности, что несет большие финансовые затраты на модернизацию парка оборудования.

На основе полученных в ходе экспериментальных исследований данных, разработана комплексная технология утилизации промышленных отходов, путем перевода их в техногенные продукты с целью дальнейшего использования в технологии рекультивации полигона поселка Тимофеевский. В настоящее время комплексное использование техногенных продуктов в качестве рекультивационных материалов не применяется.

Определено, что комплексное использование техногенных продуктов позволит решить задачи одновременно в нескольких направлениях:

1. по охране окружающей среды, освобождая полезные территории, занимаемые шламонакопителем, минимизируя вредные выбросы в окружающую среду и повышая экологическую обстановку на предприятии.

2. экономии промышленных и природных ресурсов, покрывая потребность сельскохозяйственных, строительных и пр. отраслей в сырье.

3. снижение удельных затрат на единицу продукции, снижение непроизводительных расходов производства (затраты на складирование отходов, утилизацию, эксплуатацию хранилищ и пр.).

Большое количество предприятий различных отраслей промышленности, имеющих общие схемы нейтрализации стоков и химической подготовки воды, сталкиваются с проблемой утилизации шламовых и строительных отходов.

Поэтому данное направление имеет большое ресурсосберегающее и рационализаторское значение, экологическую целесообразность в виде снижения уровня загрязнения окружающей среды, снижения платежей природоохранным органам за размещение и хранение отходов.

Положения, выносимые на защиту:

- экологическая обстановка на ПАО «ТОАЗ», анализ ситуации с большим накоплением промышленных отходов на территории предприятия.

- минеральные шламы ПАО «ТОАЗ» и перспективные направления утилизации, достоинства и недостатки вовлечения минеральных шламов в технологию рекультивации полигона;
- строительные отходы ПАО «ТОАЗ» и вовлечение их в комплексную технологию рекультивации обработанных земель;
- исследование процесса образования и изучение физико-химических свойств отходов производства ПАО «ТОАЗ», анализ возможности их использования в рекультивационных целях.
- результаты экспериментальной апробации по воздействию техногенных продуктов на растительный мир;
- технология рекультивации полигона Тимофеевский и интегрирование в нее техногенных продуктов предприятия для восстановления обработанных земель.

Степень достоверности и апробация результатов:

Достоверность результатов магистерской работы подтверждается достаточным количеством наблюдений и исследований, которые соответствуют поставленным в работе целям и задачам. По итогам работы сформулированы выводы и рекомендации.

Список работ, опубликованных автором по теме диссертации:

В ходе написания магистерской диссертации опубликованы следующие статьи:

1. Сычева, Т.С. Перспективные направления использования промышленных отходов/ Т.С. Сычева, А.В. Щипанов// Журн. Colloguium-journal. – 2019. - №35. – С. 65-69.

2. Сычева, Т.С. Перспективные направления деятельности «АКОМ ИНВЕСТ» по утилизации отработанного электролита в рамках повышения экологической обстановки на территории РФ/ Т.С. Сычева// Тез.докл. 2-й нац. НПК молодых ученых, специалистов «Техносферная безопасность», Тольятти, 19 апр. 2019.

Структура работы: Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения и списка использованной литературы. Основная часть исследования изложена на 104 страницах, текст иллюстрирован 5 таблицами, 10 рисунками.

1 Перспективные направления использования отходов производства ПАО «ТООЗ» в технологии рекультивации отработанных земель в г. Тольятти

1.1 Город Тольятти и Публичное акционерное общество «Тольяттиазот». Общие проблемы и пути решения

Город Тольятти расположен в Самарской области России, на левом берегу Волги напротив Жигулей. Население: 710 567 чел., самый крупный город России, не являющийся центром субъекта федерации. Крупный центр автомобильной («АвтоВАЗ», «GM-АвтоВАЗ») и химической промышленности («Тольяттиазот», «Куйбышевазот», «Тольяттикаучук»).

Как и во многих промышленных центрах экологическая ситуация в городе весьма напряжённая. Ежегодно на крупных предприятиях города образуется 1,5 тонны твёрдых бытовых отходов на каждого горожанина. Бытовые отходы в городе составляют 0,65 м³ на человека, что выше общероссийской цифры в 0,47 м³. Часть мусора подвергается переработке. Функционирующий в городе единственный в области завод по переработке твёрдых бытовых отходов реализует переработку до 50 % производимого городом мусора, оставшаяся часть складировается на полигонах ТБО и несанкционированных свалках.

Полигон твердых бытовых отходов «Тимофеевский» расположен в Центральном районе города в полутора километрах от села Тимофеевка Ставропольского района. По мере исчерпания своего ресурса он должен быть подвергнут рекультивации. Рекультивация земель полигона, это целый ряд поэтапных мероприятий, направленных на возрождение ценности земельных угодий для дальнейшего хозяйственного использования, улучшение условий окружающей среды и экологической обстановки в целом.

«Тольяттиазот» это единственное в мире химическое предприятие, имеющее возможность ежегодно производить около 3-х миллионов тонн

аммиака. Основная производственная деятельность предприятия представлена выпуском: аммиака, карбамида, карбамидоформальдегидного концентрата (КФК), жидкой углекислоты, аммиачной воды. На промышленной площадке завода имеется 7 агрегатов аммиака, 2 агрегата карбамида, мощностью по 480 тыс. тонн в год [10].

Деятельность ПАО «ТОВАЗ» сопровождается образованием разного и большого количества отходов.

Утилизация твердых бытовых и промышленных отходов в настоящее время является проблемой для города и предприятия в целом.

Под утилизацией отходов мы будем рассматривать комплексную переработку с целью получения продукции, в результате которой побочные продукты одних производств будут являться исходными материалами других.

1.2 Полигоны твердых бытовых отходов. Общие сведения, требования к закрытию, рекультивации и рекультивационным материалам

1.2.1 Общие сведения о полигонах

Полигоны, представляют собой специальные сооружения, предназначенные для изоляции и обезвреживания ТБО, гарантирующие санитарно-эпидемиологическую безопасность населения.

На полигоны твердых бытовых отходов принимаются [11]:

- Отходы из жилых домов, общественных зданий и учреждений, предприятий торговли, общественного питания, уличный, садово-парковый смет, строительный мусор и некоторые виды твердых промышленных отходов 3 - 4 класса опасности, а также неопасные отходы, класс которых устанавливается экспериментальными методами. Список таких отходов согласовывается с центром госсанэпиднадзора в территории (далее территориальным ЦГСЭН).

- Твердые отходы лечебно-профилактических учреждений в соответствии с правилами сбора, хранения и удаления отходов лечебно-профилактических учреждений.

Прием трупов павших животных, конфискатов боев мясокомбинатов на полигоны твердых бытовых отходов не допускается.

Устройство полигонов ТБО должно осуществляться в соответствии с установленным порядком по проектированию, эксплуатации и рекультивации полигонов для ТБО [11].

Для предотвращения попадания загрязнений в водоносный горизонт и грунты предусматривается гидроизоляция дна и стен ложа полигона уплотненными глинистыми, грунтобитумно-бетонными, асфальтобетонными, асфальтополимербетонными и другими материалами, имеющими санитарно-эпидемиологическое заключение. Могут использоваться геотекстиль и продукция из аналогичных материалов для выполнения одной или нескольких функций полигона, включая фильтрацию, разделение, армирование и защиту [12].

Закрытие полигона производится по мере исчерпания его ресурсов после отсыпки на предусмотренную высоту.

Последний слой отходов перед закрытием полигона перекрывается окончательным изолирующим слоем грунта. В целях защиты от выветривания или смыва грунта с откосов полигона должно предусматриваться их озеленение в виде террас по завершению укладки наружного изолирующего слоя. Выбор видов деревьев и кустарников должен определяться условиями местности [11].

1.2.2 Требования к закрытию и рекультивации полигонов

Закрытие полигона по захоронению отходов, согласно ГОСТ Р 56598-2015 допускается только после получения разрешения компетентного органа государственной власти. Полигон по захоронению отходов

рассматривается как закрытый после того, как должностные лица соответствующего органа государственной власти выполнят заключительный осмотр на местности, оценят всю информацию, предоставленную владельцем полигона, и проинформируют его об одобрении закрытия полигона. После закрытия полигона владелец полигона должен осуществить рекультивацию территории и обеспечить мониторинг выбросов свалочного газа и фильтрата [13].

Рекультивация полигонов включает комплекс природоохранных и инженерно-технических мероприятий, которые направлены на восстановление обработанных земель, занятых под полигон, в целях дальнейшего их применения. Рекультивацию обработанных земель полигона осуществляет организация, которая эксплуатирует полигон, на основании предварительно полученного разрешения на проведение работ от соответствующего органа государственной власти с непосредственным участием предприятия, реализующего дальнейшее использование земель.

Рекультивация полигонов выполняется в два этапа: инженерно-технический и биологический. Инженерно-технический этап рекультивации заключается в разработке технологических и строительных мероприятий, решений и конструкций по устройству защитных экранов основания и поверхности полигона, сбору и утилизации биогаза, сбору и обработке фильтрата и поверхностных сточных вод. Биологический этап рекультивации предусматривает агротехнические и фитомелиоративные мероприятия, направленные на восстановление нарушенных земель.

1.2.3 Гигиенические требования к отходам, используемым при рекультивации карьеров

Отработанные карьеры, представляют собой сборники загрязненных ливневых вод и стоков. В целях приведения таких территории в состояние,

пригодное для хозяйственного использования, осуществляется ее рекультивация.

Согласно Санитарным правилам СП 2.1.7.1038-01 разрешается засыпка карьеров и других искусственно созданных полостей с использованием промышленных отходов и ТБО относящихся к 3 - 4 классу опасности [11]. В случае применения любых видов отходов предварительно должен быть определен их морфологический и физико-химический состав. Основание под размещение отходов не должно противоречить требованиям установленного порядка по проектированию, эксплуатации и рекультивации полигонов для ТБО. В качестве изолирующего материала допускается использование строительных отходов, битого кирпича, шлаков, мела, извести, штукатурки, древесины, бетона, стеклобоя, керамической плитки, гипса и др.

1.3 Отходы и побочные продукты ПАО «ТОАЗ». Основные характеристики и существующие пути утилизации

1.3.1 Минеральные шламы ПАО «ТОАЗ». Общая информация

Источником образования большого количества минеральных шламов является применяемая на предприятии технология химводоподготовки, а именно процесс очистки водой методом коагуляции с известкованием, с использованием в качестве коагулянта железного купороса.

В результате деятельности предприятия образуются два вида минеральных шламов.

Шлам коагуляции и известкования образуется в процессе осветления воды методом коагуляции совместно с известкованием. Основные компоненты представлены смесью карбоната кальция, гидроксидов кальция, магния, соединений железа.

Шлам приготовления известкового образуется в процессе приготовления известкового молока. По химическому составу представляет собой - известковое молоко с включением механических примесей,

непогасившихся зерен, а также гидроксиды кальция и магния, карбонат кальция, которые, образуются при взаимодействии с речной водой и известью.

Данные отходы складировются на шламонакопителе.

По данным предприятия объемы образования минеральных шламов составляют:

- шлам коагуляции с известкованием (шлам карбонатный) - 1400 тонн в год. Очистка барьерных емкостей и вывоз шлама на шламонакопитель производится 1 раз в 2-3 года.

- шлам приготовления известкового молока (шлам известковый) - 270 кг в сутки (98,55 т/год). Перекачка на шламонакопитель осуществляется периодически, несколько раз в течение суток.

Накоплено в шламонакопителе:

- шлам коагуляции с известкованием - 145 000 м³ (188 500 т);

- шлам приготовления известкового молока - 5 000 м³ (7500 т).

Для предприятия большую проблему представляет не столько образующиеся шламы, сколько их накопленный уровень в шламонакопителе. Визуальный осмотр показывает, что свободная емкость шламонакопителя заканчивается, наблюдается довольно высокий уровень шлама. Полезный объем шламонакопителя по паспортным данным составляет 205 000 м³.

1.3.2 Современные методы утилизации минеральных шламов. Достоинства и недостатки

а) Получение извести из известковых шламов

Имеющийся зарубежный и отечественный опыт свидетельствует о возможности получения из известьсодержащих шламов качественной извести.

В США имеются функционирующие установки по регенерации извести из известкового шлама. Как показывает опыт зарубежных коллег,

технология экономически оправдана только при узких условиях, когда доля карбоната кальция в шламе, подаваемом в печь, не менее 90%, а влажность не более 30%.

В современном мире, помимо установок регенерации, существуют схемы комплексного подхода регенерации извести из известьесодержащих шламов. Они представляют собой различное сочетание физических и химических процессов - флотации, сепарации, дегазации, отстаивания, кондиционирования, обезвоживания, уплотнения и осушки. Согласно данной технологии, для извлечения полезных компонентов, полученные продукты сжигаются и отправляются на дополнительную переработку. Данный процесс представляет замкнутый цикл переработки шлама.

К достоинствам методов обжига шламов с целью получения извести можно отнести:

- получение извести из минеральных шламов, как наиболее органичный и логичный метод использования природных ресурсов;
- получение товарной извести с параллельным снижением объемов накопления минеральных шламов и экономией на покупке свежей извести.

К недостаткам:

- необходимость организации дополнительной технологической линии обработки минерального шлама, соответственно увеличение капитальных вложений и расходов на поддержание работоспособности печи (топливо);
- обеспечение бесперебойной работы установки обжига, соответственно необходимость в подачи минерального шлама с постоянным расходом (от 20 т/час);
- появление дополнительного источника выделения загрязняющих веществ от установки обжига;
- наличие трудностей, связанных с накоплением соединений магния в обожженном шламе, которые ухудшают свойства получаемого продукта.

б) Использование минеральных шламов в строительной отрасли

В современном мире разработан ряд технологических приемов, который позволяет изменять структуру и свойства цементных композитов.

Так добавление тонкомолотого известняка способствует снижению водопотребности, водоотделения и расслаиваемости смеси, повышению их водоудерживающей способности, пластичности и однородности. Наполнители совместно с цементом участвуют в формировании микроструктуры матричной основы и контактных зон композита [14].

Цементная матрица с наполнителем обладает уникальными преимуществами:

- во-первых система способна устранять внутренние дефекты - микротрещины и капиллярные поры;
- во-вторых, такая система способна снижать концентрацию напряжений, уменьшая их количество и размеры.

Наполнители главным образом применяются для улучшения свойств материалов прочности и деформативности.

На предприятиях ежегодно образуется огромное количество коллоидных осадков и минеральных шламов, использование которых в качестве микронаполнителей и химических модификаторов весьма ограничено.

По химическим свойствам минеральные шламы имеют достаточно стабильный состав и обладают высокой дисперсностью, что позволяет рассматривать их применение в качестве добавки к цементным материалам. Тем не менее, в современной практике опыт использования шламов в строительстве весьма ограничен.

Процессы твердения и гидратации цементных систем, происходящие при введении добавок, достаточно сложны и нуждаются в дополнительных исследованиях.

В работках Л.Б. Сватовской и М.М. Сычева высказана идея управления процессами гидратации путем воздействия на ионную и электронную структуры поверхности с помощью веществ, способных

поставлять в систему ионы, необходимые для химического модифицирования (ионосорбции) поверхности цементных минералов, и одновременно воздействующих на электронные характеристики поверхности [15]. Предполагается, что вещества - акцепторы электронов, в том числе и ионы водорода, могут активировать поверхность, принимая участие в элементарных стадиях реакций с переносом заряда от поверхности, а вещества - доноры электронов способны гасить активность поверхности. Гидроксилирование поверхности твердых веществ, наполнителей цементных систем, являющихся в растворных и бетонных смесях не только наполнителем, но и активным компонентом системы, существенно оказывает влияние на формирование активных центров [15].

В работе Талпа Б.В. рассматривается возможность применения карбонатных материалов и отходов ТЭЦ в производстве безобжиговых стеновых материалов. Разработана технология обезвоживания и грануляции отходов, что позволяет использовать их в качестве готового сырья при производстве гиперпрессованных изделий [16].

В работе Дергунова С.А., Рубцовой В.Н. исследована возможность применения шлама водоумягчения в цементно-песчаных растворах. Добавление шлама в вяжущую систему позволяет изменять комплекс ее структурно-механических свойств: регулировать вязкость, снижать усадку, замедлять схватывание и т.д. Высокая пористость и ее однородность предполагает использование шламов в составах легких растворов [17].

В работе Пичугин А.П. и Терешина В.Н. предложено использовать жидкие отходы и нейтрализованные шламы химико-фармацевтической и стекольной промышленности в качестве сырьевой базы для получения добавок в бетон. Разработан ряд эффективных ускоряющих и противоморозных комплексных модификаторов, и активных наполнителей цементных композиций [18].

В работе Тараканова О.В. приведены возможные пути использования минеральных шламов и солей предприятий химико-фармацевтической,

стекольной, машиностроительной и других отраслей промышленности в качестве эффективных добавок-ускорителей твердения и повышающих прочность цементных бетонов, а также в производстве шлако-щелочных бетонов [19].

Обобщая вышесказанное можно выделить наиболее перспективную для дальнейшего использования категорию шламов, в состав которых входят растворимые соли натрия, кальция и калия (хлориды, сульфаты, нитриты, нитраты и т.д.).

Данные соединения обладают способностью повышать гидратационную активность вяжущего и увеличивать поляризационную способность молекул воды, которая в свою очередь определяет силу коагуляционно-кристаллизационных контактов.

Таким образом, формируется две очевидных причины, объясняющие целесообразность применения минеральных шламов в качестве наполнителей:

1. высокая удельная поверхность шламов обеспечивает уплотнение цементных материалов, что в свою очередь способствует сближению частиц и формированию прочной контактной зоны и, в целом структуры твердения;
2. химические соединения ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, CaF_2 , CaCO_3 , $\text{Ca}(\text{OH})_2$, а также растворимые соли кальция, калия, натрия и др.) позволяют воздействовать направленно на процесс активации гидратации и твердения цементных систем с учетом структуры, характера и особенностей формирования гидратных фаз в присутствии подобных соединений.

Минеральные шламы обладают комплексом физических и химических свойств:

- имеют определенный потенциал ионизации;
- проявляют высокую поверхностную активность;
- обладают высокой адсорбционной способностью.

Анализ технической литературы показал, что техногенные шламы могут применяться не только в качестве наполнители цементных систем, но и как активаторы поверхности.

