

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)

Экологический инжиниринг и аудит

(направленность (профиль))

**МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ**

на тему Разработка технологий использования активного ила очистных сооружений ПАО «Тольяттиазот» г. о. Тольятти

Студент

В. А. Седелкина

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Научный  
руководитель  
Консультант

Н. Г. Шерышева

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

В. В. Петрова

(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.....	4
ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ И ОБОЗНАЧЕНИЙ.....	6
ВВЕДЕНИЕ.....	7
1 Изучение современных технологий применения активного ила.....	17
1.1 Способы утилизации отработанного активного ила.....	23
1.2 Активный ил как результат процесса биологической очистки производственных сточных вод.....	17
1.3 Активный ил. Показатели эффективности работы активного ила.....	26
2 Анализ работы и действующей технологии использования активного ила очистных сооружений ПАО «Тольяттиазот».....	36
2.1 Анализ работы очистных сооружений ПАО «Тольяттиазот».....	36
2.2 Состав и свойства активного ила образующегося на очистных сооружениях ПАО «Тольяттиазот».....	45
2.3 Негативное воздействие на окружающую среду иловых площадок ...	49
3 Разработка предложений и рекомендаций для повышения эффективности использования активного ила на очистных сооружениях ПАО «Тольяттиазот».....	52
3.1 Способ биологической рекультивации нефтезагрязнённых земель с помощью избыточного активного ила очистных сооружений.....	52
3.2 Экспериментальная часть проекта по усовершенствованию	

применения избыточного активного ила для биологической рекультивации нефтезагрязненных земель.....	62
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	71
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	74

## ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

В настоящей магистерской диссертации применяют следующие термины с соответствующими определениями:

Активный ил - биоценоз зоогенных скоплений (колоний) бактерий, дождевых червей и простейших организмов, которые участвуют в очистке сточных вод. Применяется в биологической очистке сточных вод.

Биологическая очистка - процесс, основанный на применении специфических микроорганизмов и принципов их жизнедеятельности.

Очистные сооружения - комплекс инженерных сооружений в системе канализации населённого места или промышленного предприятия, предназначенный для очистки сточных вод от содержащихся в них загрязнений.

Предприятия химической промышленности - это предприятия отрасли промышленности, включающие производство продукции из углеводородного, минерального и другого сырья путём его химической переработки.

Экология - наука о взаимодействиях живых организмов и их сообществ между собой и с окружающей средой.

Сточные воды - атмосферные воды и осадки, к которым относятся талые и дождевые воды, а также воды от полива зеленых насаждений и улиц, отводимые в водоёмы с промышленных предприятий и жилых районов самотёком или через систему канализации.

Иловые карты - иловые площадки.

Биохимическое потребление кислорода - количество кислорода, израсходованное на аэробное биохимическое окисление под действием микроорганизмов и разложение нестойких органических соединений, содержащихся в исследуемой воде.

Химическое потребление кислорода - показатель содержания органических веществ в воде, выражается в миллиграммах кислорода (или

другого окислителя в пересчёте на кислород), пошедшего на окисление органических веществ, содержащихся в литре (1 дм<sup>3</sup>) воды. Является одним из основных показателей степени загрязнения питьевых, природных и сточных вод органическими соединениями (в основном антропогенного или техногенного характера).

## **ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ И ОБОЗНАЧЕНИЙ**

В настоящей магистерской диссертации применяют следующие сокращения и обозначения:

СВ - сухое вещество

БВК - белково-витаминный концентрат

БПК - биохимическое потребление кислорода

БПКполн - биохимическая потребность в кислороде полная

ХПК - химическое потребление кислорода

СПАВ - синтетические поверхностно-активные вещества

ИИ - иловый индекс

## ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность темы исследования.** Почвы являются одним из наиболее ранимых элементов экосистем и биосферы в целом. Если для формирования зрелых почв требуется сотни или тысячи лет, то деградация или полное уничтожение почвенного покрова может произойти в течение нескольких лет.

В почвах загрязняющие вещества накапливаются медленно, но они долго в ней сохраняются, негативно влияя на экологическую обстановку целых регионов. Поэтому охрана почв - дело первоочередной важности, хотя влияние загрязнения почв бывает не столь заметным, как загрязнение атмосферы и гидросферы.

К числу наиболее опасных загрязнителей почвенного покрова относятся нефтепродукты, поскольку они принципиально изменяет свойства почвы, а очистка почвы от нефтяных загрязнений очень затруднена. Нефть попадает в почву при различных обстоятельствах: при разработке и добыче, авариях на нефтепроводах, речных и морских нефтеналивных судах. Различные углеводороды попадают в почву на нефтебазах, бензозаправках и т.д.