К примеру, в работе Кореньковой С.Ф. и Макридова Г.В. показано, что активация поверхности кварцевого песка карбонатным шламом в количестве 5-10% позволяет повысить прочность газобетона на 30-40% [20].

Резюмируя, основные направления использования минеральных шламов в производстве строительных материалов можно выделить следующие направления:

- штукатурные и кладочные растворы (карбонатный и известковый шламы);
- бетонные и железобетонные изделия в конструкциях в качестве минеральной добавки-активатора твердения и улучшения пластичности бетонных смесей (карбонатный шлам);
- сухие строительные смеси различного назначения на основе цемента (карбонатный и известковый шламы в сухом тонкодисперсном состоянии);
- отделочные материалы: вододисперсионные окрасочные составы, шпатлёвки, затирки, выравнивающие основы (карбонатный и известковый шламы);
- в производстве керамического кирпича в качестве наполнителя (карбонатный шлам);
- композиционные вяжущие вещества на основе цемента и гипса (карбонатный шлам);
- органоминеральные теплоизоляционные материалы (карбонатный и известковый шламы) известковый шлам используется в качестве антисептика и для защиты от грызунов;
- для ликвидации разливов нефтепродуктов в качестве сыпучих минеральных порошков (нефть, мазут) (известковый шлам);
- минерально-карбонатные материалы на основе органических связующих (карбонатный шлам);

- в качестве микронаполнителя в производстве пенобетона (карбонатный шлам);
- в производстве асфальтобетона и асфальтовых мастик в качестве минерального тонкодисперсного микронаполнителя (карбонатный шлам);
- в производстве безрулонных, мастичных, кровельных материалов в качестве наполнителя (карбонатный и известковый шламы);
- в качестве известково-кремнеземистых вяжущих материалов (известковый шлам).

К достоинствам использования минеральных шламов в строительной отрасли можно отнести:

- наличие необходимых неорганических действующих веществ, которые возможно использовать в строительстве;
- стабильный химический состав и физические свойства;
- высокая дисперсность;
- наличие в крупных городах строительных предприятий - потенциальных потребителей;
- наличие реального опыта использования минерального шлама стадии водоподготовки в качестве добавки в штукатурочные смеси, теплоизоляционные и отделочные материалы;
- низкая цена минерального шлама;
- отсутствие необходимости использовать сложное и дорогостоящее оборудование.

К недостаткам:

- необходимость проведения дополнительных работ связанных с отработкой рецептур, проведением прочностных и пр. испытаний, разработки технических условий, применительно к минеральному шламу, образуемому на конкретном предприятии.

в) Применение минеральных шламов в производстве полимерных композитов

В современном мире опробована технология применения шламов водоподготовки в качестве добавок к резинам и резинотехническим изделиям.

Поиски новых технологий производства полимерных материалов были вызваны стремлением использовать в качестве исходного сырья новые и дешевые наполнители. Изначально основным способом получения резины было механическое смешивание наполнителя и полимерной основы. В процессе развития данного направления был разработан более совершенный метод химических полимеризационных прививок.

На текущий момент, в процессы получения резины полностью вовлечены все наполнители природного происхождения. Поэтому замена природных наполнителей минеральными шламами, является перспективным направлением.

Проблема взаимодействия наполнителя и полимера до конца не изучена, она настолько многогранна, что полимерные матрицы, по-видимому, все в большей степени будут синтезироваться специально для того или иного наполнителя, а также для их комбинаций [21].

Как показал анализ литературы, за последние десятилетия исследован и изучен широкий спектр потенциальных наполнителей для резин и появление новых наполнителей - явление достаточно редкое.

По своему химическому составу известковый шлам и шлам водоподготовки близок к химическому составу мела.

В работе Волженского А.В. описаны характеристики новой марки мела, выпускаемой в США. В этом наполнителе распределение частиц по размерам подобрано таким образом, чтобы увеличить плотность их упаковки. Теоретически этот вопрос исследован давно, но на практике выводы из теории плотной упаковки полидисперсных частиц используются редко. Новая марка наполнителя позволяет получать желаемые физико-химические свойства при наполнении (50-60% массовых единиц) [22].

Самым экономичным материалом, широко применяемым в современной практике, является мел, известны десятки сортов, используемые в качестве наполнителей.

За рубежом регулярно можно встретить публикации о свойствах промышленно выпускаемых минеральных наполнителей. В качестве примера можно привести работу Edwina P. Plueddemanna, в которой наряду с промышленными марками мела используют тальк, слюду [1]. Установлено, что минеральные наполнители обладают высокой по сравнению с полимерами плотностью (2,4 - 3,5 т/м³). Резины, полученные на их основе, становятся тяжелее на 30-40%. Около 80% мирового рынка наполнителей занимают минеральные наполнители. Ведущее место представляют карбонаты. На втором месте глиноземы. Впервые в технологии резин начали использовать минеральные наполнители в 1925 г. [2].

г) Использование шлама водоподготовки в качестве минерального удобрения

Химический состав известь содержащего шлама позволяет использовать его так же в качестве минерального удобрения.

В основе шлама лежат соединения кальция, в виде оксида кальция, гидроксида кальция и карбоната кальция. Водная среда шлама имеет, как правило, щелочную среду.

Шлам, может применяться для нейтрализации кислых почв (в технологии этот процесс называется подщелачиванием).

Во многих регионах встречаются огромные территории кислых почв, которые ежегодно растут и повышают свою степень кислотности.

Главными причинами повышения кислотности почв являются: ненаучное масштабное внесение минеральных кислых удобрений (не сопровождающееся необходимым подщелачиванием) и выпадение кислых и даже сильнокислых дождевых осадков с pH=4-4,5, содержащих серную и азотную кислоты (характерных для многих промышленных районов).

Повышенная кислотность почв провоцирует нежелательные процессы подзоливания, которые неблагоприятно сказываются на развитии культурных растений. Для борьбы с подзоливанием в сельском хозяйстве применяется подщелачивание.

Минеральные шламы водоподготовки для этих целей в настоящее время не применяются. Подщелачивание, осуществляют традиционным способом, путем известкования почвы.

К достоинствам метода использования минеральных шламов водоподготовки в качестве минерального удобрения можно отнести:

- сравнительно низкую стоимость исходного продукта;
- отсутствие необходимости в сложном и дорогостоящем оборудовании для сушки и обработки шлама;
- потенциально высокую потребность сельскохозяйственных предприятий в реагенте, позволяющем снизить кислотность почв и нормализовать ее состав.

К недостаткам:

- необходимость проведения дополнительных исследований возможности использования шлама конкретного предприятия для конкретных почв;
- необходимость поиска сельскохозяйственных угодий, испытывающих потребность в снижении кислотности почв;
- необходимость в тщательном контроле состава минерального шлама, предназначенного для подщелачивания, а также наличия в нем загрязняющих веществ.

д) Адсорбционно-биологическая очистка сточных вод с применением минерального шлама водоподготовки

На базе Казанского государственного экологического университета проводились исследования по возможности использования минеральных шламов при очистке сточных вод. В качестве изучаемого материала использовался шлам водоподготовки Казанской ТЭЦ-1.

Шлам отход процесса известкования и коагуляции речной воды.

Химический состав представлен преимущественно карбонатом кальция. Изучаемый шлам Казанской ТЭЦ-1 содержал органические вещества - 12% от общей массы образца, которые выявлены методом газовой хроматомасс-спектрометрии. Масс-спектр показал наличие типовых функциональных групп гуминовых веществ -ОН, -NH, -CH₃, -CH₂, ароматических С=С - связей, С-О - карбоксильных групп и ОН- спиртовых групп.

Для исследования биосорбционной очистки сточных вод был проведен модельный эксперимент на реальных сточных водах КЗСК, в котором использовали опытную установку, воспроизводящую работу аэротенков и вторичных отстойников. Параллельно проводились исследования биологической очистки сточных вод активным илом в контрольной установке. Сточные воды первой группы подавались на модельный аэротенк, в который дозировался высушенный карбонатный шлам постоянного состава влажностью 3%.

В процессе исследований изучалась зависимость концентрации фосфатинов, аммонийного азота, биологического потребления кислорода (БПК₅) и химического потребления кислорода (ХПК) от концентрации введенного шлама.

Эксперимент показал, что с увеличением дозы шлама концентрации всех исследуемых примесей снижаются. Максимальному снижению концентрации фосфатинов и ХПК способствовала доза шлама равная 900 мг/дм³, аммонийного азота - 600 мг/дм³, показателя БПК₅ - 700 мг/дм³.

Карбонатный шлам относится к пятому классу опасности, по этой причине очищенные воды контролировались на остаточное содержание общей жесткости, рН, хлорид-ионов, ионов железа и сухого остатка. При дозе шлама 900 мг/дм³ отклонения содержания рН, хлорид-ионов, ионов железа и сухого остатка от нормативов допустимых сбросов (НДС) отсутствуют.

Минеральный шлам представлен в основном карбонатом кальция, поэтому необходимо проводить измерение общей жесткости, которая не контролируется на БОС КЗСК. При сравнении измеренного значения в осветленной воде с существующим нормативом ПДК для питьевой воды установлено превышение жесткости в 1,5 раза, в связи с чем, рекомендуемая доза введения минерального шлама составляет 600 мг/дм³. Данная доза шлама снизила концентрацию фосфатинов в среднем на 72%, аммонийного азота на 94%, значения БПК₅ на 98%, ХПК на 91%.

Современные методы интенсификации биологической очистки сточных вод несут в себе огромную ценность. Адсорбционно-биологические процессы являются уникальными в своем роде, так как хорошо сочетают преимущества физико-химических и биологических методов очистки стоков повышая при этом степень очистки.

При адсорбционно-биологической очистке протекает целый ряд взаимосвязанных процессов:

- адсорбция загрязняющих веществ поверхностью сорбционного материала;
- развитие биопленки;
- адгезионно-сорбционное изъятие загрязнений биопленкой;
- электростатическое взаимодействие поверхности с примесями;
- диффузия загрязнений внутри биопленки;
- биохимическое окисление загрязняющих веществ микроорганизмами, закрепленными на поверхности сорбционного материала;
- отторжение биопленки от поверхности сорбционного материала.

Из выше сказанного следует, что интенсификация очистки сточных вод вызвана происходящей на поверхности шлама сорбцией с последующим образованием биопленки. Накопленный опыт свидетельствует о том, что процесс адсорбционно-биологической очистки загрязнений шламом

протекает с большей эффективностью за более короткий промежуток времени, чем процесс биохимической очистки сточных вод.

К достоинствам метода использования минерального шлама в технологии очистки сточных вод можно отнести:

- низкую стоимость минерального шлама;
- возможность использования шлама на собственных очистных сооружениях предприятия;
- высокую эффективность метода очистки сточных вод с добавлением шлама.

К недостаткам метода:

- необходимость проведения дополнительных исследований и испытания для конкретного шлама применительно к очистным сооружениям предприятия - потребителя шлама;
- необходимость обеспечения и поддержания постоянного состава и влажности минерального шлама за счет организации процессов фильтрации и сушки шлама;
- необходимость незначительного дооборудования существующих очистных сооружений предприятия - потребителя шлама;
- увеличение количества избыточного активного ила.

е) Использование минеральных шламов в качестве рекультивационных материалов и заменителей природных грунтов

Еще одним перспективным направлением, является использование минеральных шламов, в качестве заменителей природных грунтов и рекультивационных материалов.

Необходимым условием использования минеральных шламов для рекультивации является влажность материала, которая должна находиться в диапазоне 50-60%. Данная влажность позволяет снизить объем шлама и улучшает его структуру.

На базе Самарского государственного технического университета и ООО «Адмир Евразия» предложена технология производства

рекультивационных материалов на основе шламов, представляющая альтернативу традиционным методам их обработки и утилизации [23]. Разработанная технология включает трехступенчатое обезвоживание шламов с использованием системы геотканых контейнеров, их компаундирование в смеси с упрочняющими добавками на основе мелкодисперсных отходов предприятий теплоэнергетического комплекса (золошлаками ТЭЦ, сажевыми остатками, измельченным шамотным боем) и дополнительное штабелирование для консолидации состава получаемого техногенного грунта.

Накопленный на сегодняшний день опыт в мировой практике, свидетельствует о том, что свойства полученных техногенных продуктов в большинстве своем схожи со свойствами природных грунтов, если речь идет о дальнейшем применении его в качестве заменителя грунта.

Техногенный продукт, возможно, использовать в следующих направлениях: для вертикальной планировки территории; для технического экранирования полигонов; в качестве заменителей почвогрунтов (при соответствующем обогащении биогенными элементами); для заполнителей котлованов и траншей.

Достоинствами способа применения шламов для рекультивации являются:

- низкая стоимость минерального шлама;
- большие площади техногенно-нарушенных территорий, требующие рекультивации;
- отсутствие значительных затрат на строительство цехов обезвоживания и сушки шлама;
- экономия средств предприятия на покупку грунтов для собственных нужд.

Недостатками метода:

- необходимость строгого контроля над технологическим процессом образования минеральных шламов;

- необходимость строгого контроля за химическим составом и наличием загрязняющих веществ в шламе;

- необходимость разработки и согласования проектов рекультивации с учетом возможности применения минеральных шламов.

1.3.3 Минеральные шламы ПАО «ТОАЗ». Перспективы развития использования в качестве рекультивационного материала

Перспективным направлением утилизации минеральных шламов химводоподготовки, является их использование в качестве рекультивационных материалов и заменителей природных грунтов [23].

Необходимыми условиям использования минеральных шламов для рекультивации является влажность материала, которая должна находиться в диапазоне 50-60%. Данный диапазон влажности позволяет снизить объем шлама и улучшить его структуру.

Рекультивационные материалы на основе шламов, возможно использовать: для вертикальной планировки территории; для технического экранирования полигонов; в качестве заменителей почвогрунтов (при соответствующем обогащении биогенными элементами); для заполнения котлованов и траншей.

К достоинствам применения шламов можно отнести:

- отсутствие затрат на себестоимость (шлам - побочный продукт производства);

- большие площади техногенно-нарушенных территорий, требующих рекультивации;

- отсутствие значительных затрат на строительство цехов обезвоживания и сушки шлама;

- экономия средств предприятия на утилизацию шлама, а владельцев полигонов на покупку грунтов для проведения рекультивационных работ.

К недостаткам метода относиться:

- необходимость строгого контроля за химическим составом и наличием загрязняющих веществ в шламе;

- необходимость разработки и согласования проектов рекультивации с учетом возможности применения минеральных шламов.

1.3.4 Осадок сточных вод и активный ил. Прогнозные предположения в использовании

В ходе данной работы исследуется возможность использования в технологии рекультивации сырого осадка сточных вод предприятия.

В процессе очистки сточных вод в качестве полупродукта образуется так называемый свежий осадок, состоящий из сырого осадка и избыточного ила. Свежий осадок состоит на 20-30 % из минеральных и на 70-80 % из органических веществ, значительно разбавленных водой. Он плохо отдает воду, обладает неприятным запахом, легко поддается загниванию, содержит большое количество микробов и яйца гельминтов. Для уничтожения этих свойств его подвергают аэробной стабилизации. Аэробная стабилизация основана на самоокислении свежего осадка в присутствии кислорода воздуха в аэробном стабилизаторе.

Уплотненный сырой осадок из первичных отстойников и избыточный активный ил из приемной камеры иловой насосной станции, сброженными сбрасываются на иловые площадки, туда же складировается обезвоженный осадок из отделения центрифугирования.

Иловые площадки являются накопителем отходов 4 класса опасности для их складирования, обезвоживания путем естественного подсушивания и временного хранения. Располагаются на территории биологических очистных сооружений цеха ПАО «ТОАЗ».

При правильном подходе активный ил может служить отличным удобрением для верхнего слоя технологии рекультивации полигонов.

1.3.5 Современные методы утилизации строительных отходов. Перспективы использования строительных отходов ПАО «ТОАЗ»

Строительные отходы образуются в результате проведения реконструкции, ремонтных и строительных работ. Основные компоненты мусора строительного от разборки зданий представляют собой: отходы кирпича и бетона в виде готовых изделий потерявших потребительские свойства; древесные отходы; отходы стекла; отходы полимеров.

В настоящее время, существуют отработанные методы переработки строительных отходов, путем дробления и получения вторичного щебня.

Щебень, полученный из бетона, может использовать вместо обычного щебня: для отсыпки площадок и дорог; при строительстве фундаментов; в ландшафтных работах.

Переработку строительных отходов, как правило, ведут на дробильно-сортировочном оборудовании. Процесс дробления и сортировки представлен комплексом технологических операций формируемых под индивидуальные потребности.

В комплекс обычно включается: приемка исходного техногенного продукта; предварительная подготовка (при необходимости); предварительная сортировка (при необходимости); дробление; перемещение на участок складирования или на последующее грохочение; грохочение (при необходимости); извлечение металлических включений (при необходимости).

Дробильно-сортировочное оборудование бывает двух видов: стационарное в виде технологических линий; мобильное в виде агрегатов на шасси. Получаемый в процессе переработки отходов бетона щебень является наиболее простым продуктом с точки зрения его получения, и точки зрения его дальнейшего использования из всех отходов строительства. К вопросам переработки других отходов требуется более

тщательный подход, так как требования к продуктам переработки, и соответственно, к технологическому обеспечению более высокие.

В настоящее время вторичный щебень используется:

- при строительстве дорог, пешеходных дорожек, тротуаров;
- в качестве сырья для строительных материалов, в том числе как наполнитель для бетонов классом до В25 (в данном случае необходимо проведение дополнительных исследований конкретного вторичного щебня в строительных лабораториях);
- для замены грунта при засыпке;
- под фундаментное основание;
- в ландшафтной архитектуре.

Наиболее мощным и экономически оправданным рынком сбыта вторичного сырья согласно установившейся практике в РФ является строительная отрасль. Вместе с тем, к конструкциям и материалам стали устанавливаться все более жесткие требования по качеству, эксплуатационным свойствам и долговечности. Рассматривая использование техногенных продуктов в данной области, стоит принять во внимание многокомпонентность и неоднородность систем. Такие свойства могут привести к изменчивости основных физических, механических и технологических свойств строительных материалов. В связи с этим использование техногенного сырья предприятия в строительстве вызывает определенные сложности, требующие дополнительных исследований.

На рынке большим спросом пользуется щебень фракций 5-20 мм, реже 5-15 мм, применяемый в производстве асфальта, бетона и железобетонных конструкций. Положительный момент использования вторичного щебня в производстве железобетонных изделий выражается в снижении расхода цемента.