Нефть обволакивает почвенные частицы, из-за чего почва теряет способность смачиваться водой, гибнет микрофлора, растения не получают должного питания. Постепенно частицы почвы слипаются, а нефть переходит в иное состояние: ее фракции становятся более окисленными, затвердевают, и при высоких уровнях загрязнения почва превращается в асфальтоподобную массу. Борьба с таким явлением очень трудно.

В процессах биологической очистки сточных вод на очистных сооружениях ПАО «Тольяттиазот» образуется значительное количество отработанного активного ила, которое накапливается на иловых полях. Воздействие атмосферных осадков на расположенный на иловых картах отработанный активный ил приводит к загрязнению, как поверхностных, так

и подземных вод. Складирование активного ила на иловых площадках, приводит к накоплению в почве солей тяжелых металлов, они в свою очередь загрязняют почвенный покров и как следствие оказывают негативное влияние на атмосферный воздух. Все это отрицательно сказывается на состоянии окружающей среды, здоровье человека и животных.

Степень научной разработанности проблемы применения активного ила основывается на том, что в настоящее время существуют различные способы утилизации отработанного ила, но все они имеют разную степень экологического и экономического эффекта. Теоретическая и экспериментальная основа диссертации базируется на работах [6, 7, 8, 12, 13, 14, 28, 32].

**Цель:**

Целью исследования является повышение эффективности использования активного ила с помощью перспективных современных технологий на очистных сооружениях ПАО «Тольяттиазот» г.о. Тольятти.

**Объект исследования** - отработанный активный ил, образующийся на биологических очистных сооружениях ПАО «Тольяттиазот» г.о. Тольятти.

**Предмет исследования** - разработка технологий использования активного ила очистных сооружений ПАО «Тольяттиазот» г.о. Тольятти.

**Задачи исследования.** Для достижения поставленной цели были определены следующие задачи:

- изучение современных технологий применения активного ила;
- анализ действующей технологии использования активного ила очистных сооружений ПАО «Тольяттиазот»;
- анализ качества активного ила, образующего после очистки сточных вод;
- поиск и разработка перспективных технологий использования активного ила очистных сооружений ПАО «Тольяттиазот» г.о. Тольятти;

- разработка предложений и рекомендаций для повышения эффективности использования активного ила на очистных сооружениях ПАО «Тольяттиазот».

**Новизна исследования.** В настоящее время на очистных сооружениях предприятия ПАО «Тольяттиазот» отработанный активный ил складировать на иловых площадках, где он сушится до влажности около 75 - 80 %. После чего «сухой осадок» погружают на автотранспорт или вагонетку и вывозят на полигоны для захоронения. В связи с этим на предприятии предлагается внедрить проект использования активного ила в качестве исходного технологического сырья для производства органического удобрения.

**Методы и методология проведения исследования.** При написании магистерской диссертации автор опирался на применение теоретических методов статистического анализа, обобщении и прогнозировании, а также практических методов сравнения, наблюдений и описаний экспериментальной части на базе цеха ПАО «Тольяттиазот».

**Теоретическая, научная и практическая значимость.** В результате проведенного исследования, выявлено соответствие активного ила предприятия требованиям и нормам к применению в качестве исходного сырья для биологической рекультивации нефтезагрязненных земель; приведены рекомендации по снижению негативного воздействия на окружающую среду, путем снижения отработанного активного ила на иловых полях.

**Научная обоснованность и достоверность результатов исследования.**

Изучение и анализ научных публикаций по теме исследования показали, что при использовании отработанного активного ила для биологической рекультивации нефтезагрязненных земель достигается высокая экологическая и экономическая составляющая проекта.

**Научные положения и результаты исследования, выносимые на защиту:**

- состав и свойства активного ила, образующегося на очистных сооружениях ПАО «Тольяттиазот», позволяют использовать его для биологической рекультивации нефтезагрязненных земель.

- применение предварительно подготовленного активного ила обеспечивает устойчивый рост растений, ускоряет фазы созревания и формирования сельскохозяйственных культур, повышает их урожайность.

#### **Апробация результатов.**

Анализируя полученные данные, были скорректированы требования, предъявляемые к составу активного ила и после оформления технической документации, можно внедрить на предприятии ПАО «Тольяттиазот» способ биологической рекультивации нефтезагрязнённых земель с помощью избыточного активного ила очистных сооружений.

Требования, предъявляемые к составу отработанного активного ила при использовании для биологической рекультивации нефтезагрязненных земель:

- минеральные вещества, массовая доля избыточного вещества - 78,3 - 88,7 %;

- органические вещества, массовая доля избыточного вещества - 11,9 - 22,5 %;

- общий азот, массовая доля избыточного вещества до 3,8 %;

- фосфор, массовая доля избыточного вещества до 4,9 %;

- кальций, массовая доля избыточного вещества до 2,0 %;

- калий, массовая доля избыточного вещества 0,05 %;

- магний, массовая доля избыточного вещества до 0,03 %.

На основании экспериментальной части проекта по усовершенствованию применения избыточного активного ила для биологической рекультивации нефтезагрязненных земель, можно сделать следующий вывод: все работы по биологической рекультивации земель направлены на ускорение почвенного самоочищения, мобилизации собственных биологических ресурсов растений.

В результате проведения эксперимента восстановились первоначальные функции для роста, развития и размножения почвенных компонентов и окружающих биогеоценозов, а также появились благоприятные условия для создания густой растительности на загрязненных землях и дальнейшего использования восстановленных земель для сельскохозяйственной деятельности.

При использовании метода биологической рекультивации нефтезагрязненных земель содержание углеводов в почвенном покрове может быть снижено с 10 % до долей процента за 4 - 8 недель.

#### **Личный вклад автора в исследование.**

Автором проведено исследование способов утилизации отработанного активного ила; изучены научные публикации и патенты с целью определения требований к составу и характеристикам осадков сточных вод, применяемых для биологической рекультивации нефтезагрязненных земель; проведен анализ работы очистных сооружений ПАО «Тольяттиазот»; проведена экспериментальная часть проекта по усовершенствованию применения избыточного активного ила для биологической рекультивации нефтезагрязненных земель.

#### **Структура и объем магистерской диссертации.**

Диссертация изложена на 77 страницах машинописного текста, состоит из введения, 3 глав, заключения, списка использованной литературы, включающего 33 наименований, в том числе 5 на иностранных языках. Работа иллюстрирована 13 таблицами и 2 рисунками.

### **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

**В первой главе** магистерской диссертации ставятся, и решаются вопросы широких возможностей современных технологий для утилизации и применения активного ила, образующего в процессе очистки сточных вод. Рассматриваются современные способы переработки активного ила, основными из которых являются: сжигание, пиролиз, хранение

отработанного ила на иловых площадках, биологическая рекультивация нефтезагрязнённых земель с помощью избыточного активного ила очистных сооружений, использование ила в качестве удобрений в сельском хозяйстве, применение в качестве белкового корма животных и птиц.

Рассмотрены достоинства и недостатки каждого из методов.

Также в первой главе сделан вывод, что в производственных условиях, возможно, улучшить качество и свойства активного ила путем повышения эффективности очистки сточных вод.

Эффективность работы активного ила и улучшения его свойств (характеристик) возможно в результате регулирования:

- структуры сообщества микроорганизмов активного ила;
- аэрации;
- состава загрязнений сточной жидкости;
- температуры стоков.

**Во второй главе** в результате проведенного анализа деятельности биологических очистных сооружений ПАО «Тольяттиазот», определен состав и свойства активного ила образующегося на очистных сооружениях ПАО «Тольяттиазот».

В биоценозах активного ила, образующегося на очистных сооружениях ПАО «Тольяттиазот», присутствуют представители шести отделов микрофлоры (бактерии, грибы, диатомовые, зеленые, синезеленые, эвгленовые микроводоросли).

Также присутствуют девять таксономических групп микрофауны (жгутиконосцы, саркодовые, инфузории, первичнополостные, вторичнополостные черви, брюхоресничные черви, коловратки, тихоходки, паукообразные).

Микроскопирование активного ила в аэротенках очистных сооружений ПАО «Тольяттиазот» выявило зеленые микроводоросли, простейшие (инфузории брюхоресничные - аспидиски, спирастамум, свободноплавающие; инфузории - перетрихи, турикола; раковиннообразные

амебы - арцеллы, амебы разные) и многоклеточные - коловратки разнообразные, малощетинковые черви, тихоходки [30, 31].

Также сделан очевидный вывод, что иловые площадки, на которых складирован отработанный активный ил, образующийся на очистных сооружениях ПАО «Тольяттиазот», оказывают крайне негативное влияние на окружающую среду. В связи с этим, для снижения негативного воздействия на окружающую природную среду нами рекомендуется сократить количество складированного отработанного активного ила.