Щебень фракций 20-40 мм, 20-65 мм, 25-60 мм, 40-70 мм также востребован - в строительстве в строительстве зданий при закладке фундамента, ремонте железнодорожных насыпей, подушек автомобильных

дорог. Можно использовать щебень под основания площадок (например, под гаражи), в качестве подсыпки пешеходных дорожек, временных дорог.

Исследования МГСУ подтверждают возможность использования щебня из бетона в технологии бетонов для сборных бетонных и железобетонных изделий массового применения и монолитного домостроения. Наиболее целесообразным является использование щебня из бетона в смеси с природным крупным заполнителем и в малощебеночных бетонах [8].

Количество отходов, образующееся при демонтажных и строительных работах предприятия, не однородно по годам и зависит от конкретного объема работ по демонтажу, проводимых в течение года. Количество образования отходов бетона и железобетона, образующихся при демонтаже зданий и сооружений не превышало 8000 т/год.

Вторичный щебень, полученный путем переработки строительных отходов, может использоваться как рекультивационный материал. Щебень из бетона незначительно уступает по своим характеристикам природному щебню, главным образом в прочности характеристики. В целом щебень из бетона удовлетворяет требованиям ГОСТ 8267 «Щебень и гравий из плотных горных пород для строительных работ», что показали проведенные группой ученых Московского Государственного Строительного университета (МГСУ) в 1999 г. исследования. На их основе также были разработаны специальные технические условия «Щебень из бетона» (ТУ 5711-001-40296246-99) [8].

В соответствии с Письмом Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации, использование для рекультивации карьерных выемок и искусственно созданных полостей отходов производства и потребления, в том числе отходов, образованных от строительства и сноса зданий, строение и сооружений, допускается при условии, что они не содержат вредные вещества и будет обеспечено отсутствие негативного воздействия на окружающую среду [24].

2 Исследование процесса образования и свойств отходов производства ПАО «ТОАЗ», анализ возможности их использования в рекультивационных целях

2.1 Минеральные шламы ПАО «ТОАЗ». Исследование процесса образования и возможности использования в качестве вторичного сырья

2.1.1 Процесс образования шлама коагуляции и известкования

Осветленную воду для обслуживания технологического оборудования предприятие получает методом реагентной обработки подогретой речной воды. Процессы идут в специальных осветителях. Полученная известково-коагулированная вода в дальнейшем фильтруется на механических фильтрах.

Технология известкования-коагуляции главным образом применяется для удаления свободной угольной кислоты, понижения количества взвешенных, органических, коллоидных и минеральных частиц, удаления нежелательных ионов магния и окислов железа. Более того данная технология позволяет укрупнять образующееся взвеси, что способствует получению более чистого продукта. В полученной воде наблюдается частичное умягчение, снижение щелочности, а также на 30-40% снижение содержания кремнекислоты. С точки зрения химии процесс основывается на кристаллизации и осаждении нежелательных примесей из исходной воды с последующим удалением их в виде осадка.

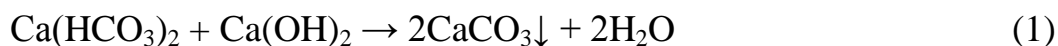
Коагуляция относится к физико-химическим процессам слипания коллоидных частиц с образованием грубодисперсных хлопьев, которые в дальнейшем выпадают в осадок. Коагуляция осуществляется в специальных осветителях, которые представлены в виде сосуда, установленного в вертикальном положении на кольцевой опоре. В данном случае в качестве коагулянта используется железный купорос (семиводный сульфат железа) – $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$.

Речная вода в подогретом состоянии поступает в осветлитель с одновременным дозированием известкового молока и коагулянта. В результате на выходе из аппарата образуется известково-коагулированная вода и шламосодержащий водный поток.

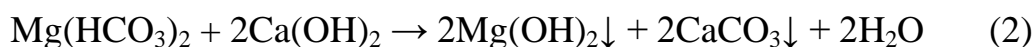
В осветлителе происходит процесс известкования с коагуляцией, преследующий цель снижения концентрации растворенных в воде солей, за счет связывания малорастворимых ионов, подлежащих удалению.

Реакции, протекающие при известковании, выражаются химическими уравнениями (1-6):

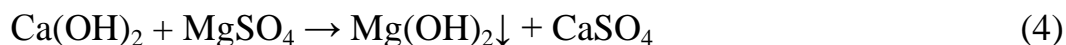
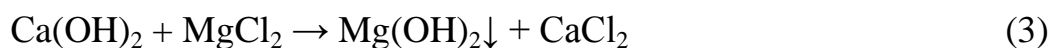
- понижение кальциевой карбонатной жесткости:



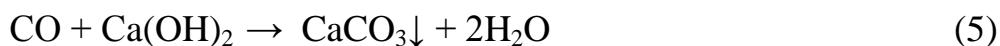
- удаление магниевой карбонатной жесткости:



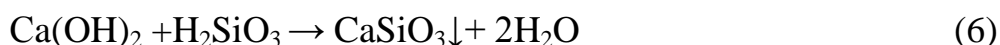
- снижение общей жесткости:



- удаление растворенной углекислоты:



- снижение концентрации кремниевой кислоты:

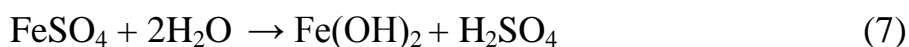


Гидроксид магния ($Mg(OH)_2$) и углекислый кальций ($CaCO_3$), в процессе химических реакций происходящих при известковании, связывая малорастворимую соль $CaSiO_3$, выпадают в осадок. На данной стадии образуется шлам.

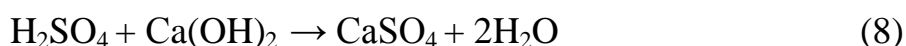
С помощью одного процесса известкования не достичь желаемой степени очистки воды. Для более глубокого удаления тонкодисперсных механических частиц, пребывающих в коллоидном состоянии, предприятие использует коагулянты. В противном случае, в процессе сорбции мелкие взвеси частиц осадков будут вынесены потоком воды из осветлителя на ионообменные фильтры. Осажденные взвеси на фильтрах ухудшают их работоспособность.

В процессе коагуляции протекают химические реакции (7-9):

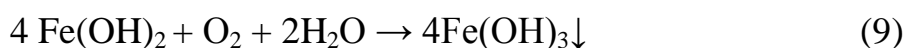
- при смешивании раствора коагулянта с водой начинается процесс гидролиза сернокислого железа



- для правильного ведения реакции гидролиза необходимо соблюдать определенные условия. Образующуюся серную кислоту необходимо нейтрализовать известковым молоком с последующим доведением pH до оптимальной величины (10-10,4)



- оксид железа (II) в процессе окисления растворенным в воде кислородом переходит в малорастворимый гидрат окиси трехвалентного железа



Рыхлые хлопья образуются в воде, в большом количестве, за счет гидрата окиси трехвалентного железа. Данный процесс позволяет удерживать хлопья в толще осветлителя, выполняя функция взвешенного шламового фильтра. Обработанная речная вода, проходя через шламовый фильтр, очищается от взвесей малорастворимых соединений. Фильтр способен не только задерживать образующуюся малорастворимую соль CaSiO_3 , но и сорбировать часть дисперсной и коллоидной кремнекислоты. В результате реакций, происходящих при известковании и сорбции частиц взвесей на шламовом фильтре, происходит его уплотнение. В результате образованные, опускающиеся вниз скопления удаляются через линию периодической продувки.

Удаленный из осветлителя шлам направляется в общезаводскую канализацию, в который поступает минеральный сток с завода, в том числе после установок обессоливания, функционирующих на технологических агрегатах. Емкости, предназначенные для хранения минерального шлама, поступающего вместе со стоком, расположены на территории предприятия.

Сток, содержащий шлам коагуляции и известкования, по системе канализации поступает в барьерные емкости. В барьерных емкостях осуществляется естественное отстаивание сточной воды. Отстоявшийся минеральный шлам осаждается и накапливается в емкостях. Осветленный сток далее поступает на биологические очистные сооружения для дальнейшей очистки. Очистку емкостей осуществляют по мере их заполнения и вывозят автотранспортом на шламонакопитель предприятия.

По сведениям, полученным от предприятия, фактический объем минерального шлама коагуляции с известкованием (шлама карбонатного), накапливаемого в барьерных емкостях составляет 1400 тонн в год. Барьерные емкости подвергаются очистки по мере необходимости 1 раз в 2-3 года.

Количество образующегося шлама приготовления известкового молока (шлам известковый) составляет 270 кг в сутки (98,55 т/год).

2.1.2 Процесс образования шлама приготовления известкового молока

Реакцию процесса гашения и получения известкового молока можно выразить химическим уравнением (10):



При недостаточном обжиге, комовая известь может содержать так называемый «недожог» - это брак извести. Он снижает содержание в ней активной окиси кальция. Куски «недожога» тяжелее и плотнее полностью обожженной извести. «Недожог» не поддается гашению в известегасилке и выводится из нее в виде отхода.

Речная вода и пар, применяемые для подогрева, подаются в известегасилку для понижения температуры. Она в данном процессе способствует замедлению скорости реакции гашения. Далее из склада сырья подается комовая известь. Оптимальный температурный режим гасящейся массы находится в диапазоне 50-60°C. Известегасилка представляет собой вращающийся барабан на катках. Внутри барабана осуществляется перемешивание извести с водой и происходит процесс гашения с образованием известкового молока. Установки гашения извести речной водой подвергаются промывки, в результате которой образуется минеральный шлам. Он отводится по трубопроводу на шламонакопитель. По данным полученным от предприятия расход минерального шлама приготовления известкового молока составляет 270 кг в сутки (98,55 т/год). Перекачка в течение суток осуществляется несколько раз.

2.2 Исследование химического состава и свойств минеральных шламов ПАО «ТОАЗ». Анализ их использования в качестве техногенного сырья

2.2.1 Характеристика минеральных шламов

С момента начала эксплуатации предприятия в шламонакопителе производится накопление минеральных шламов. Источником образования большого количества минеральных шламов является используемая на предприятии технология химводоподготовки, а именно процесс очистки речной воды методом коагуляции с известкованием, с использованием в качестве коагулянта железного купороса.

Основную массу шлама представляет шлам коагуляции с известкованием, но последние несколько лет, на шламонакопителе осуществляется отвод шлама приготовления известкового молока. К настоящему времени сложилась ситуация, когда большую часть шламонакопителя занимает - шлам известкования с коагуляцией, а шлам приготовления известкового молока находится в одной из частей шламонакопителя, преимущественно в верхнем слое.

Для получения информации о количестве накопленных минеральных шламах, их свойствах и химическом составе в летний период были проведены изыскания, включающие в себя:

- топо съемку поверхности шламов по всей площади шламонакопителя;
- бурение и отбор проб минеральных шламов с различных глубин;
- химический анализ отобранных проб минеральных шламов, с целью определения химического состава и наличия в них загрязняющих веществ.

Топографическая съемка поверхности шламонакопителя была проведена специалистами предприятия. На основании данных топо съемки и натуральных наблюдений, была построена модель состояния шламонакопителя на настоящее время, представленная на рисунке 1.

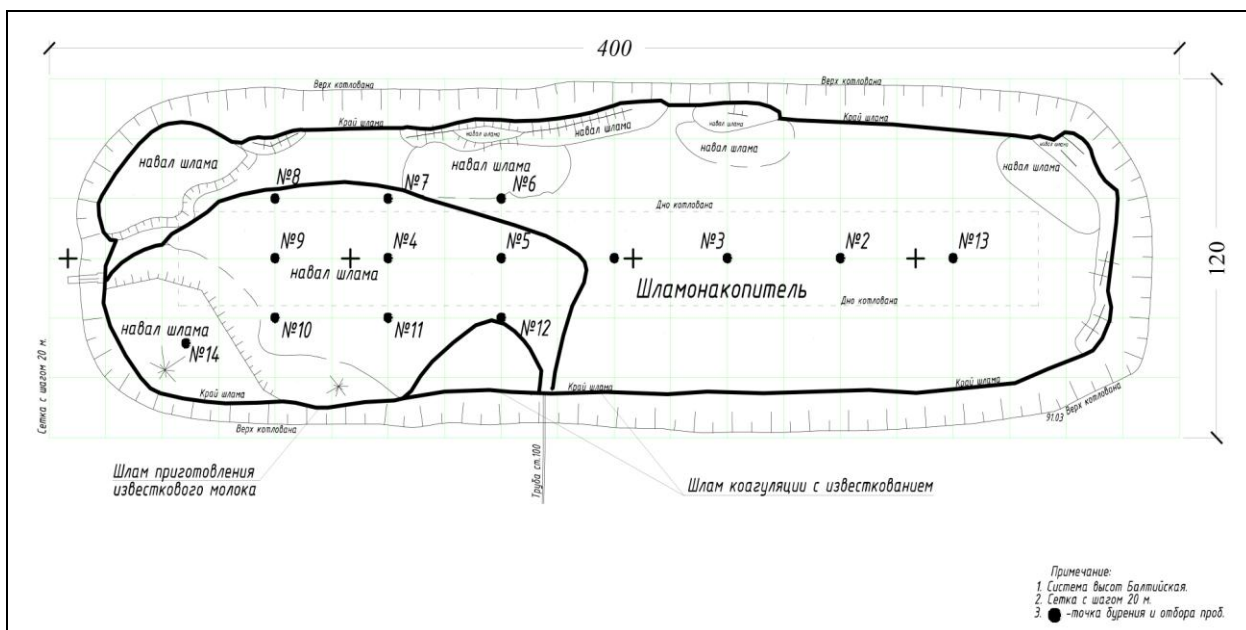


Рисунок 1 - Топоъемка шламонакопителя ПАО «ТОАЗ»

2.2.2 Лабораторные исследования

Лабораторные исследования проводились с привлечением Аналитико-технологического сертификационного испытательного центра ФГУП «Центральный научно-исследовательский институт геологии нерудных полезных ископаемых».

- Аттестат Федеральной службы по аккредитации №РОСС RU.0001.510445

- Аттестат аккредитации Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии САРК.RU.0001.441036

- Аттестат аккредитации ILAC-APLAC ААЦ «Аналитика» №ААС.А.00016

- Аттестат признания компетентности испытательной лаборатории (Роснано) № РОСС RU.V503.04НЖ00.16.04.0020

- Свидетельство о соответствии отраслевым требованиям ФНМЦ ВИМС №0002.

Было отобрано 19 проб:

- 16 проб шлама коагуляции с известкованием с разных горизонтов и частей шламонакопителя;

- 3 пробы шлама приготовления известкового молока.

Точки бурения и отбора проб производились по всему периметру шламонакопителя и выбирались таким образом, чтобы максимально охарактеризовать состав шламов. В силу длительного периода накопления и хранения, можно ожидать различие в свойствах и составе шламов, находящихся на разных глубинах и частях шламонакопителя.

Основной отбор производился в точках, расположенных на осевой линии шламонакопителя (точки № 1, 2, 3, 4, 5, 9, 13), с выбранным шагом между точками - 40 м. Часть точек отбиралась на территории, где хранится шлам коагуляции (точки № 1, 2, 3, 13), часть на территории где храниться шлам приготовления известкового молока (точки № 4, 5, 9). Пробы отбирались с глубины 2,4 м и 5,0 м, за исключением точек № 9 и № 13, где отбор проб проводился с глубины 2,0 м. Дополнительно были отобраны поверхностные пробы (с глубины 0,5 м), каждого вида шлама в точках № 2 и № 4. В зоне хранения шлама приготовления известкового молока, пробы отбирались в шести точках (точки № 6, 7, 8, 10, 12) с глубины 2,0 м по причине близости склонов шламонакопителя.

На предприятии шлам приготовления известкового молока отводится на шламонакопитель лишь последние несколько лет. По этой причине его количество намного меньше по сравнению со шламом коагуляции. В северо-западной части шламонакопителя имеется навал шлама приготовления известкового молока. В этой части была отобрана проба с глубины 1,0 м.

Информация о количестве и точках отбора проб минеральных шламов на шламонакопителе предприятия приведена в таблице 1.

Топоъемка шламонакопителя предприятия изображена на рисунке 1.

Информация о химическом составе воды используемой и получаемой на предприятии приведена в таблице 2.

Таблица 1 - Количество и точки отбора проб минеральных шламов на шламонакопителе ПАО «ТОАЗ»
глубина отбора в метрах

Точка отбора	Глубина отбора	Описание
№ 1	2,4 5,0	Шлам коагуляции с известкованием
№ 2	0,5 2,4 5,0	Шлам коагуляции с известкованием
№ 3	2,4 5,0	Шлам коагуляции с известкованием
№ 4	0,5	Шлам приготовления известкового молока
	2,4 5,0	Шлам коагуляции с известкованием
№ 5	2,4 5,0	Шлам коагуляции с известкованием*
№ 6	2,0	Шлам коагуляции с известкованием
№ 7	2,0	Шлам коагуляции с известкованием*
№ 8	2,0	Шлам коагуляции с известкованием*
№ 9	0,8	Шлам приготовления известкового молока
	2,0	Шлам коагуляции с известкованием
№ 10	2,0	Шлам коагуляции с известкованием*
№ 11	2,0	Шлам коагуляции с известкованием*
№ 12	2,0	Шлам коагуляции с известкованием*
№ 13	2,0	Шлам коагуляции с известкованием
№ 14	1,0	Шлам приготовления известкового молока

* - шлам приготовления известкового молока хранится на шламонакопителе сравнительно не долго, поэтому глубина его слоя не превышает 1,0 м (в точке № 9), а в точках № 7, 8 - 20-30 см. По этой причине, даже если точка отбора выбрана в месте хранения шлама приготовления известкового молока, глубинная проба представляет собой смесь шлама коагуляции с известкованием.

Таблица 2 - Химический состав воды используемой и получаемой на ПАО «ТОАЗ»
ед.изм. мг/дм³

Показатель	Ед.изм.	Состав исходной речной воды	Состав получаемой осветленной воды
Жесткость общая	мг-экв./дм ³	4,5	3,5
Щелочность общая	мг-экв./дм ³	2,5	0,7-1,0
Солесодержание	мг/дм ³	400	287
Кальций	мг/дм ³	65	35
Магний	мг/дм ³	18	18
Натрий	мг/дм ³	40	40
Железо	мг/дм ³	1,0	0,3
Сульфаты	мг/дм ³	90	124
Хлориды	мг/дм ³	60	60
Бикарбонаты	мг/дм ³	165	43
Кремниевая кислота	мг/дм ³	10	7
Взвешенные вещества	мг/дм ³	20	2
Окисляемость	мгО ₂ /дм ³	20	5
рН	ед. рН	7,6	-

а) Исследование шлама коагуляции с известкованием

В ходе исследований было установлено, что шлам коагуляции с известкованием, заполняет практически весь объем шламонакопителя. В чистом виде, данный шлам храниться в юго-западной части шламонакопителя. В северо-западной части, поверх шлама коагуляции располагается слой шлама приготовления известкового молока.

Шлам коагуляции с известкованием представляет собой однородную массу, с включением механических примесей. Внешний вид находится в диапазоне от светло-коричневого до темно-коричневого и зависит от влажности материала. Минеральный шлам на склонах шламонакопителя в летний период достаточно хорошо высушивается самостоятельно и имеет светло-коричневый цвет. Ближе к центральной части и в центре шламонакопителя приобретает более влажную консистенцию и темно-коричневый оттенок. Но не смотря на изменения во влажности, сыпучие свойства материала остаются неизменны. Данный шлам был выявлен в юго-восточной части шламонакопителя на глубине до 0,8 - 1,0 м. В ходе эксперимента было установлено, что с увеличением глубины, влажность

шлама увеличивается. На глубине около 5 м шлам приобретает еще более темный оттенок и пастообразную консистенцию.

Отобранные в разных местах и с различных глубин шламонакопителя, пробы, были переданы для анализа в ФГУП «Центральный научно-исследовательский институт геологии нерудных полезных ископаемых».

Минеральный состав шлама коагуляции с известкованием по результатам рентгенографического количественного фазового анализа (по основным показателям) приведен в таблице 3.

Проведенный анализ показывает, что проанализированный шлам коагуляции с известкованием относится к карбонатному типу минеральных шламов, так как содержание карбоната кальция находится в диапазоне 63-81 %. Средняя плотность шлама коагуляции - 1,3 т/м³. Средняя влажность - 62,1 %.

Сопоставление состава шлама и мест его отбора показывает, что наибольшее содержание карбоната кальция наблюдается в юго-восточной части шламонакопителя.

В пробах шлама коагуляции, отобранных в северо-западной части шламонакопителя (находящихся под слоем шлама приготовления известкового молока), согласно результатам испытаний, наблюдается минимальное количество карбоната кальция и появление гидроксида кальция. Это можно объяснить незначительным проникновением шлама приготовления известкового молока в шлам коагуляции при естественном хранении. При этом шлам коагуляции сохраняет равномерность по своему составу и может рассматриваться как техногенный продукт для дальнейшего вторичного использования.

Таблица 3- Минеральный состав шлама коагуляции с известкованием по результатам рентгенографического количественного фазового анализа (по основным показателям) массовое содержание в процентах, %

Точка №	Глубина, м	CaCO ₃ ,	Mg(OH) ₂	Ca(OH) ₂ ,	MgFe ₂ CO ₃ (OH) ₁₆ * 4H ₂ O,	MgAl ₂ CO ₃ (OH) ₁₆ * 4H ₂ O,	Влажность,	Плотность, т/м ³
1	2,4	77	6	<1	11	6	57,41	1,34
	5,0	72	6	-	11	10	71,51	1,20
2	0,5	81	5	<1	10	4	55,00	1,34
	2,4	77	8	-	10	4	57,41	1,34
	5,0	70	10	-	9	8	67,01	1,16
3	2,4	77	6	-	11	5	58,63	1,32
	5,0	75	8	-	5	8	67,01	1,16
4	2,4	72	11	-	11	5	57,41	1,34
	5,0	71	13	-	10	5	70,57	1,22
5	2,4	70	12	-	11	6	57,41	1,34
	5,0	71	8	-	11	9	67,01	1,16
6	2,0	71	9	-	15	4	68,40	1,23
7	2,0	73	11	<1	10	6	71,53	1,04
8	2,0	76	11	1	15	6	68,05	1,19
9	2,0	61	17	11	6	2	48,97	1,30
10	2,0	63	15	5	10	3	61,30	1,23
11	2,0	61	16	12	8	3	50,93	1,31
12	2,0	75	10	1	9	5	63,75	1,24
13	2,0	81	4	<0,5	9	5	60,70	1,32
Среднее значение		71,8	9,8	1,6	10,1	5,5	62,1	1,3

б) Исследование шлама приготовления известкового молока

Шлам известкового молока подается на шламонакопитель по трубопроводу, непосредственно из цеха водоподготовки в виде шламосодержащего стока, который самотеком растекается по поверхности шламонакопителя. При этом происходит частичное естественное высыхание шлама, за счет испарения и фильтрации излишней влаги в более глубокие слои.

Шлам представляет собой однородную массу светло-серого цвета, с незначительными включениями механических примесей. На поверхности шлам сухой и рассыпчатый. По мере углубления влажность шлама незначительно повышается.

Данная технология транспортировки шлама в виде шламосодержащего стока, приводит к ситуации, когда шлам накапливается в поверхностном слое

северо-западной части шламонакопителя. Максимальная толщина слоя шлама приготовления известкового молока - 1,0 м (в точке № 9). На этой глубине шлам имеет наибольшее значение по влажности, но своего внешнего вида и свойств не теряет.

Вместе со шламом на шламонакопитель поступает вода, в результате чего появляется большая зона перехода шлама приготовления известкового молока в нижележащий шлам коагуляции, которая, по своей сути представляет собой смесь двух шламов. Такая технология накапливания шламов, при попытках извлечения шлама из шламонакопителя, затрудняет их дальнейшее разделение.

По мере увеличения глубины (от 1,0 метра и глубже) наблюдается значительное повышение влажности низ лежащего шлама коагуляции. В скважинах, пробуренных на границе перехода известкового молока в шлам коагуляции (точки № 6-8) на глубине 1,0 метра наблюдается постоянный уровень воды.

Минеральный состав шлама приготовления известкового молока по результатам рентгенографического количественного фазового анализа (по основным показателям) приведен в таблице 4.

По результатам испытаний, шлам приготовления известкового молока относится к карбонатно-известковому типу минеральных шламов.

Таблица 4 - Минеральный состав шлама приготовления известкового молока по результатам рентгенографического количественного фазового анализа (по основным показателям) массовое содержание, %

Точка отбора, №	Глубина отбора, м	CaCO ₃ , %	Mg(OH) ₂ , %	Ca(OH) ₂ , %	MgFe ₂ CO ₃ (OH) ₁₆ *4H ₂ O, %	MgAl ₂ CO ₃ (OH) ₁₆ *4H ₂ O, %	Влажность, %	Плотность, т/м ³
4	0,5	47	16	35	-	-	15,0	1,2
9	0,8	31	25	41	-	-	29,6	1,7
14	1,0	28	27	36	-	-	25,0	1,5
Среднее значение		35,3	22,7	37,3	-	-	25,0	1,5

Основные компоненты шлама (с преобладанием соединений кальция):

- карбонат кальция
- гидроксид кальция
- гидроксид магния.

Средняя плотность шлама приготовления известкового молока - 1,5 т/м³, средняя влажность - 25,0 %. Низкие значения влажности объясняются тем, что толщина слоя шлама приготовления молока не превышает 0,8 - 10,0 м. К августу влажность снижается до указанных значений.

В данном случае отбор проб осуществлялся из однородного отлежавшегося слоя шлама.

2.2.3 Анализ использования минеральных шламов ПАО «ТОАЗ» в качестве минеральных удобрений

В основе шлама лежат соединения кальция, в виде: гидроксида магния, гидроксида кальция, карбоната кальция.

Как правило, водная среда минерального шлама имеет, щелочную реакцию. Шлам может использоваться для нейтрализации кислых почв (в технологии этот процесс называется подщелачиванием). Для развития культурных растений не благоприятна высокая кислотность почв, т.к. она способствует быстрому развитию процессов подзоливания. Для борьбы с кислотностью почв, уже более 2000 лет применяется подщелачивание.

Повышенная кислотность оказывает на растения негативное влияние, в первую очередь это обусловлено:

- недостатком кальция (Ca) - необходимого для растений элемента питания;
- повышенной концентрацией токсичных для ионов растений;
- изменением допустимости растениям элементов питания (макро- и микроэлементов).

Величина рН напрямую влияет на подвижность и доступность практически всех элементов питания необходимых для растений.

В настоящее время отсутствует практика применения минеральных шламов водоподготовки для борьбы с подщелачиванием. Данный процесс в сельском хозяйстве реализуется путем известкования почвы.

Накопленные виды шламов, на текущий момент не утилизируются, хранятся на шламонакопителях и занимают большие площади, которые могли быть полезными.

Для восстановления свойств кислых почв, в почвенный слой вносятся карбонат кальция CaCO_3 .

Карбонат кальция, представляет собой, неорганическое соединение, химического происхождения. В своем составе он имеет кальций и соль угольной кислоты. При его внесении в почву происходит насыщение почвенного слоя кальцием и образование в почвенном растворе угольной кислоты, тем самым создаются благоприятные условия для дальнейшего использования почв.

Для борьбы с подщелачиванием применение едких щелочей и соответствующих им карбонатов не допускается. В противном случае, почва, насыщаясь Na^+ , приобретает неблагоприятные физические свойства в результате обменных реакций. Недопустимо применять и соли сильных кислот, например гипс $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. При взаимодействии гипса с кислыми почвами происходит сильное вытеснение H^+ , в результате чего в почвенном слое образуется серная кислота.

$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ в химический состав шлама ХВО не входит. Состав минерального шлама, а именно достаточно высокое содержание в нем кальция, позволяет спрогнозировать его использование в качестве минерального удобрения для известкования кислых почв. Это позволит сэкономить минерально-сырьевые природные ресурсы.

По данным исследований Испытательного центра анализа кормов, сельскохозяйственной продукции, почв и агрохимикатов Центра

агрохимической службы (ЦАС) «Татарский» (Республика Татарстан), не установлены ограничивающие или запрещающие показатели к применению этих видов шлама ХВО для раскисления кислых почв [25]. Содержание тяжелых металлов и радиоактивных изотопов в шламах ХВО, как правило, значительно ниже предельно-допустимых концентраций, что ни в коем случае не может оказать отрицательного воздействия на окружающую природную среду, в том числе состояние почвенного плодородия.

К настоящему времени, учитывая эффективность применения многих минеральных и органически отходов в качестве сырьевых ресурсов, отходами их можно считать лишь по отношению к целевой продукции предприятия

2.3 Строительные отходы ПАО «ТОАЗ». Исследование процесса образования и возможности использования в качестве вторичного сырья

2.3.1 Процесс образования строительных отходов

На территории предприятия хранятся строительные отходы, накопленные за период функционирования и образовавшиеся в результате проведения реконструкции, ремонтных и строительных работ.

В ходе проведения обследования было установлено, что строительные отходы, хранящиеся на территории, представляют собой отходы бетонных изделий (бетон, железобетон, керамзитобетон) в виде готовых изделий, и в виде бетонного боя и лома.

Готовые изделия представляют собой:

1. Железобетон:

- Плиты;
- Плиты перекрытия пустотные;
- Плиты перекрытия ребристые;
- Фермы;

- Балки;
- Основания для опор;
- Панели;
- Панели перекрытия ребристые.

Изделия в основной массе чистые, готовые к переработке.

2. Керамзитобетон:

- Стеновые панели;
- Плиты;
- Балки.

Изделия из керамзитобетона в целом чистые. Стеновые панели облицованы мелкогабаритной плиткой, встречаются небольшие фрагменты кирпичной кладки.

3. Лом бетона.

Представляет собой лом бетона, железобетона, небольшое количество керамзитобетона и облицовочной наружной плитки от стеновых панелей, фрагменты кирпичной кладки.

Данный вид отходов в целом не загрязнен грунтом.

Для определения объемов накопленных строительных отходов было проведено обследование территории предприятия, включающее в себя визуальный осмотр промплощадки, инвентаризацию отходов и изменение их размеров. По результатам проведенных предприятием изысканий, количество накопленных на территории завода строительных отходов в виде изделий из бетона и бетонолома, готовых к переработке составляет 1737 м (880 м³), накопленных отходов не извлеченных из грунта и не готовых к переработке – 16 888 т (6755м³).

Строительные отходы, не извлеченные из грунта и не готовые к переработке, обладают отрицательной особенностью - невозможностью определения точного количества. В связи с чем, указанное выше значение имеет оценочный характер. Часть отходов находится в слое грунта, может

храниться в таком виде длительное время, поэтому не требуют срочной переработки.

Строительные отходы являются неотъемлемым элементом функционирования предприятия. Они образуются в процессе проведения планировочных работ, рытья котлованов под фундаменты, прокладке коммуникаций, сборки-разборки зданий и сооружений, выведенных их эксплуатации и т.д.

В случае утилизации, извлечение строительных отходов из грунта рационально будет осуществлять планомерно, не создавая дополнительных трудностей в переработки. Организация в первую очередь системы переработки строительных отходов, образующихся при плановых работах по реконструкции и строительстве, позволит постоянно иметь техногенный продукт для дальнейшего использования. Далее к процессу переработки возможно постепенное подключение строительных отходов, не извлеченных из грунта.

В настоящий момент все строительные отходы на предприятии учитываются как один отход «Мусор строительный от разборки зданий» и не производится отдельный сбор и учет компонентов данного отхода.

На данном этапе целесообразно рассматривать вопросы переработки отходов бетона, в виде готовых изделий потерявших потребительские свойства, и в виде бетонолома. Наибольший интерес к переработке и дальнейшему использованию вызывают отходы бетона, как наиболее простого и крупнотоннажного вида.

Таким образом, стоящие перед предприятием вопросы переработки строительных отходов можно свести к решению нескольких задач:

1. Решение текущих проблем с накопленными и образующимися ежегодно строительными отходами:

- переработка накопленных строительных отходов в количестве - около 1800 тонн;

- переработка ежегодно образующихся строительных отходов в количестве - до 8 000 т/год (максимальное накопление отходов за предыдущие года);

-возможность переработки накопленных строительных отходов, не извлеченных из грунта и не готовых к переработке в количестве около 17 000 тонн.

2. Переработка больших объемов отходов в перспективе.

- переработка отходов образующихся при демонтаже различных железобетонных и бетонных конструкций, разборке зданий и сооружений и других работ, в случае проведения капитальных ремонтов, реконструкций и новых строительства.

2.3.2 Исследование строительных отходов ПАО «ТОАЗ» и характеристик получаемого щебня. Анализ его использования в качестве рекультивационного материала

Щебень из бетона обладает специфической особенностью, ограничивающей возможности его дальнейшего применения. Его структура состоит из фрагментов-конгломератов (цементного камня, крупного и мелкого заполнителей) и представляет собой неоднородную систему.

Щебень из бетона незначительно уступает по своим характеристикам природному щебню, главным образом в прочностных характеристиках. В целом щебень из бетона удовлетворяет требованиям ГОСТ 8267-93 «Щебень и гравий из плотных горных пород для строительных работ», что показали проведенные группой ученых Московского Государственного Строительного университета (МГСУ) в 1999 г. исследования. На их основе были разработаны специальные технические условия «Щебень из бетона» (ТУ 5711-001-40296246-99) [26].

Характеристики получаемого продукта зависят напрямую от исходного сырья.

К важным характеристикам сырья относят:

1) Плотность. Позволяет оценить объем занимаемый щебнем. Объемный вес зерен вторичного щебня и песка находится в пределах 2000-2300 кг/м³. При этом естественный плотный заполнитель (песок) имеет объемный вес около 2650 кг/м³.

2) Радиоактивность. Выбор направления использования вторичного щебня определяется зависимостью показателей суммарной удельной эффективной активности естественных радионуклидов:

- для вновь строящихся общественных зданий и домов допустимы значения до 370 Бк/кг.

- в дорожном строительстве допускаются значения 370-740 Бк/кг в пределах территорий населенных пунктов и при возведении зданий и сооружений промышленного назначения;

- в дорожном строительстве за городской территорией - 740-2800 Бк/кг.

3) Прочность (дробимость). Данный показатель воспроизводит условия, происходящие на дорогах, под воздействием транспортных средств, а так же механических воздействий, возникающих в процессе строительства дорожного полотна (укладки и уплотнение камня).

Используя полочный барабан, путем установления степени износа, при сжатии и раздавливании в цилиндре, определяется предел прочности строительных отходов, предназначенных для переработки в щебень. По прочности, щебень, полученный из бетона, соответствует марки 400. Содержание зерен слабых пород, с пределом прочности исходного продукта при сжатии в водонасыщенном состоянии до 20 Мпа, составляет менее 15% по массе.

- Морозостойкость. Данный показатель определяется по числу циклов замораживания и оттаивания и является одним из важных показателей, характеризующих щебень. Оценку морозостойкость щебня по числу циклов допускается осуществлять путем насыщения в растворе сульфата натрия с

последующим высушиванием. Щебень из бетона по морозостойкости соответствует марки F100 (т.е. 100 циклов).

- Зерновой состав. В зависимости от крупности включений щебень подразделяют на фракции. Фракция - максимально допустимый размер отдельно взятого камня (зерна). Из бетона, возможно, получать вторичный щебень следующих фракций: 10-20 мм, 20-40 мм, 40-80 мм. В данном случае отсев фракции менее 10 мм составляет 25-30%. Согласно ГОСТу во фракции щебня 20-40 мм количество зерен размером меньше 20 мм не должно превышать 10%, а зерен крупнее 50 мм - не более 0,5%.

- Форма зерен (лещадность). В щебне контролируется, и нормируется содержание зерен пластинчатой (лещадной) и игловатой форм.

К зернам игловатой и пластинчатой форм относят зерна, толщина или ширина которых менее длины в три раза и более. Щебень по форме зерен классифицируют на четыре группы (содержание зерен пластинчатой и игловатой форм, процент по массе):

- кубовидная - до 15%;
- улучшенная - от 15 до 25%;
- обычная - от 25 до 35%;
- обычна - от 35 до 50%.

- Лещадность. Является одной из самых важных характеристик качества щебня. Качественным продуктом считается щебень наименьшей лещадностью. Наиболее плотную упаковку позволяет получить применение щебня кубовидной формы. Включение зерен пластинчатых и игловатых форм неизбежно приводит к увеличению в смеси межзерновой пустотности. В свою очередь это влечет повышение расхода связующего компонента, что в дальнейшем приведет к увеличению дополнительных материальных затрат. Более того, кубовидные зерна обладают большей прочностью, чем зерна пластинчатой и игловатой форм. Лещадность щебня из бетона составляет менее 15%.