**В третьей главе** был рассмотрен ранее разработанный патент 2398640 РФ, МПК В 09 С 1/10, С 12 № 1/26 Способ очистки нефтезагрязненных почв и почвогрунтов [12], который основан на внесении активного ила в почву. Но, чтобы повысить эффективность борьбы с процессом деградации почвы возникла необходимость в усовершенствовании технологии очистки и восстановления нефтезагрязненных земель путем биологической рекультивации загрязненной почвы. На основе патента [12] нами усовершенствован проект применения активного ила для биологической рекультивации нефтезагрязненных земель для ПАО «Тольяттиазот».

Были проведены эксперименты в апреле-октябре на пяти экспериментальных площадках подсобного хозяйства ПАО «Тольяттиазот», засеяны семена яровой пшеницы из расчета 5,5 млн. семян на 1 гектар (195 кг/га). Результаты опыта позволяют утверждать, что почва с низким содержанием органического вещества, а также без внесения органического удобрения плохо подходит для обеспечения устойчивого роста растений, хорошего травостоя и для целей рекультивации и восстановления плодородия нарушенных земель; недостаточное содержание калия в почве снижает общее количество зеленой биомассы.

По завершении опыта по биологической рекультивации проведены измерения содержания в почве площадок минеральных элементов питания растений и нефтепродуктов и проанализировано процентное снижение их

содержания. Выявлено снижение содержания нефтепродуктов на всех площадках (от 1,6 до 4,8%).

Результаты опыта подтверждают повышение эффективности процесса биологической рекультивации нефтезагрязненных почв с помощью внесения избыточного активного ила очистных сооружений, образующегося на очистных сооружениях, с калийными удобрениями.

Таким образом, нами было предложено техническое решение, которое заключается в биологической рекультивации нефтезагрязненных земель с помощью отработанного активного ила очистных сооружений ПАО «Тольяттиазот». Также следует отметить что, методика легка в применении и не требует сложных лабораторных исследований, что ускоряет процесс и сокращает рабочее время.

#### **Основные выводы и результаты.**

В результате проведенного анализа деятельности биологических очистных сооружений ПАО «Тольяттиазот», следует очевидный вывод, что иловые площадки оказывают крайне негативное влияние на окружающую среду. В связи с этим, для снижения негативного воздействия на окружающую природную среду рекомендуется сократить количество складированного отработанного активного ила.

Для этого в результате проведенного исследования современных технологий использования активного ила предлагаем, эффективное применение активного ила в качестве удобрений, потому что, при его внесении в почву происходит усиление микробиологической активности, повышается ферментативная активность почвы, улучшается ее азотно-фосфатный режим. Но наиболее эффективным и экологически безопасным способом является использование избыточного активного ила очистных сооружений, для биологической рекультивации нефтезагрязнённых земель, так как при этом способе происходит не только очистка загрязненных грунтов, но и удобрение почв. Рекомендуется в производственных условиях

улучшить качество и свойства активного ила путем повышения эффективности очистки сточных вод.

Эффективность работы активного ила и улучшения его свойств (характеристик) возможно в результате регулирования:

- структуры сообщества микроорганизмов активного ила;
- аэрации;
- состава загрязнений сточной жидкости;
- температуры стоков.

Анализируя полученные данные, были скорректированы требования, предъявляемые к составу активного ила и после оформления технической документации, можно внедрить на предприятии ПАО «Тольяттиазот» способ биологической рекультивации нефтезагрязнённых земель с помощью избыточного активного ила очистных сооружений.

Требования, предъявляемые к составу отработанного активного ила при использовании для биологической рекультивации нефтезагрязнённых земель:

- минеральные вещества, массовая доля избыточного вещества - 78,3 - 88,7 %;
- органические вещества, массовая доля избыточного вещества - 11,9 - 22,5 %;
- общий азот, массовая доля избыточного вещества до 3,8 %;
- фосфор, массовая доля избыточного вещества до 4,9 %;
- кальций, массовая доля избыточного вещества до 2,0 %;
- калий, массовая доля избыточного вещества 0,05 %;
- магний, массовая доля избыточного вещества до 0,03 %.

На основании экспериментальной части проекта по усовершенствованию применения избыточного активного ила для биологической рекультивации нефтезагрязнённых земель, можно сделать вывод: все работы по биологическому рекультивированию земель

направлены на ускорение почвенного самоочищения, мобилизации собственных биологических ресурсов растений.