- Содержание глины. Следующим, нормируемым и немаловажным показателем, является содержание пылевидных и глинистых частиц. К пылевидным и глинистым частицам относятся фракции размером менее 0,05 мм. Содержание пылевидных и глинистых частиц по массе, для щебня марок М200 до М400, не должно превышать 3%. Содержание комков глины в зерне из бетона напрямую зависит от конкретного состояния загрязнения исходного материала.

- Водопотребность заполнителей в бетоне. Для определения оценки структуры бетона и его состава, а также прогнозирования свойств, применяют такой интегральный показатель, как водопотребность заполнителей. Водопотребность является важным показателем и зависит напрямую от характеристики поверхности зерен.

В настоящее время щебень, полученный из бетона, нашел свое применения в качестве заменителя грунта, при строительстве дорог, пешеходных тротуаров, под фундаментальное основание, в ландшафтной архитектуре, а значит, может применяться и как рекультивационный материал.

2.4 Экспериментальные исследования свойств побочных продуктов и отходов ПАО «ТОАЗ» на почву и растительный мир. Анализ возможности их использования в рекультивационных целях

Отсутствие негативного воздействия минерального шлама и активного ила на почву и растительный мир было подтверждено лабораторным экспериментом.

На дно пластиковой емкости было последовательно загружено:

- 2 см слоя минерального шлама из шламонакопителя ПАО «ТОАЗ»;
- 15 см слоя земли смешанного с активным илом в разных пропорциях.

Пластиковая емкость условно была разделена на три зоны. В каждой зоне организовано разное соотношение земли и активного ила (30х70, 50х50 и 70х30).

На поверхность земли высажена культура травянистых растений.

Результаты лабораторного эксперимента и зонирование емкости приведено на рисунке 2 и рисунке 3.

В зоне 1 соотношение земли и активного ила составлено в пропорции 70:30. В зоне 2 - 50:50.

В зоне 3 - 30:70.



Рисунок 2 - Лабораторный эксперимент воздействия минерального шлама и активного ила на почву и растительный мир



Рисунок 3 - Лабораторный эксперимент воздействия минерального шлама и активного ила на почву и растительный мир

Как показал лабораторный эксперимент, избыточное содержание активного ила в почве оказывает негативное (отравляющее) влияние. В зоне 3, где содержание активного ила преобладало над почвой (30:70), растения практически не произросли.

Из рис.2 и рис.3, сделанного на 9 день эксперимента, видно, что оптимальным является соотношение почвенного слоя и активного ила в пропорции 70:30.

Нахождение под слоем почвы минерального шлама, при соблюдении баланса питательных веществ в почве, не оказывает видимого влияния на высаженную культуру.

3 Вторичные продукты ПАО «ТООАЗ» и вовлечение их в технологию полигона

3.1 Оценка возможности использования вторичных продуктов ПАО «ТООАЗ» в качестве рекультивационного материала для рекультивации полигона поселка Тимофеевский

3.1.1 Исследование требований к закрытию и рекультивации полигона твердых бытовых отходов Тимофеевский

Данные топографо-геодезических изысканий, выполненные проектной организацией, на участке, занимаемом отработанным карьером «Тимофеевский» показали, что площадь карьера составляет 12,8 га, глубина – около 14 м.

Основанием для проектирования полигона твердых бытовых отходов является:

- градостроительное заключение от 21.03.2005 г. №ГЗ-106 по земельному участку под усовершенствованный полигон ТБО, утвержденное И.о. начальником Главного управления архитектуры и градостроительства г.Тольятти;

- архитектурно-планировочное задание (АПЗ) от 2005 №43 на разработку проекта усовершенствованного полигона ТБО ООО «Эколайн», утвержденное зам. Главного архитектора г.Тольятти 25.03.2005г..

Полигон ТБО расположен в Центральном районе г. Тольятти в северном направлении от с. Тимофеевка Ставропольского района у пересечения обводной автодороги с автодорогой Тольятти-Ташелка.

Северную и северо-западную сторону участка полигона ограничивает бетонный магистральный канал ЗПО. С восточной и южной части – охранные зоны ЛЭП 110кВ. Размещение промышленных отходов III и IV класса опасности осуществляется с южной стороны участка полигона захоронения ТБО за территорией охранный зоны ЛЭП.

Территория участка, полигона ТБО, расположена в карьере по разработке суглинка и песка для дорожного строительства. Площадь занимаемого участка 12,8395 га

В районе расположения полигона климатические условия умеренно-континентальные, преобладают ветры юго-западного направления. Среднегодовое количество осадков составляет 484 мм осадков. Максимальная толщина снежного покрова - 52 см. Глубина промерзания почвы составляет 161 см.

Распределение площадей водотоков, прилегающих к карьере представлено 8 водотоками. Площадь водотоков пренебрежимо мала по сравнению с площадью карьера, что исключает продолжительное затопление водотоков при прохождении дождевого паводка. Угрозы затоплению карьера данные водотоки не представляют.

Пропускная способность магистрального канала от автодороги до аварийного сброса по данным полигона составляет 50 м³/с, ниже 21,6 м³/с. Данная величина, а также наличие аварийного сбросного канала исключает возможность подтопления карьера в результате перелива.

Практически по всему периметру, по бортам карьера, имеются отвалы грунта. В северной и западной части высота отвалов составляет до 1,5 м, в восточной и южной - до 5-6 м. Глубина выработки полигона примерно 14 м, борта отвесные, местами с уступами.

В соответствии с расчетами, выполненными согласно «Рекомендациям ПНИИС, по количественной оценке, устойчивости оползневых склонов», критическая крутизна бортов карьера, не должна превышать 53°. Для соблюдения данного требования при строительстве полигона ТБО, а также, исходя из необходимости осуществления безопасной технологии укладки пленочного элемента в основании карьера, проведено выколаживание его откосов до величин 1:3.

С поверхности участок покрыт почвенным слоем и насыпным грунтом (обваловка), образованным в период разработки карьера.

По химическому составу воды относятся к гидрокарбонатно-сульфатно-кальциево-магниевыми, неагрессивным к бетону и железобетону.

Магистральный канал со сточными водами на химический состав подземных вод влияния не оказывает. Он выложен бетонными плитами и дно со стенками заcolmатизировалось за давностью эксплуатации.

В геолого-литологическом разрезе участка карьера в соответствии с ГОСТ 20522-96 выделено 4 инженерно-геологических элемента (ИГЭ):

ИГЭ 1 - насыпной грунт

ИГЭ 2 - суглинок твердый, просадочный

ИГЭ 3 - песок мелкий

ИГЭ 4 - глина тугопластичная, не набухающая

Инженерно-геологический элемент 1 - насыпной грунт (суглинок, песок) мощностью от 0,2-0,3 м до 4-х метров, образован в результате производства работ.

Инженерно-геологический элемент 2 - суглинок твердый, просадочный. Залегает под почвенными грунтами до глубины 5,6-7,9 м поверхности земли (до кровли песков). Просадочные свойства в суглинках проявляются до глубины около 8м.

Инженерно-геологический элемент 3 – песок мелкий. Содержание частиц крупнее 0,1 мм составляет в среднем 90,6 %. Вскрыты пески до абсолютной отметки 39,80 - 40,30 м. Пески мелкие, плотные, малой степени водонасыщения и насыщенные водой ниже уровня подземных вод.

Инженерно-геологический элемент 4 - глина тугопластичная, не набухающая. Залегает в толще песка в виде 2-х выдержанных слоев мощностью 1,5 и 0,5 м.

В основании карьера находится искусственный противодиффузионный экран на основе полиэтиленовой пленки толщиной не менее 1 мм.

Над пленкой уложен дополнительный защитный (буферный) слой, состоящий из компоста завода ЗПБО г. Тольятти и некондиционного грунта,

толщиной 1,8 м. Компост завода ЗПБО г. Тольятти является продуктом переработки твердых бытовых отходов (аэробное биотермическое компостирование, прошедшего предварительную сортировку мусора).

Учитывая, что проектная планировочная отметка дна карьера составляет (на основе проработки генплана) – 63,00 (на 1,5 м выше уровня подземных вод) и создания экрана в основании общей толщиной 2 м (0,2 м подготовка под пленку и 1,8 м защитный (буферный) слой компоста), размещение отходов осуществляется с отметки 65,00÷66,00 (на 3,5 м выше уровня залегания подземных вод).

Ввиду большой площади карьера (более 12,8 га в границах земельного отвода) проектом предлагается осуществлять рекультивацию путем заполнения свободного пространства отходами – по очередям с секционированием очередей конструктивно-технологическими и транспортными элементами (дамбами, дорогами). Причем максимальная площадь очереди не должна превышать 5-6 га.

Суммарный объем насыпи при производстве земляных работ на полное развитие полигона по данным организации составляет 54 713 м³.

Это количество включает объемы грунтов насыпи при планировке дна котлована первой, второй очередей, грунт планировки под подъездную дорогу и площадку, объемы поправок грунтов на их уплотнение (10%) и объем грунта для устройства отсекающей дамбы.

После заполнения полигона отходами производится его рекультивация путем создания защитного экрана на поверхности, внесения удобрений и озеленения.

Рекультивация полигона начинается при достижении уплотненных слоев отходов переменных проектных отметок 77.50.

3.1.2 Сопоставление возможностей применения отходов ПАО «ТОАЗ» для рекультивации полигона ТБО Тимофеевский

Дальнейшее использование обработанных и восстановленных земель определяет направление рекультивации. Наиболее приемлемым для рассматриваемой площадки является ландшафтно-озеленительное направление, позволяющее органично вписать территорию полигона в рельеф местности с последующей организацией зоны отдыха и создания насаждений паркового типа.

Достаточно высокое содержание кальция в минеральных шламах позволяет использовать их в качестве минеральных удобрений для известкования кислых почв и в качестве загрузочного материала для рекультивации полигона.

Предназначенный для рекультивации шлам, должен иметь определенную влажность. В настоящее время накопленный на шламонакопителе шлам, в летнее время имеет подходящую влажность для рекультивации обработанных земель.

Вновь образующийся шлам коагуляции накапливается в барьерных емкостях, там же подсушивается естественным образом перед вывозом в шламонакопитель. Эта же схема может быть использована при вывозе шлама на рекультивацию обработанных земель.

Шлам приготовления известкового молока поступает непосредственно на шламонакопитель, где происходит его обезвоживание и сушка за счет естественного испарения.

Таким образом, осуществлять использование минеральных шламов в целях рекультивации возможно по одному из вариантов:

1. С единоразовыми финансовыми затратами на организацию процесса обезвоживания шламов, например на фильтр-прессах, что в дальнейшем, может позволить рекультивировать шламонакопитель и сократить экологические затраты на его содержание и эксплуатацию;

2. Без дополнительных финансовых затрат, в случае использования шламонакопителя для накопления и сушки минеральных шламов за счет естественного испарения.

Вторичный щебень, полученный из бетона, незначительно уступает по своим характеристикам природному щебню. В целом щебень удовлетворяет требованиям ГОСТ 8267-93 «Щебень и гравий из плотных горных пород для строительных работ».

Рассмотренные, в разделе 2.3.2, основные характеристики вторичного щебня в полной мере позволяют использовать щебень в качестве рекультивационного материала, для замены грунта при засыпке полигона и в ландшафтной архитектуре.

Кроме того, переработка строительных отходов является экономически целесообразным способом обращения с данным видом отхода.

В случае отказа от переработки затраты на утилизацию составят (при размещении на полигоне 1000 т отходов):

- плата за размещение отходов бетона на полигоне (в г. Самара) -
300 руб. за 1 единицу x 1000 т/год = 300,00 000 руб.

- плата за негативное воздействие (норматив платы - 248,4 руб/т;
коэффициент экологической значимости - 1,9)

1099,67 руб. за 1 единицу x 1000 т/год = 1 099 670,00 руб.

- расходы на транспортировку отходов на полигон (в г. Самара) (расчет производился исходя из среднего расхода дизельного топлива равного 30 литров на 100 км и средней цене - 33,1 руб/л).

9,93 руб. за единицу x 27 500 км/год = 273 075,00 руб.

Итого сумма общих затрат составит:

$300\,000,00 + 1\,099\,670,00 + 273\,075,00 = 1\,672\,745,00$ руб.

В соответствии с Письмо Минприроды России, использование для рекультивации карьерных выемок искусственно созданных полостей отходов производства и потребления, в том числе отходов, образованных от строительства и сноса зданий, строений и сооружений, возможно при

условии, что они не содержат вредные вещества и обеспечено отсутствие негативного воздействия на окружающую среду [27].

Рекультивация обработанных земель и искусственно созданных полостей, с использованием отходов производства и потребления, в том числе и строительных отходов, образованных от строительства и сноса зданий, строений и сооружений, фактически является захоронением (размещением) отходов и возможно при наличии положительного заключения государственной экологической экспертизы федерального уровня и лицензии на деятельность по сбору, использованию, обезвреживанию, транспортированию и размещению отходов[27].

3.2 Технология рекультивации полигона Тимофеевский

Полигон Тимофеевский является комплексом природоохранного сооружения. Он предназначен для централизованного сбора, обезвреживания и захоронения отходов. Его конструкция исключает попадание вредных веществ в окружающую среду, загрязнения атмосферы, почвы, поверхностных и грунтовых вод.

Неправильная эксплуатация полигона может оказать негативное влияние на состояние окружающей среды и нанести существенный урон природе, здоровью населения и экономики страны в целом.

В атмосферу из тела свалки непрерывно поступают газообразные продукты распада ТБО (метан, аммиак и пр.). Они могут провоцировать пожары на свалках, которые, в свою очередь, негативно сказываются на состоянии атмосферы. Кроме того, метан является газом, способствующим разрушению озонового слоя, поэтому важно иметь надежную технологию рекультивации полигонов.

По мере исчерпания своих ресурсов полигон подвергается рекультивации.

Рекультивация земель полигонов, это целый ряд поэтапных мероприятий, направленных на возрождение ценности земельных угодий для дальнейшего хозяйственного использования, улучшения условий окружающей среды и экологической обстановки в целом.

Процесс рекультивации полигона включает два этапа:

- технический,
- биологический.

На техническом этапе осуществляется стабилизация и планировка чаш полигонов (завоз грунта для засыпки провалов и трещин, его планировка, создание откосов с необходимым углом наклона и т.д.), установка дегазаторов и оборудования для сбора фильтрата и сточных вод, установка рекультивационной защиты.

Биологический этап включает набор агротехнических и фитомелиоративных мероприятий, а именно подготовительные почвенные работы и непосредственную посадку зеленой фауны (растений, трав, деревьев и пр.).

Вторичные продукты (минеральный шлам и щебень) могут найти себе применение на техническом этапе при формировании рекультивационной защиты.

Допускается засыпка карьеров и других искусственно созданных полостей с использованием инертных отходов, ТБО и промышленных 3 - 4 классов опасности.

Как видно на представленном рисунке 4 в процессе формирования рекультивационной защиты используется грунт, песок, защитный экран и земля.



Рисунок 4 - Схема рекультивации полигона

В основе минеральных шламов лежат соединения кальция, в виде: оксида кальция, гидроксида кальция, карбоната кальция. Водная среда шлама имеет, как правило, щелочную реакцию.

Соответственно можно предположить, что минеральный шлам может заменить слой природного песка в схемах рекультиваций полигонов.

Принимая во внимание кислотную среду в теле свалки, минеральный шлам, имея щелочную среду, может быть успешно интегрирован, в качестве заменителя песка, с возможностью понижения кислотности тела свалки, что в свою очередь может частично облегчить процессы, происходящие в теле свалки.

В минеральных шламах количественное содержание тяжелых металлов и радиоактивных изотопов, значительно ниже предельно-допустимых концентраций. Данный факт свидетельствует о том, что минеральный шлам предприятия не может оказать отрицательного воздействия на окружающую природную среду, в том числе и на состояние почвенного плодородия.

Предназначенный для рекультивации шлам, должен иметь определенную влажность. В настоящее время накопленный опыт показывает,

что на шламонакопителе шлам, в летнее время имеет подходящую влажность для рекультивации отработанных земель без необходимости в дополнительной подготовке.

Вторичный щебень может заменить слой природного грунта в схемах рекультиваций полигонов.

Щебень из бетона незначительно уступает по своим характеристикам природному щебню. В целом щебень из бетона удовлетворяет требованиям ГОСТ 8267-93 «Щебень и гравий из плотных горных пород для строительных работ». Учитывая прочностные характеристики бетона, щебень, полученный из него, сформирует более жесткий защитный экран, чем при использовании обычного грунта, что немаловажно для правильного процесса формирования рекультивационного экрана.

Активный ил (сырой осадок) накапливаемый в постоянном режиме на территории очистных сооружений так же представляется возможным подключить к технологии рекультивации отработанных земель в качестве частичной замены земли. Лабораторный эксперимент показал, что наиболее оптимальным является соотношение почвенного слоя и активного ила в пропорции 70:30. Нахождение под слоем почвы минерального шлама не оказывает видимого влияния на высаженную культуру.

Комплексное вовлечение техногенных продуктов в технологию рекультивации полигона может стать новым перспективным направлением в утилизации отходов.

3.3 Технология подготовки материала для рекультивации полигона Тимофеевский

3.3.1 Методы обезвоживания и сушки минеральных шламов

Как показывает опыт повторного использования минеральных шламов в различных отраслях промышленности, в большинстве случаев, необходимо снижение влажности шламов. Допустимое остаточное содержание влаги в

шламе зависит от конкретных условий его последующего использования и может составлять от 1 до 80%.

Для более глубокого удаления влаги из шлама достигается применением двух или трехступенчатую обработку.

На рисунке 5 приведена схема одного из вариантов установки для сбора, уплотнения и частичного обезвоживания шлама осветлителей с барабанным вакуум-фильтром.

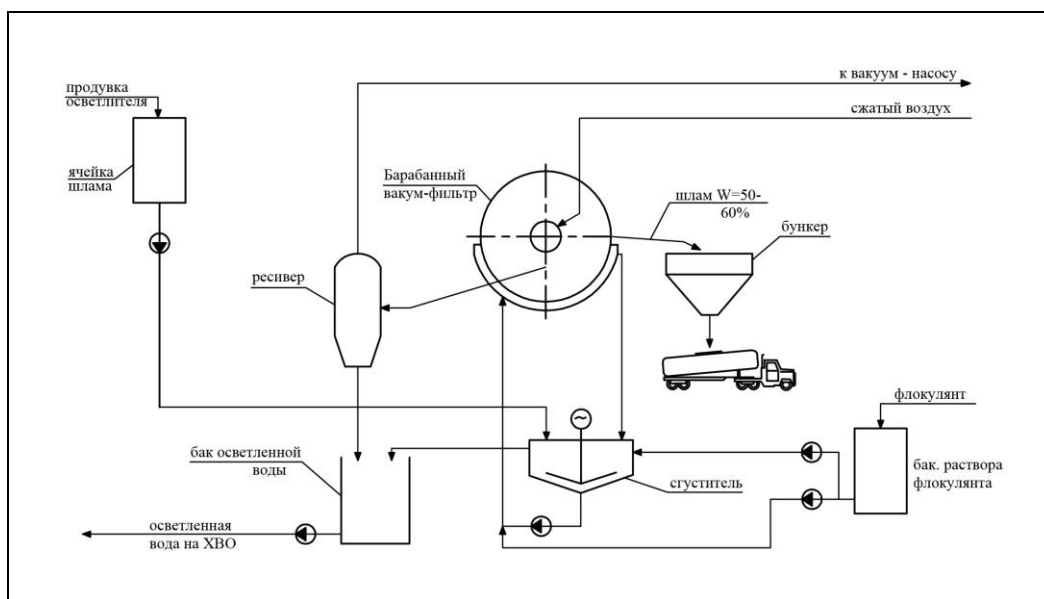


Рисунок 5 - Схема установки сбора, уплотнения и частичного обезвоживания шлама осветлителей с применением барабанного вакуум-фильтра

На первом этапе, продувка из осветлителя, собранная в ячейке шлама, подается в специальный аппарат-сгуститель, в котором осуществляется гравитационное уплотнение шлама с добавлением или без добавления флокулянтов. В качестве флокулянтов используются отечественные и импортные реагенты катионного, анионного и не ионного типа. Эффективность флокулянта зависит от конкретных условий. Оптимальный выбор производится на основании пилотных испытаний обработок шламовых вод. Раствор флокулянта готовится в баке раствора коагулянта.

Сгустители выполняются в виде вертикальных емкостей квадратного или круглого сечения с одной или несколькими гребенчатыми мешалками. Частичное разрушение структуры происходит за счет медленного перемешивания осадка мешалкой. Что в свою очередь приводит к значительному уменьшению (в 5-10 раз) его объема. Применяются полочные и радиальные сгустители. В сгустителях идет процесс перегруппировки частиц осадков, с увеличением числа контактов между ними. В результате влажность осадка уменьшается с 95-99 % до 85-90 %. Одновременно понижается сопротивление шлама при последующем обезвоживании и увеличивается его водоотталкивающая способность.

Осветленная вода сливается в бак и выводится из системы в резервуар с осветленной водой ХВО. Уплотненный осадок накапливается в нижней части сгустителя и подается в резервуар (нижняя часть) барабанного вакуум-фильтра.

Вакуум-фильтр - полый барабан с перфорированной боковой поверхностью. Изнутри разделен на отдельные ячейки. Поверхность барабана покрывается металлической сеткой и затем фильтровальной тканью. Вал барабана полый. С одной стороны он соединен с приводом, а с другой - с распределительным устройством, позволяющим при вращении барабана отдельным ячейкам соединяться с различными полостями его неподвижной части для последовательного проведения отдельных операций фильтрования [28]. Барабан погружается (на 0,3-0,4 своего диаметра) в резервуар, содержащий фильтруемую суспензию. Для того, что бы эта суспензия ни выпала в осадок, в резервуаре предусмотрена качающаяся мешалка. Кроме того, осуществляется циркуляция части суспензии обратно в сгуститель.

Так как соответствующие ячейки барабана соединены с вакуумом через ресивер, осадок захватывается поверхностью барабана в зоне фильтрования при ее прохождении через объем суспензии, находящейся в резервуаре. При вращении барабана (0,1 - 3 об/мин.) отфильтрованный осадок выходит из

объема суспензии и происходит его обезвоживание под действием вакуума. Осадок удаляется с поверхности барабана в зоне удаления осадка, продуваемой изнутри сжатым воздухом.

При этом осадок разрыхляется и снимается с поверхности специальным устройством - ножом. Существуют и другие устройства для снятия с поверхности барабана осадка [28].

В зоне регенерации ткань также продувается сжатым воздухом изнутри в целях восстановления ее фильтровальных свойств.

Частично обезвоженный осадок собирается в бункере и периодически вывозится.

Барабанные фильтры вакуумного типа имеют поверхность фильтрования 1 - 75 м². Барабаны этих фильтров изготавливаются из легированных материалов, позволяющих работать в агрессивных средах и при повышенных температурах.

Барабанные вакуум-фильтры имеют ряд недостатков и преимуществ:

К недостаткам можно отнести:

- сложную конструкцию самого фильтра;
- невозможность в случае необходимости широко изменять

продолжительность отдельных операций в общем цикле фильтрования.

К преимуществам:

- непрерывность действия.

Для обезвоживания шламов на этой стадии помимо вакуум-фильтров используются фильтр - прессы, центрифуги и пр.

Шламоуплотнительные станции такого типа сооружены на ряде ТЭЦ ОАО Мосэнерго, Казанской ТЭЦ-1, Минской ТЭЦ-3, нескольких котельных ОАО «МОЭК» в г. Москве и ряде других объектов.

Такое снижение влажности известкового шлама для целого ряда перспективных направлений его использования оказывается недостаточным. В большинстве случаев необходимо более глубокое удаление влаги, вплоть до 1-5%.

Выбор того или иного типа оборудования для обезвоживания шлама зависит от конкретных условий, в первую очередь, от свойств самого шлама, необходимой производительности установки и остаточной влажности. При этом влажность шлама после обезвоживания может изменяться в широкий диапазон - от 45 до 75%. Снижение влажности можно обеспечить за счет термической сушки шлама, предварительно обезвоженного вышеуказанным способом.

Наибольшее распространение для термической сушки шлама нашли распылительные сушилки различного типа.

Один из возможных вариантов сушки (установка для сушки шлама с распылительной сушилкой) приведен на рисунке 6.

К основному недостатку распылительных сушилок относятся:

- необходимость глубокой очистки дымовых газов от продувки сушки.

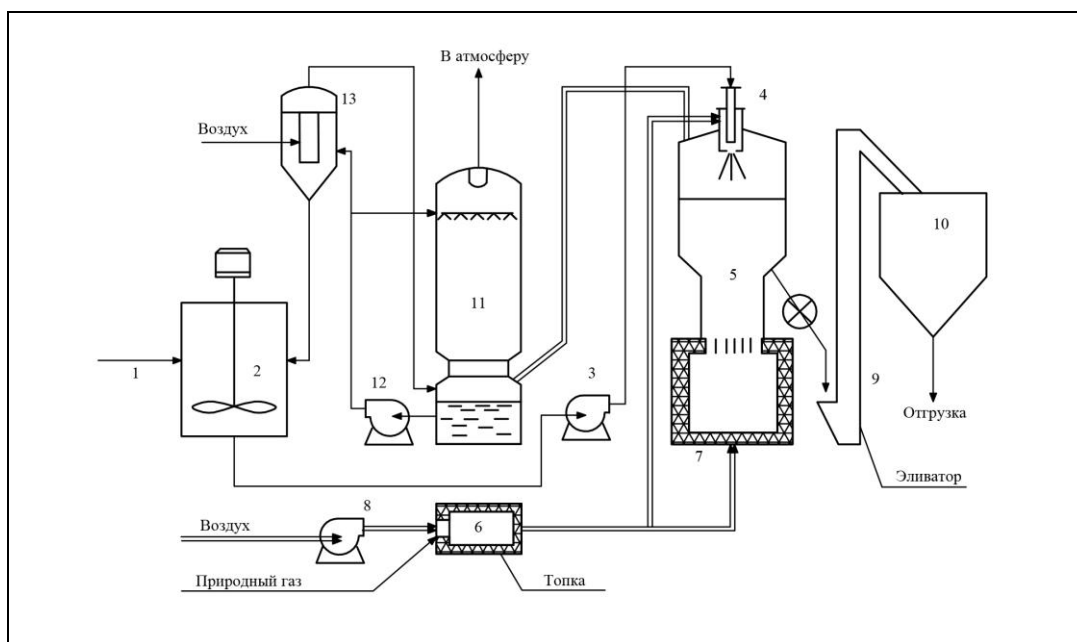


Рисунок 6 - Установка для сушки шлама с распылительной сушилкой

Частично обезвоженный шлам 1 после механического обезвоживания поступает в мешалку 2, где перемешиваясь он приобретает необходимую текучесть. Далее шлам насосом 3 специальной конструкцией подается через

распылительное сопло 4 в аппарат сушки и грануляции 5. В нижнюю и верхнюю части аппарата 5 из топки 6 подаются продукты сгорания газа 7. Воздух для сжигания газа подается в топку вентилятором 8. В аппарате 5 происходит грануляция (образование частичек заданного размера) и сушка шлама до необходимой влажности. Гранулированный шлам выводится из аппарата 5 и элеватором 9 подается в бункер 10, откуда сухой шлам отгружается потребителю. Важным элементом при сушке шлама в распылительных сушилках является очистка дымовых газов от продуктов сушки [29]. В приведенной установке, дымовые газы аппарата 5 направляются в скруббер 11, где промываются водой. Вода вместе с выделенными из дымовых газов частичками шлама насосом 12 подается в патронный фильтр 13, где фильтруется через специальную ткань. Осветленная вода подается снова в скруббер 11. Патронный фильтр по мере загрязнения регенерируется путем подачи сжатого воздуха. Часть воды вместе со шламом из фильтра 13 сливается в мешалку 2 [29].

Использование лопастных сушилок, позволяет более просто решить эту проблему. Принципиальная схема работы лопастных сушилок приведена на рисунке 7.

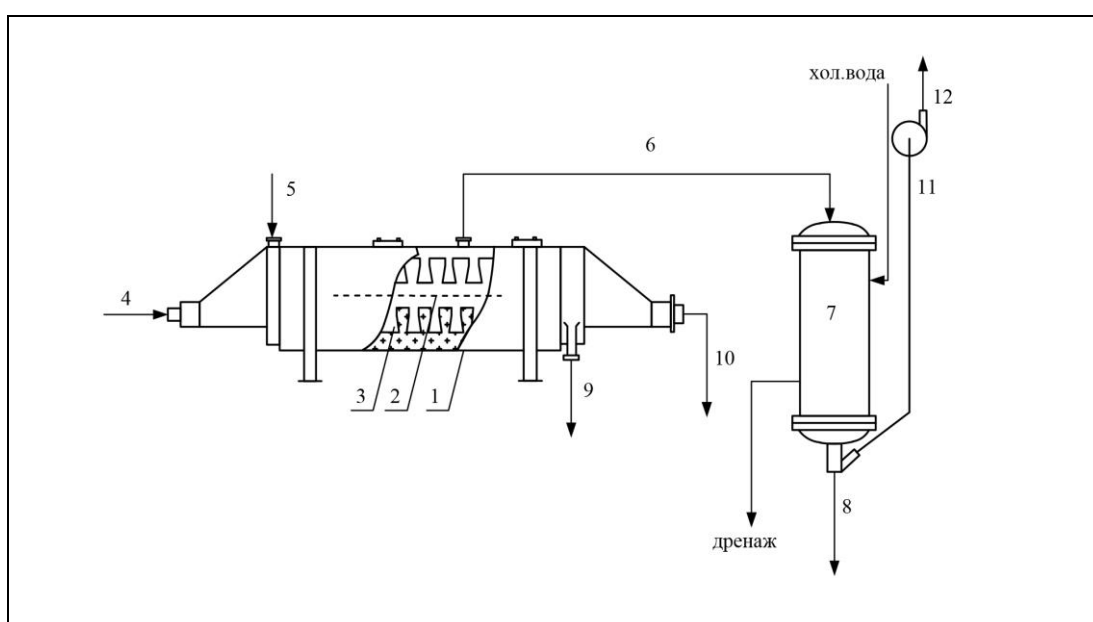


Рисунок 7 - Принципиальная схема лопастной сушилки

Внутри корпуса 1 сушилки расположен пустотелый вал 2 с пустотелыми лопастями 3 специальной клинообразной формы, куда подается теплоноситель 4 (пар, горячая вода, дымовые газы и т.д.). Частично обезвоженный шлам 5 подается снаружи вала и лопастей, при вращении которых происходит перемешивание и сушка шлама. Образовавшийся в результате сушки пар 6 конденсируется в конденсаторе 7. Конденсат 8 используется в технологической схеме предприятия. Высушенный шлам 9 отгружается потребителям, а охлажденный теплоноситель 10 (конденсат, вода, дымовые газы и пр.) выводятся из противоположного конца вала 2. Неконденсирующиеся газы 11 из конденсатора 7 отводятся в атмосферу вентилятором 12.

Отсутствие непосредственного контакта теплоносителя со шламом исключает его загрязнение продуктами сушки [29].

В настоящее время на отечественном рынке предлагается большое количество аппаратов разной конструкции для частичного обезвоживания и сушки различных материалов и шламов, которые можно использовать для обработки минеральных шламов химводоподготовки.

3.3.2 Методы подготовки активного ила

Иловые площадки в ПАО «ТОАЗ» являются накопителем отходов 4 класса опасности для их складирования, обезвоживания путем естественного подсушивания и временного хранения.

На иловые площадки сбрасывается сброженный, уплотненный сырой осадок из первичных отстойников и избыточный активный ил из приемной камеры иловой насосной станции, а также складировается обезвоженный осадок из отделения центрифугирования.

На иловых площадках происходит естественное высушивание и вылеживание сырого осадка в соответствии с техническим регламентом

очистных сооружений, после чего биологическая масса вывозится самосвалами в отвалы.

В данном случае предлагается вывозить подготовленную массу не в отвалы, а на территории обработанных земель. Дополнительные процедуры по подготовке биологической массы не требуются.

3.3.3 Методы получения вторичного щебня из строительных отходов

Процесс дробления и сортировки представляет собой целый комплекс технологических операций, состоящий из приема, предварительную подготовки, сортировки с отбором мелкой фракции и эвакуацией ее, дробление, транспортирование на участок складирования или на последующее грохочения, извлечение металлических включений. Дробильно-сортировочные комплексы выполняются в виде стационарных технологических линий и в виде мобильных агрегатов.

Важной особенностью применения любых дробильных комплексов, является ограничение по максимальным размерам перерабатываемых кусков, связанное с размером входного размера дробилок. В случае наличия в ломе бетона крупных кусков или при необходимости переработки отходов бетона в виде готовых изделий требуется предварительная подготовка материала. Например, измельчение крупных кусков гидроразрывными на основе экскаватора. Гидроразрывники позволяют измельчить крупные куски, отделить и порубить металлическую арматуру, извлеченную из железобетона. В случае необходимости дополнительно может, применяется гидромолот.

Дробильное оборудование для строительных отходов в достаточной степени представлено на рынке перерабатывающей техники. В продаже имеется, как навесное оборудование, так и независимые стационарные и мобильные установки английского, итальянского, чешского и немецкого производства.

Выбор схемы переработки и соответствующего ей оборудования зависит от свойств строительных отходов и характеристик дробильного оборудования. Типовая схема переработки строительных отходов представлена на рисунке 8.

Данная схема применима для организации стационарных и мобильных перерабатывающих комплексов. Основным узлом в схеме является дробильная установка, имеющая электрический привод или привод от собственного дизельного двигателя. Существует несколько конструктивных типов дробильных установок. Наиболее пригодные - щековые и роторные. Молотковые, валковые и конусные дробилки не могут применяться для первичной переработки строительных отходов из-за наличия в его составе мусора.

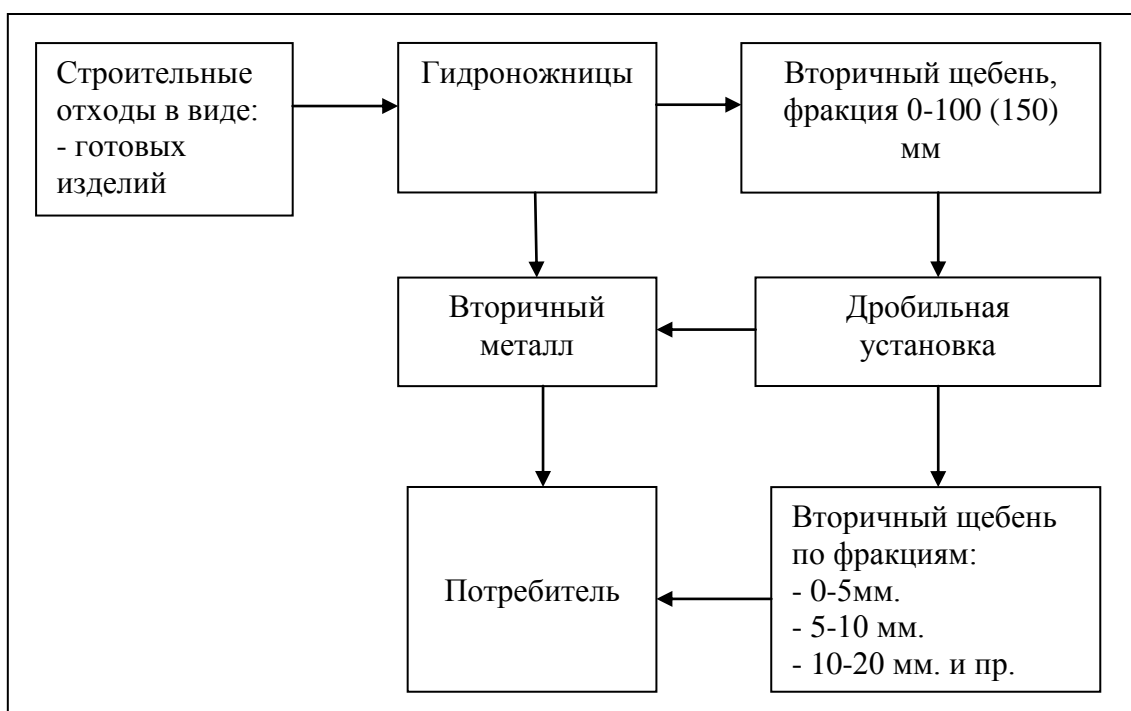


Рисунок 8 - Типовая схема переработки строительных отходов

Достоинства:

- высокая производительность - до 300т/час;
- встроенный металлический отделитель;

- возможность регулировать расстояние между рабочими элементами и задавать размер получаемого щебня;

- некоторые модели могут быть оснащены встроенными грохотами для разделения вторичного щебня на фракции.