После эксперимента восстановились первоначальные функции для роста, развития и размножения почвенных компонентов и окружающих биогеоценозов, а также появились благоприятные условия для создания густой растительности на загрязненных землях и дальнейшего использования восстановленных земель для сельскохозяйственной деятельности.

При использовании метода биологической рекультивации нефтезагрязненных земель содержание углеводов в почвенном покрове может быть снижено с 10 % до долей процента за 4 - 8 недель.

Преимущество предлагаемого нами технического решения состоит в том, что оно позволяет получить материал для биологической рекультивации без ограничения области применения из дешевого и распространенного сырья, что значительно снижает стоимость материала и расширяет сырьевые ресурсы для его получения.

Показана высокая рентабельность применения активного ила в качестве удобрения. Условно чистый доход составил 30,5 - 1 044 тыс. рублей, а рентабельность 350 - 468 %. При внесении отработанного активного ила в количестве 30 т/га в год, на 1 тыс. рублей затрат, получен чистый доход 4, 68 тыс. рублей. Выбор биологической рекультивации нефтезагрязненных земель с помощью избыточного активного ила, обоснован тем, что данная технология является наиболее оптимальной и безопасной для окружающей среды.

**Список публикаций, включающий работы по теме диссертации, научно-исследовательской работе.** По теме магистерской диссертации опубликована статья в журнале «Аллеи науки»: Седелкина, В.А. Современные технологии использования активного ила очистных сооружений / В.А. Седелкина // Аллея науки. - 2019. - № 6(33). - С. 372-376.

# **1 Изучение современных технологий применения активного ила**

## **1.1 Способы утилизации отработанного активного ила**

Существуют различные способы утилизации активного ила, основными из которых являются: сжигание, пиролиз, хранение отработанного ила на иловых площадках, биологическая рекультивация нефтезагрязнённых земель с помощью избыточного активного ила очистных сооружений, использование ила в качестве удобрений в сельском хозяйстве, применение в качестве белкового корма животных и птиц [29].

При сжигании активного ила происходит окисление органической составляющей до золы и газов, которые не обладают токсичностью. Процесс сжигания в значительной степени уменьшает объем, осадка и уничтожает патогенные микроорганизмы и яйца гельминтов. Перед процессом сжигания отработанный активный ил подвергают обезвоживанию.

Важным аспектом утилизации осадков сточных вод и биомассы избыточного активного ила, когда они не могут быть по каким-либо причинам утилизированы в качестве сырья в технологических процессах, является их использование в качестве источников энергии. Сжигание осадков сточных вод, например, в странах Западной Европы, является весьма распространенным способом утилизации осадков сточных вод. Аппаратурное оформление этого способа утилизации осадков сточных вод включает, как правило, приемный бункер, систему подачи, топку, котел-утилизатор, устройство для очистки образующихся при сжигании газов [27].

Сжигание позволяет значительно уменьшить объем шлама и улучшить его дальнейшую утилизацию, например, с использованием в производстве строительных материалов, а также в качестве дорожно-строительного материала и т.д.

Достоинствами сжигания, является то, что сокращается большой объем осадка, продукт, полученный после сжигания, можно использовать в

строительстве, в качестве различных материалов. Из недостатков данного метода нужно отметить то, что обладая высокой влажностью, осадок, как твердая мелкая фракция, имеет свойство медленно испаряться, это может привести к засорению газоходов и теплообменных аппаратов.

Пиролизом называют метод, который основан на разложении органических и многих неорганических соединений осадка, под воздействием повышенных температур, исключая доступ кислорода.

Достоинство данного метода заключается в том, что продукты пиролиза, можно использовать, также отмечается стабильное изменение качества получаемого осадка. Недостаток данного метода является высокая пожароопасность, поэтому при его использовании требуется особое внимание, так как наличие легковоспламеняющихся веществ требует дополнительного контроля при использовании данного метода.

Депонирование это такой метод, который основан на хранение ила на специализированных полигонах (иловых площадках, иловых полях). Данный метод, является наиболее применяемым методом утилизации отработанного активного ила. Активный ил размещают на иловых площадках для его высушивания. При пребывании ила на иловых полях снижает влажность на 75 %, а объем уменьшается от 3 до 8 раз. Достоинства данного метода очевидны, он является наиболее простым и экономически выгодным. Из недостатков следует отметить, что происходит потеря ценных земель и загрязнение атмосферы.