Недостатки:

- высокая стоимость - от 15 млн. рублей и выше;

- сложность в обслуживании;

- низкая мобильность;

- ограничение по размерам перерабатываемых кусков, т.к. размеры загрузочного лотка имеют ограничения.

Максимальный размер лимитирован по одной из стороны расстоянием 800-1000 мм. При наличии больших кусков или целых изделий необходимо предварительное (дополнительное) дробление, например, при помощи гидромолота или гидроразрывных устройств. Вместе с высокопроизводительными дробилками, для получения более качественного щебня, могут применяться самостоятельные сортировочные установки, которые могут изготавливаться в стационарном и мобильном исполнении.

Целесообразность использования высокопроизводительных дробильных установок возникает в случаях образования строительных отходов не менее 25 000 тонн в месяц. Сравнительные характеристики щековых и роторных дробилок приведены в таблице 5. Некоторые модели дробилок оснащены магнитным сепаратором для отделения металла, встроенными грохотами для разделения вторичного щебня на фракции, на выходе из дробилки. Некоторые модели имеют возможность дооснащения дробильной установки внешними грохотами в виде отдельного модуля.

Основными характеристиками дробильных установок являются:

1. Нормативная производительность установки.
2. Наличие магнитного сепаратора.
3. Максимальный размер перерабатываемых кусков материала.
4. Наличие грохотов.

5. Автономность работы.

Предложенная схема позволяет:

- организовать эффективную переработку строительных отходов с большой производительностью;
- получать вторичный щебень разного фракционного состава и различной степени чистоты.

Таблица 5 - Сравнительные характеристики щековых и роторных дробилок

Тип дробилки	Достоинства	Недостатки
Щековые дробильные установки	1. Сравнительно невысокая стоимость; 2. Сравнительно низкая стоимость технического обслуживания; 3. Возможность регулировать размеры получаемой фракции путем изменения зазора между дробильными щек; 4. Высокий ресурс дробящих пластин; 5. Низкие удельные энергозатраты; 6. Небольшое содержание мелочи в дробленом материале.	1. Невысокая производительность; 2. Высокие требования по подготовке поступающего (входного) материала; 3. Невысокая степень дробления (1:6).
Роторные дробильные установки	1. Высокая производительность, которая практически не зависит от регулировки выходного зазора; 2. Высокая степень дробления; 3. Высокий коэффициент дробления; 4. Высокая кубовидность продукта; 5. Возможность перерабатывать плохо подготовленный материал (большие куски, крупную арматуру и пр.)	1. Более высокая стоимость по сравнению с щековыми дробилками; 2. Более высокая стоимость ТО; 3. Высокий процент отсева (мелочи); 4. Высокие удельные энергозатраты; 5. Ресурс бил (ударных пластин) ниже ресурса щек на щековых дробилках

Из недостатков можно выделить:

- потребность в специализированной площадке для установки оборудования и складирования строительных отходов;
- необходимость в обеспечении дробильного оборудования сырьем - строительными отходами в значительных количествах, так как подобные дробилки обладают высокой производительностью (в среднем 100т/час и выше), для обеспечения окупаемости вложения в оборудование.

В случаях, отсутствия необходимых объемов возможна переработка строительного мусора по двум упрощенным схемам.

1. Когда строительные отходы необходимо перерабатывать в виде лома бетона, без крупных кусков и больших фрагментов выступающих частей металлической арматуры. Упрощенная схема представлена на рисунке 9.

2. Когда строительные отходы необходимо перерабатывать в виде готовых изделий и лома, содержащих крупные куски (размером от 0,6 м.), включая металлические арматуры. Упрощенная схема представлена на рисунке 10.

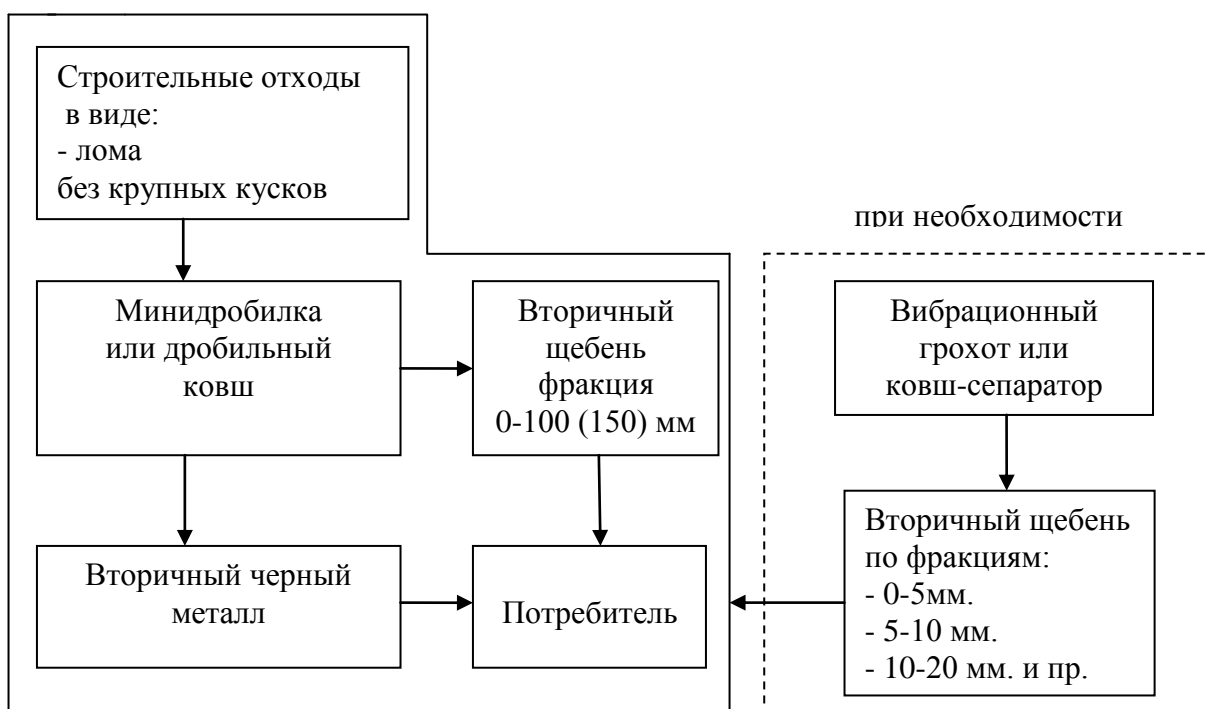


Рисунок 9 - Упрощенная схема переработки строительных отходов в виде лома, не содержащего крупные куски и большие фрагменты выступающей металлической арматуры

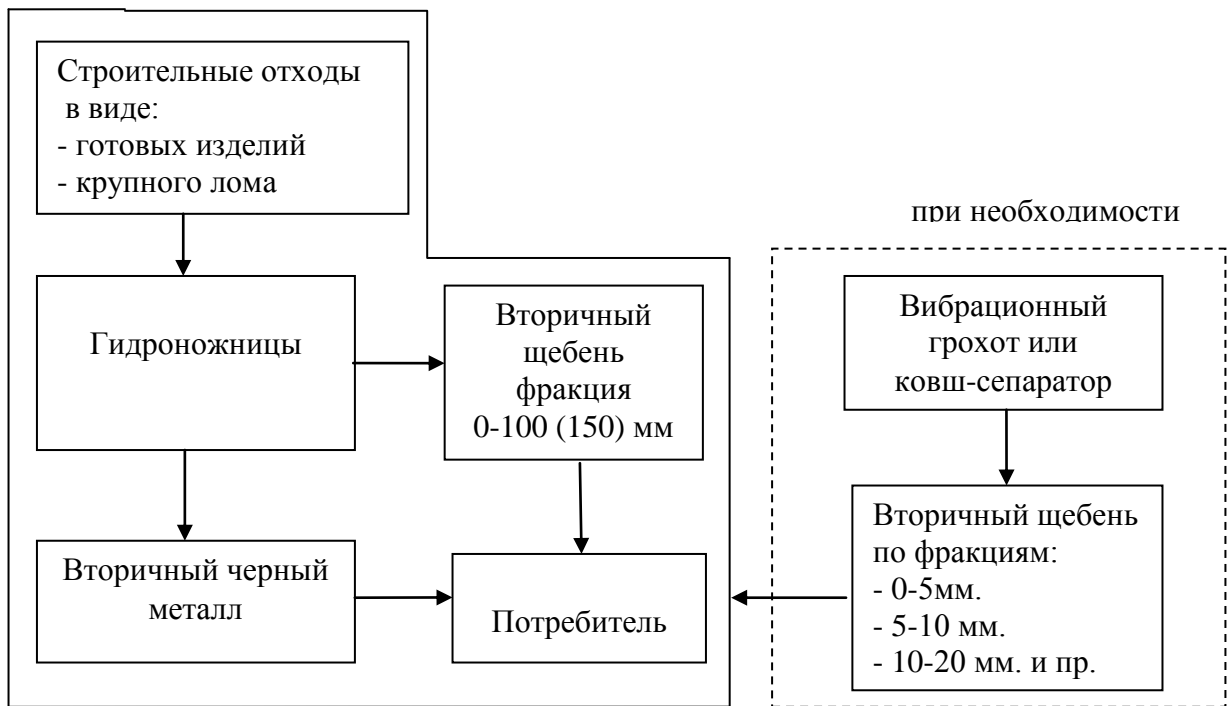


Рисунок 10 - Упрощенная схема переработки строительных отходов в виде готовых изделий и лома, содержащего крупные куски

Основной элемент в данной схеме - гидроножницы, используемые вместо ковша на обычных экскаваторах и позволяющие разрушать готовые изделия и крупные куски бетона, с параллельным извлечением металлической арматуры. Конструкция ножиц позволяет не только рубить, но и спрессовывать арматуру.

К достоинствам данного метода можно отнести:

- низкую цену;
- возможность переработки отходов бетона любых размеров (вплоть до непосредственного разрушения зданий и пр. конструкций) до щебня фракции 0-100 (150) мм с выделением металлической арматуры;
- мобильность и независимость от электрических сетей;
- возможность навесить гидроножницы на имеющийся, на предприятии экскаватор (непосредственно на время, необходимое на переработку);
- при малом количестве образования строительных отходов, возможно, ограничиться только применением гидроножниц, а при необходимости дооснаститься щековой дробильной установкой. Гидроножницы являются

необходимым звеном в переработке строительных отходов, так как размеры грузочного люка даже в очень производительных дробилках ограничены и не превышают 800-1000 мм по одной из сторон.

К недостаткам данного метода можно отнести:

- необходимость наличия свободного экскаватора, для навешивания гидроразрывной;
- низкую производительность.

Последнее свойство является недостатком достаточно условно. Относительно низкая производительность (10-17,5 т/час) у гидроразрывной проявляется, когда они работают самостоятельно, без использования дробилок, однако позволяют перерабатывать отходы в спокойном режиме, без простоя технологического оборудования, как в случае использования высокопроизводительных дробилок и не переплачивая за них. При работе гидроразрывной совместно с дробилками, когда не требуется дробить отходы на мелкие фракции и выделять металлическую арматуру, они обеспечивают сопоставимую с дробилками производительность.

В случае необходимости разделения полученного вторичного щебня на фракции или отделения загрязнений в виде грунта, совместно с гидроразрывными целесообразно применять вращающийся ковш-сепаратор.

К достоинствам можно отнести:

- низкую цену;
- мобильность и независимость от электрических цепей;
- возможность навесить ковш-сепаратор на имеющийся на предприятии экскаватор, непосредственно на время, необходимое для работ.

К недостаткам:

- необходимость наличия свободного экскаватора, для навешивания гидроразрывной или необходимость переустановки ковша-сепаратора вместо гидроразрывной;
- ручная смена сепарирующих сеток;
- последовательный режим проведения разделения на фракции.

Строительные отходы предприятия (как образующиеся, так и накопленные), представляют собой в большей степени готовые изделия (панели, плиты бетонные, блоки), потерявшие свои потребительские свойства и бетонолом. В меньшей степени встречается бетон и керамзитобетон. Объемы образования этих отходов сравнительно не велики.

В этих условиях, наиболее оптимальной схемой переработки отходов из рассмотренных ранее, является упрощенная схема переработки строительных отходов в виде готовых изделий и лома, содержащего крупные куски, представленная на рисунке 10.

Предлагаемая схема позволит обеспечить скорость переработки строительных отходов (в виде готовых изделий и бетонолома) в зависимости от выбранного типа гидробоиниц от 10 до 17,5 т/час.

Применение минидробилок и дробильных ковшей не целесообразно из-за небольшого размера загрузочного окна, что влечет за собой невозможность переработки крупных частей отходов, особенно с включениями арматуры, а так же их высокой стоимости (от 4.5 млн. руб.) по сравнению с предлагаемыми вариантами гидробоиниц (от 1,8 млн. руб.). Целесообразность появляется, в случае необходимости переработки всего объема строительных отходов в мелкие фракции вторичного щебня (например 20-40 мм) и при потребности увеличения производительности переработки отходов. Но и в данном случае, перед поступлением в минидробилку или дробильный ковш необходимо довести размеры кусков бетона до небольших значений с использованием гидробоиниц.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе настоящей работы было выполнено следующее:

- проведен анализ процессов образования отходов сопровождающих деятельность ПАО «ТОАЗ», изучены их общие свойства.
- изучен отечественный и зарубежный опыт повторного использования минеральных шламов в различных отраслях промышленности;
- изучена существующая практика технологических решений по переработке и использованию строительных отходов;
- на основе совокупности материалов о составе, количестве и имеющемся опыте обращения с отходами, предложены наиболее целесообразные способы повторного использования техногенных продуктов ПАО «ТОАЗ»;
- исследованы результаты изысканий на шламонакопителе, в ходе которых были отобраны и проанализированы пробы двух видов шламов с различных зон и глубин шламонакопителя; проведен комплексный химический анализ минеральных шламов;
- проведен лабораторный эксперимент по воздействию минерального шлама и активного ила на почву и растительный мир;
- предложена комплексная схема рекультивации полигона пос. Тимофеевский техногенными продуктами ПАО «ТОАЗ».

Было установлено, что деятельность предприятия сопровождается образованием двух видов минеральных шламов в цехе водоподготовки на стадии первичной очистки воды. Шлам коагуляции с известкованием - образуется в осветлителях на стадии коагуляции с известкованием. Шлам приготовления известкового молока - соответственно на стадии гашения извести и приготовления известкового теста, при промывке оборудования.

Проведенные исследования показали, что химический состав шлама коагуляции с известкованием, представляет собой смесь карбоната кальция,

гидроксидов кальция, магния, соединений железа. Данный тип шлама относится к карбонатному типу минеральных шламов, так как содержание карбоната кальция находится в пределах 63-81%. Средняя влажность составляет - 62,1%, средняя плотность - 1,3 т/м³. Фактическое годовое образование шлама коагуляции (по данным предприятия) - 1400 т/год. Накоплено в шламонакопителе - 145 000 м³ (1888 500 т).

Шлам приготовления известкового молока фактически представляет собой - известковое молоко с включением механических примесей, не погасившихся зерен, а так же гидроксиды кальция и магния, карбоната кальция, которые образуются при контакте с речной водой. Данный тип шлама относится к карбонатному-известковому типу минеральных шламов. Основной компонент шлама карбонат кальция, гидроксиды кальция и магния, с преобладанием соединений кальция. Средняя влажность составляет - 25%, средняя плотность 1,5 т/м³. Фактическое годовое образование шлама приготовления известкового молока (по данным предприятия) - 98,6 т/год. Накоплено в шламонакопителе - 5 000 м³ (7500 т).

Существующие методы повторного использования минеральных шламов сводятся к следующему перечню направлений:

- получение извести из известковых шламов;
- в строительной отрасли;
- в производстве резин и резинотехнических изделий, в качестве добавок и наполнителей;
- при регулировании кислотности почв в качестве минеральных удобрений;
- при очистке сточных вод промышленных предприятий в качестве сорбционного материала;
- в качестве рекультивационных материалов и заменителей природных грунтов.

Практически все рассмотренные методы вторичного использования минеральных шламов имеют несколько общих особенностей, требующих внимания и дополнительной проработки перед внедрением:

1. Шлам, используемый в качестве добавок в различные материалы, должен обладать постоянными и стабильными во времени свойствами, не зависящими от партии шлама, времени его извлечения из шламонакопителя и т.д.

Для обеспечения подобных требований, на предприятии необходимо будет организовать небольшой цех, который будет включать в себя закрытый склад шлама, фильтровальное и сушильное оборудование.

2. Необходимость проведения дополнительных исследований по отработке рецептур и определения оптимальной дозы минерального шлама, вводимого в различные продукты; проведение прочностных и иных испытаний материалов, полученных с применением минерального шлама.

Особенностью хранения минеральных шламов в шламонакопителе является зависимость состояния шлама от времени года. В зимнее время шлам замерзает, что затрудняет или делает невозможным его извлечение. В летнее время поверхностный слой шлама, глубиной 0,8-10,0 м, высыхает, до состояния, позволяющего, в некоторых случаях исключить стадию вакуумной фильтрации при предварительной подготовке шлама к дальнейшему использованию.

Содержание тяжелых металлов и радиоактивных изотопов в шламах ХВО ниже предельно-допустимых концентраций, что ни в коем случае не может оказать отрицательного воздействия на окружающую природную среду, в том числе состояние почвенного плодородия.

Принимая во внимание, достоинства, недостатки и ограничивающие факторы каждого из представленных методов повторного использования минеральных шламов, наиболее целесообразным путем утилизации представляется перевод данного отхода в техногенный продукт для рекультивационных работ. Данный метод утилизации является наиболее

экологичным, целесообразным и дешевым. Работы можно проводить в летний период года, когда поверхность шлама достаточно подсохла и исключает необходимость в дополнительной обработке перед утилизацией. Извлеченный минеральный шлам можно сразу грузить в автосамосвалы и транспортировать к месту рекультивации.

Особенно привлекательным становится данное направление с учетом возможности интегрирования в него остальных отходов образующихся на предприятии, а именно строительных отходов и отходов цеха очистных сооружений (активного ила, сырого осадка).

Строительные отходы образуются на предприятии при проведении строительных работ, реконструкций зданий и сооружений на территории завода и на объектах социального и культурно-бытового назначения. Основные компоненты строительного мусора от разборки зданий представлены отходами кирпича и бетона в виде готовых изделий потерявших потребительские свойства в виде лома, древесными отходами, отходами стекла и полимеров.

Сточки зрения переработки и дальнейшего использования строительных отходов интерес представляют отходы кирпича и бетона. При этом наибольшую ценность несут отходы бетона, так как в процессе переработки возможно получение вторичного щебня, пригодного для дальнейшего использования в рекультивационных целях. Отходы кирпича имеют наименьшую ценность, ввиду меньшей механической прочности, но так же пригодны для переработки и дальнейшего применения вторичного материала на малоответственных работах.

С целью определения объемов накопленных строительных отходов было проведено обследование территории предприятия, включающее в себя визуальный осмотр промплощадки, инвентаризацию отходов и измерение их геометрических размеров. Был выявлен факт хранения значительного количества строительных отходов на территории завода.

Накопления строительных отходов, представленных изделиями из бетона и бетонолома, выявлены в количестве:

- готовых к переработке - 1737 т (880 м³);
- не извлеченных из грунта, не готовых к переработке - 16 888 т (6755 м³).

Существующие методы повторного использования вторичного щебня сводятся к следующему перечню [8]:

- при строительстве дорог, пешеходных дорожек, тротуаров;
- в качестве сырья для строительных материалов, в том числе как наполнитель для бетонов классом до В25 (в данном случае необходимо проведение дополнительных исследований конкретного вторичного щебня в строительных лабораториях);
- для замены грунта при засыпке;
- под фундаментное основание;
- в ландшафтной архитектуре.

Характеристики и свойства вторичного щебня в полной мере позволяют использовать его в качестве материала для загрузочного слоя в комплексной технологии рекультивации отработанных земель.

В настоящее время сложилась практика переработки отходов кирпича и бетона:

- на стационарных комплексах;
- на месте их возникновения (мобильные установки).

Переработка строительных отходов на стационарных комплексах позволяет перерабатывать большие объемы, но требует обеспечения подвоза мусора к месту переработки. Мобильные установки, решают задачу с подвозом мусора, позволяя перерабатывать отходы в любом месте образования, но с меньшей производительностью.

Для решения комплексной утилизации накопленных и ежегодно образующихся отходов, целесообразно использовать упрощенную схему переработки строительных отходов в виде готовых изделий и лома,

содержащего крупные куски, приведенную на рисунке 10. Основным элементом этой схемы - гидробои, используются вместо ковша на обычных экскаваторах и позволяют разрушать крупные куски бетона и цельные готовые изделия, с параллельным извлечением металлической арматуры. Конструкция бои позволяет не только рубить арматуру, но и спрессовывать ее.

Активный ил (сырой осадок) накапливаемый в постоянном режиме на территории очистных сооружений так же представляется возможным подключить к технологии рекультивации обработанных земель в качестве частичной замены почвенного слоя. Лабораторный эксперимент показал, что избыточное содержание активного ила в почве оказывает негативное (отравляющее) влияние, но при соблюдении баланса в почве питательных веществ активный ил является прекрасным удобрением. Оптимальным является соотношение почвенного слоя и активного ила в пропорции 70:30. Нахождение под слоем почвы минерального шлама, в данном случае, не оказывает видимого влияния на высаженную культуру.

Полигон Тимофеевский является комплексом природоохранного сооружения. Он предназначен для централизованного сбора, обезвреживания и захоронения отходов. По мере исчерпания своих ресурсов полигон будет подвергнут рекультивации. Рекультивация - целый ряд поэтапных мероприятий, направленных на возрождение ценности земельных угодий для дальнейшего хозяйственного использования, улучшения условий окружающей среды и экологической обстановки в целом.

Процесс рекультивации полигона включает два этапа: технический и биологический. На техническом этапе осуществляется стабилизация и планировка чаш полигонов (завоз грунта для засыпки провалов и трещин, его планировка, создание откосов с необходимым углом наклона и т.д.), установка дегазаторов и оборудования для сбора фильтрата и сточных вод, установка рекультивационной защиты. Биологический этап включает набор агротехнических и фитомелиоративных мероприятий, а именно

подготовительные почвенные работы и непосредственную посадку зеленой фауны (растений, трав, деревьев и пр.).

Вторичные продукты (минеральный шлам и щебень) могут найти себе применение на техническом этапе при формировании рекультивационной защиты.

Допускается засыпка карьеров и других искусственно созданных полостей с использованием инертных отходов, ТБО и промышленных 3 - 4 классов опасности [11].

Как видно на рисунке 4 в процессе формирования рекультивационной защиты используется грунт, песок, защитный экран и земля.

В основе минеральных шламов лежат соединения кальция, в виде: оксида кальция, гидроксида кальция, карбоната кальция. Водная среда шлама имеет, как правило, щелочную реакцию. Соответственно можно предположить, что минеральный шлам может заменить слой природного песка в схеме рекультивации полигона. Принимая во внимание кислотную среду в теле свалки, минеральный шлам, имея щелочную среду, может быть успешно интегрирован, в качестве заменителя песка, с возможностью понижения кислотности тела свалки, что в свою очередь может частично облегчить процессы, происходящие в теле свалки.

Вторичный щебень может заменить слой природного грунта в схеме рекультивации полигона. Щебень из бетона незначительно уступает по своим характеристикам природному щебню. В целом щебень из бетона удовлетворяет требованиям ГОСТ 8267-93 «Щебень и гравий из плотных горных пород для строительных работ». Учитывая прочностные характеристики бетона, щебень, полученный из него, сформирует более жесткий защитный экран, чем при использовании обычного грунта, что немаловажно для правильного процесса формирования рекультивационного экрана.

Активный ил (сырой осадок) накапливаемый в постоянном режиме на территории очистных сооружений так же представляется возможным подключить к технологии рекультивации полигона пос. Тимофеевский.

Лабораторный эксперимент показал, что наиболее оптимальным является соотношение почвенного слоя и активного ила в пропорции 70:30. Нахождение под слоем почвы минерального шлама не оказывает видимого влияния на высаженную культуру.

Подводя итоги вышесказанного, становится очевидным, что комплексная утилизация отходов производства (минеральных шламов, строительных отходов и активного ила) путем рекультивации полигонов имеет перспективные тенденции к развитию данного направления. Она позволит предприятиям не только избавиться, в совокупности от накопившихся объемов техногенных отходов, но и получить большой экологический эффект как на территории предприятий, так и в регионах в целом.

В случае отсутствия организации процесса переработки, предприятие будет нести финансовые убытки на вывоз и захоронение отходов (экологические платежи за негативное воздействие на окружающую среду, расходы на транспортировку и размещение отходов на полигоне).

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Edwin, P. Plueddemann, Ed. Interface in Polymer Matrix Composites, 1974. N.Y.: Academic Press, p.316.
2. Edwin, P. Plueddemann, Ed. Proc. Am., Chem. Soc., 19 Meeting Anaheim, 1986, p.324.
3. Zac de milieu SNF Floerger . Sludge dewatering, 2003, p.36.
4. Kotsupalo, N.P., Ryabtsev A.D., Yagolnitsers M.A. and Lyakhov N.Z. Profitable processing of Lithium-Bearing Low-Grade ore for obtaining lithium compounds and cement/ Chemistry for sustainable development, Novosibirsk. : Higher Education. - p.143-151.
5. Hall, Jeremy, Technology and innovative options related to sludge management, WRc plc, Medmenham, Marlow, SL7 2HD, United Kingdom.
6. Шишкин, Я.С. Снижение экологической нагрузки полигонов ТБО на объекты гидросферы на завершающих этапах жизненного цикла: дис. канд. техн. наук: 03.00.02: защищена 16.05.07/ Я.С. Шишкин. – Пермь. , 2007. -124 с.
7. Ярославский, Н.Е. Полимерные материалы в теплоэнергетике / Н.Е. Ярославский - М. : Энергия, 1981. – 27 с.
8. Переработка строительных отходов на мобильном сортировочном комплексе ООО «СвеРусЛизинг А.Б.» М., 2005. – 37 с.
9. ГОСТ Р 56598-2015. Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Общие требования к полигонам для захоронения отходов. - Введ. 2016-07-01. - М.: Стандартинформ, 2016. – 32 с. - [Электронный ресурс]. - 2016 - URL:<http://client.consultant.ru/site/list/?id=1004261880> (дата обращения 30.05.2019).
10. Тольяттиазот. [Электронный ресурс]. - URL:<https://toaz.ru/rus/about/production.phtml> (дата обращения: 11.11.2018).
11. СП 2.1.7.1038-01.2.1.7. Почва, очистка населенных мест, отходы производства и потребления, санитарная охрана почвы. Гигиенические

требования к устройству и содержанию полигонов для твердых бытовых отходов. Санитарные правила. – Введ.2001-08-24. – Источник публикации: бюллетень нормативных актов федеральных органов исполнительной власти. №33, 2001. [Электронный ресурс]. - URL:<http://client.consultant.ru/site/list/?id=1004261894> (дата обращения 30.05.2019).

12. СанПиН 2.1.7.1322-03. Почва. Очистка населенных мест, отходы производства и потребления, санитарная охрана почвы. Гигиенические требования к размещению и обезвреживанию отходов производства и потребления. Санитарно-эпидемиологические правила и нормы: утв. Главным государственным санитарным врачом Рос. Федерации 30.04.03; введ. в действие с 15.06.03. – 20 с. - [Электронный ресурс].- URL:<http://client.consultant.ru/site/list/?id=1004261921> (дата обращения 30.05.2019).

13. ГОСТ 30772-2001. Межгосударственный стандарт. Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Термины и определения. – Введ. 2002-07-01. – М. : ИПК Изд-во стандартов, 2002. – 28 с.- [Электронный ресурс]. - URL: <http://client.consultant.ru/site/list/?id=1004262017> (дата обращения 30.05.2019).

14. Калашников, В.И. Теоретические предпосылки высокой поверхности реакционной активности карбонатов в формировании прочности карбонатно-цементных и карбонатно-шлаковых вяжущих / В.И. Калашников, Л.В. Хвастунов, О.Л. Викторова, В.М. Журавлев, В.И. Степанов - Воронеж. : 1999. – С.181-187.

15. Сватовская, Л.Б. Активированное твердение цементов / Л.Б. Сватовская, М.М.Сычева - Л. : Стройиздат, 1983. - 160 с.

16. Талпа, Б.В. Безобжиговый кирпич из техногенного карбонатного сырья юга России / Б.В. Талпа - Строительные материалы, 2003. - №1. - С.50-51.

17. Дергунов, С.А. Смешанные вяжущие направленного спектра действия // X Акад. чтения РААСН/ С.А. Дергунов, В.Н. Рубцова - Казань, 2006. – С.17.

18. Пичугин, А.П. Минеральные вяжущие на основе карбонатных отходов сахарного производства / А.П. Пичугин, В.Н.Терешин. - Строительные материалы, 2004. - №1. - С.37-38.

19. Тараканов, О.В. Бетоны с модифицирующими добавками на основе вторичного сырья / О.В. Тараканов. - Пенза: ПГУ АС, 2005.- 564 с.

20. Коренькова, С.Ф. Применение шламовых отходов в производстве легких бетонов / С.Ф. Коренькова, Г.В. Макридов – Воронеж: Современные проблемы строительного материаловедения, 1999. - С.210-212.

21. Бородай, Е.Н. Новые возможности утилизации шламов химической водоподготовки на ТЭС/ Е.Н. Бородай, Л.А. Николаева, А.Г. Лаптев. – Вода: химия и экология, 2009 - №3.- с.15-23.

22. Волженский, А.В. Минеральные вяжущие вещества/ А.В. Волженский - М.: Стройиздат, 1986. - 464 с.

23. Чертес, К.Л. Обработка и утилизация шламов водоподготовки / К.Л. Чертес, О.В. Тупицина О.В. - Экология и промышленность России, 2011 - №3, С.26-29.

24. Письмо Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации от 02.06.2014г. № 05-12-44/11342 «Об использовании отходов производства и потребления для рекультивации карьерных выемок и искусственно созданных полостей». [Электронный ресурс]. - URL: <http://client.consultant.ru/site/list/?id=1004262034> (дата обращения 29.05.2019).

25. Николай, Л.А. Ресурсосберегающие технологии утилизации шлама водоподготовки на ТЭС/ Л.А. Николай, Е.Н. Бородай// Монография. - Казань. КГЭУ, 2012. - 110 с.

26. Письмо Минприроды России от 19.05.2014 № 05-12-44/10285 «О разъяснении законодательства по вопросу размещения отходов организациями, производящими добычу полезных ископаемых».

[Электронный ресурс]. – 2014 - URL <http://www.consultant.ru/law/hotdocs/35242.html/> (дата обращения 28.05.2019).

27. Экология справочник Вакуум-фильтры барабанные. [Электронный ресурс]. – URL: <https://ru-ecology.info/term/39893/> (дата обращения 25.05.2019).

28. Большая Энциклопедия Нефти и газа Сушка-шлам. [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.ngpedia.ru/id494509p3.html> (дата обращения 25.05.2019).

29. Луценко, Г.К. Физико-химическая очистка городских сточных вод / Г.К. Луценко, А.И. Цветкова, И.Ш. - М. : Стройиздат, 1984.

30. Сироткин, А.С. Агрегация микроорганизмов: флоккулы, биопленки, микробные гранулы / А.С. Сироткин, Г.И. Шагинурова, К.Г. Ипполитов. - Казань: Фэн АН РТ, 2007. - 106 с.

31. Об охране окружающей среды: Федеральный закон от 10.01.2002. №7 (ред от 29.07.2018). [Электронный ресурс]. - URL: [Федеральный закон от 10.01.2002 N 7-ФЗ \(ред. от 29.07.2018\) "Об охране окружающей среды" {КонсультантПлюс}](#) (дата обращения 30.05.2019).

32. Об отходах производства и потребления : Федеральный закон от 24.06.1998 № 89 (ред. от 25.12.2018). [Электронный ресурс]. - URL: [Федеральный закон от 24.06.1998 N 89-ФЗ \(ред. от 25.12.2018\) "Об отходах производства и потребления" {КонсультантПлюс}](#) (дата обращения 30.05.2019).

33. Приказ Минприроды РФ и Роскомзема от 22 декабря 1995 г. № 525/67 «Об утверждении Основных положений о рекультивации земель, снятии, сохранении и рациональном использовании плодородного слоя почвы». [Электронный ресурс]. - URL: <http://client.consultant.ru/site/list/?id=1004262595> (дата обращения 28.05.2019).

34. ГОСТ 17.5.3.04-83. Государственный стандарт Союза ССР. Охрана природы. Земли. Общие требования к рекультивации земель. – Введ.

1984-07-01. – М.: Изд-во стандартов, 1993. – 13 с. – [Электронный ресурс]. - [URL:http://client.consultant.ru/site/list/?id=1004262648](http://client.consultant.ru/site/list/?id=1004262648) (дата обращения 28.05.2019).

35. ГОСТ 17.5.3.05-84. Государственный стандарт Союза ССР. Охрана природы. Рекультивация земель. Общие требования к землеванию. – Введ. 1985-01-01. - М.: Изд-во стандартов, 1993. – 8 с. - [Электронный ресурс]. - [URL:http://client.consultant.ru/site/list/?id=1004262654](http://client.consultant.ru/site/list/?id=1004262654) (дата обращения 28.05.2019).

36. ГОСТ 30772-2001. Межгосударственный стандарт. Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Термины и определения. – Введ. 2002-07-01. М.: ИПК Издательство стандартов, 2002. – 28 с. - [Электронный ресурс]. - [URL:http://client.consultant.ru/site/list/?id=1004262017](http://client.consultant.ru/site/list/?id=1004262017) (дата обращения 28.05.2019).

37. ГОСТ 8267-93. Межгосударственный стандарт. Щебень и гравий из плотных горных пород для строительных работ. Технические условия. – Введ. 1994-06-17. – М.: Стандартиформ, 2008. – 21 с. – [Электронный ресурс]. - [URL:http://client.consultant.ru/site/list/?id=1004262673](http://client.consultant.ru/site/list/?id=1004262673) (дата обращения 28.05.2019).

38. Николаева, Л.А. Исследование шлама химводоочистки в качестве нефтяного сорбента при очистке сточных вод электростанций / Л.А. Николаева, Д.Г. Гараев, М.А. Голубчиков // Радиоэлектроника, электротехника и энергетика Сб. трудов XIII Межд. науч.-техн. конференции студентов и аспирантов – М. : МЭИ, 2010. – Т.3. – С. 155–156.

39. Патент 2318738 GB/ Стефани Э., Пол Дуглас Г. и др. Переработка шлама сточных вод. Заявлено 21.06.2004. Опубликовано 10.09.2006.

40. Патент 2133225 РФ/ Воронина В.М., Полубенцева М.Ф. и др. Способ регенерации коагулянта из гидроксидсодержащего шлама водоочистки. Заявлено 26.01.1998. Опубликовано 20.07.1999.

41. Патент 2326057 ВЕ/ Реми М., Жюденн Э. и др. Способ обезвоживания шламов, шламы, полученные этим способом, и их применение. Заявлено 08.07.2004. Опубликовано 10.06.2008.

42. Патент 2160237 РФ/ Илиополов С.К., Максименко В.А. и др. Способ регенерации асфальтобетона. Заявлено 27.05.1999. Опубликовано 10.12.2000.

43. Патент 2200714 РФ/ Сучков В.П., Киушкин Э.В. Способ получения вяжущего на базе пылевидных фракций карбонатного сырья. Заявлено 23.04.2001. Опубликовано 26.11.2006.

44. Патент 2109705 US/ Некватал Тимоти М., Хейан Гленн А. Способ обработки зольной пыли шлама очистки сточных вод, способ получения легкого заполнителя. Заявлено 06.01.1992. Опубликовано 27.04.1998.

45. Сакаш, Г.В. Экологические и технологические проблемы водного хозяйства предприятий теплоэнергетики и пути их решения (на примере Красноярского края): Автореферат дисс. ... канд. техн. наук / Г.В. Сакаш. – Барнаул: КузбГТУ, 2009. – 16 с.

46. Недзвецкая, Р.Я., Николаева, Л.А. Очистка сточных вод промышленных предприятий на основе биосорбционной технологии/ Р.Я. Недзвецкая, Л.А. Николаева // Теплоэнергетика. – 2012. – № 1. – с.11-37