Еще один метод утилизации активного ила следует рассмотреть, это использование ила в качестве удобрений и для биологической рекультивации нефтезагрязнённых земель. Существуют различные возможности получения органических удобрений на основе отработанного активного ила. Активный ил смешивают с другими удобрениями, что впоследствии оказывает положительное влияние на рост растений. При использовании активного ила в качестве удобрений необходимо соблюдать требования СанПиН 2.1.7.573-96 Гигиенические требования к использованию сточных вод и их осадков для

орошения и удобрения; ГОСТ Р17.4.3.07-2001 Охрана природы. Почвы. Требования к свойствам осадков сточных. Из достоинств данного метода нужно отметить увеличение в почве содержание органических веществ, азота, фосфора и других микроэлементов, также снижается кислотность почв, увеличивается их влагоемкость, улучшаются тепловой, водный и воздушный режимы почв, возрастает их биологическая активность. Из недостатков этого метода нужно отметить то, что приходится контролировать содержание тяжелых металлов и токсикантов.

Биомасса избыточного активного ила при определенных условиях может быть использована в качестве белково-витаминной добавки при выполнении строгого санитарного контроля. Ее использование в рационе сельскохозяйственных животных балансирует корм по витаминам и белку. Важными при этом являются вопросы токсичности биомассы. Опыт использования биомассы отработанного активного ила, как кормовой добавки дает в отдельных случаях положительные результаты.

При этом известны условия получения белкового препарата из активного ила. Наиболее целесообразным режимом выделения белка из биомассы активного ила является температура термообработки 130 - 135 °С, время термообработки 20 - 30 мин, рН 9,0, при соблюдении которых выход белка составляет около 65 %. Такой белковый препарат при определенных условиях может быть рекомендован в качестве кормовой добавки.

Интересен опыт использования отработанного активного ила в качестве удобрений совхоза Ставропольского района с кукурузой для дальнейшего ее использования, как силос.

Иловый осадок с очистных сооружений г. Пятигорск вносили по вариантам:

- 1 вариант - контроль;
- 2 вариант - нитрааммофос;
- 3 вариант - иловый осадок в количестве 60 т/га;
- 4 вариант - иловый осадок в количестве 120 т/га;

- 5 вариант - иловый осадок в количестве 180 т/га.

Агрохимический анализ почвы показал, что содержание рН и гумуса постоянны для всех вариантов. Увеличение содержания фосфора в почве при уборке урожая, по сравнению с предшествующими периодами, позволяет нам сделать вывод, что после формирования репродуктивных органов частично происходит отток фосфора в почвенный покров. Для этого периода было отмечено снижение количества фосфора в зеленой массе кукурузы [7].

В Латвии при посевных работах картофеля, кормовой свеклы, ячменя использовали дерново-подзолистую супесчаную, хорошо окультуренную почву. Для этого использовали активный ил рН 6,9 - 9,5, с содержанием органического вещества 76 %, азот 1,39 %, калий 1,82 %, фосфор 16,5 мг/100г, кальций 295 мг/100г, магний 162,1 мг/100г, со сроком хранения на иловых картах 4-5 лет. В результате этих действий за два года стало нормой для 140 т/га получение кормовых единиц с 1 га - 25710, норма для 70 т/га - 24980, контроль - 18857. Авторами рекомендуется использовать активный ил в качестве удобрений при условии содержания в норме основной группы тяжелых металлов [32].

Выявлено, что отработанный активный ил очистных сооружений города в умеренных дозах способен повысить биологическую активность почвы и количество гумуса, а также устойчивость растений к различным погодным условиям. Оптимальная норма внесения отработанного активного ила в почву для зерновых культур составляет 20 т/га, а для кукурузы - 40 т/га.

Сделан вывод, что химический состав продукции народного хозяйства, выращенной с применением выше обозначенных норм отработанного активного ила, не хуже контрольных образцов [6].

В полевых экспериментах изучен обезвоженный осадок с очистных сооружений городской станции г. Саратова, содержащий в своем составе 25 - 40 % органического вещества, до 4,8 % общего азота, 0,7 - 2,1 % валового фосфора, до 0,8 % подвижного фосфора и до 140 мг/кг обменного кальция. В результате эксперимента сделан вывод, что применение отработанного

активного ила в качестве органических удобрений оказывает положительное воздействие на окружающую среду и сохраняет чистоту природы [28].

Ученые Всероссийского научно-исследовательского и проектно-технологического института химизации сельского хозяйства провели опыты с кукурузой ВИР-42 и гречихой сорта Майская на дерново-среднеподзолистой почве. В качестве удобрений использовали отработанный активный ил городских очистных сооружений г. Казань с влажностью 64,4 %, содержанием азота 3,46 %, фосфора 2,7 %, калия 0,57 %, хрома 1000 г/кг, меди 500, никеля 500, цинка 67мг/кг, рН 7,2. Отработанный активный ил вносили по 50 и 100 г/кг, что соответствует 125 и 250 т/га, контрольные пробы активный ил не содержали. Анализы проводили через пять, десять и пятнадцать дней после начала опыта, они показали, что отработанный активный ил увеличивает биологическую активность почвы. Отмечается более активный рост растений. Урожайность зеленой массы кукурузы повысилась до 130 - 139 %, а урожай гречихи вырос до 109 - 121 % , при внесении отработанного активного ила из расчета 125 т/га. Повышенная доза вносимого активного ила в количестве 250 т/га существенно не сказалась на дальнейшем повышении урожая.

Многие авторы считают, что удобряющий эффект осадков сточных вод, главным образом определяется наличием в них азота [32].

Влияние гидролизного ила на количество и качество различных сельскохозяйственных культур в течение ряда лет исследовалось Институтом физиологии и биохимии растений Сибирского отделения АН (СИФИБР). Внесение гидролизного ила в количестве 30 т/га с добавлением калийных удобрений повысило урожай клубней картофеля на 30 - 80 %, нарастание сухой массы клевера - в 2,5 раза по сравнению с вариантом с полным минеральным удобрением. Высокую эффективность дало применение гидролизного ила и на естественных кормовых угодьях. Использование его в качестве органического удобрения положительно сказывается и на качестве урожая, повышая содержание протеина в зерне яровой пшеницы, крахмала -

в клубнях картофеля, фосфора, кальция, калия и каротина - в сене клевера [8].

Многолетние исследования СИФИБРа на полях колхозов и совхозов Иркутской области позволили разработать практические рекомендации по применению гидролизного ила в качестве органического удобрения. При использовании отработанного активного ила рекомендуется:

- в первую очередь вносить его в истощенные, бедные гумусом и эродированные почвы;

- прежде всего, вносить под культуры, которые обеспечивают максимальную урожайность (многолетние травы, картофель, бобовые);

- выбирать оптимальную дозу внесения активного ила: под зерновые культуры 6 - 12 т/га (при влажности почвы 50 - 60 %), под картофель и многолетние травы - 15 - 30 т/га, при этом под кукурузу и картофель рекомендуется дополнительно к гидролизному илу добавлять калийные удобрения;

- под многолетние травы удобрения вносят ранней весной; под картофель, зерновые и яровые вносят активный ил под раннюю вспашку [19].

Более значительный процесс в утилизации биомассы избыточного активного ила наблюдается при ее использовании в технических целях. Анализ научно-технической и патентной литературы показывает, что имеется явная тенденция к расширению областей использования активного ила для технических целей, в частности, получения биогаза, компонентов для строительных материалов, флокулянта для осветления тонкодисперсных суспензий и очистки сточных вод, а также для получения активных углей и т.д.

Биомасса активного ила может быть использована в различных технологических процессах в качестве исходного сырья, например, в строительстве для приготовления бетона, цементных растворов и т.д. В связи с этим целесообразно рассмотреть отдельные примеры данного способа утилизации биомассы активного ила.

Рассмотренные способы утилизации биомассы избыточного ила и осадков сточных вод не исчерпывают всех возможных областей использования этих отходов в технических целях. Имеются разработки и других способов, в частности, получение нефти и каменного угля из активного ила. Продолжаются поиски более широкого использования осадков сточных вод и активного ила путем их переработки и выделения из них ценных компонентов.

## **1.2 Активный ил как результат процесса биологической очистки производственных сточных вод**

В результате биологической очистки сточных вод образуется активный ил, сначала появляются бактерии, затем простейшие. Бактерии выделяют вещества, стимулирующие размножение простейших. Микроорганизмы активного ила формируются и изменяются под влиянием химического состава поступающей на канализационно-очистные сооружения сточной воды, растворенного в стоках кислорода, температуры стоков, рН и окислительно-восстановительного потенциала сточной жидкости. Внешний вид активного ила представляет собой светло-серые хлопья, иногда светло-желтого или темно-коричневого цвета, заселенные различными микроорганизмами, которые представляют собой слизистую массу. Средний размер хлопьев активного ила от 3 мкм до 150 мкм. В 1 м<sup>3</sup> активного ила бактерий содержится от двух единиц до тысячи штук.

Хлопьеобразование активного ила это достаточно сложный процесс и этот процесс на сегодняшний день не считается достаточно изученным. Чаще всего это процесс объясняют тем, что на поверхности клеток накапливаются внеклеточные полимеры (в основном белки и полисахариды), которые имеют анионоактивные и неионогенные группы обладающие способностью вести себя как полиэлектролиты. При взаимодействии высокомолекулярных полимеров происходит возникновение связующих мостиков между отдельными клетками, что в дальнейшем приводит к образованию сложной

структуры хлопьев активного ила. Важнейшее свойство активного ила это способность к образованию хорошо оседающих хлопьев. От процесса отделения активного ила от очищенной воды в значительной степени зависит эффективность очистки сточных вод в аэротенках [10]. Качество активного ила определяется скоростью его осаждения и степенью очистки сточной жидкости. Крупные хлопья активного ила имеют большую скорость оседания, по сравнению с мелкими частицами.

От качества сточных вод и степени очистки напрямую зависит состав и свойства активного ила.

Одним из показателей эффективности работы активного ила является иловый индекс (ИИ). Иловый индекс это 1 мл активного ила после 0,5 часа отстаивания, отнесенный к 1 грамму сухого вещества. Влияние на величину индекса активного ила оказывает нагрузка загрязнений по БПК<sub>20</sub> на 1 грамм беззольного вещества.

Принято считать, что оптимальная величина нагрузки загрязнений это величина, при которой ИИ не достигает показателей выше 100 см<sup>3</sup>/г. В районах с низкими климатическими условиями, а в остальных районах в зимнее время, уровень нагрузки загрязнений должен быть более низким, в летнее время нагрузку следует корректировать в сторону увеличения. Если ИИ достигает показателей выше 100 см<sup>3</sup>/г, активный ил постепенно начинает занимать больший объем, и утрачивает хлопьевидную структуру. Активный ил при этих показателях приобретает легкость и утрачивает способность к оседанию. А это в свою очередь способствует тому, что активный ил покидает пределы вторичных отстойников и засоряет систему очистки стоков [26].

Чтобы в аэротенке непрерывно протекал процесс биохимической очистки, в систему должен все время подаваться циркуляционный активный ил. Для этого ил, осажденный во вторичном отстойнике, перекачивается обратно в аэротенк. При этом объем активного ила, который удаляется из вторичного отстойника, должен примерно соответствовать 30 - 50 % объема

стоков. Величина удаляемого ила зависит от содержания сухого вещества во всем объеме стоков.

Постоянному образованию активного ила способствуют взвешенные, коллоидные и растворённые вещества. Также скорость прироста активного ила зависит от полноты окислительного процесса. А на окислительный процесс влияют продолжительность аэрации, концентрация активного ила, интенсивности снабжения стоков кислородом, температуры и т.д.

Зачастую активный ил выращивают непосредственно в аэротенке в теплое время года. Осуществляют выращивание активного ила в аэротенке следующим образом, в течение 2-3 дней через аэротенк пропускают воду, которая была очищена в первичном отстойнике. При этом в аэротенк подается 40 - 50 % расчетного количества воды. Там она подвергается аэрации и соединяется с мелкими хлопьями коагулируемой суспензии, задержанными во вторичном отстойнике. После этого прекращается подача воды в аэротенк, но его содержимое не прекращает аэрироваться. В результате этого процесса происходит рост и развитие микроорганизмов, и наращивание массы ила.

Чтобы микроорганизмы могли нормально питаться и развиваться, каждый день в аэротенк в течение двух-трех часов подается осветленная сточная вода.

Процесс образования и укрупнения хлопьев постоянно контролируется. Специалисты следят за исчезновением в иле аммонийного азота, а также за появлением нитратов и растворимого кислорода. Регулярно производится забор воды из аэротенка, после чего она отстаивается в течение 30 минут, и определяют объем осевшего ила. Эксплуатацию аэротенка можно начинать тогда, когда объем осевшего на дно ила составит 25 - 30 % от объема набранной смеси, а также когда он (ил) будет иметь форму хлопьев и быстро осаждаться. Нагрузка аэротенка должна увеличиваться постепенно, и не превышать расчетную величину.

Если процесс запуска аэротенка сопровождается благоприятными условиями, то он может быть закончен в течение 1 месяца. Чтобы ускорить данный процесс, можно использовать активный ил с действующих аэротенков, или же с прудов или рек, которые не загрязнены нефтепродуктами. Если в аэротенк будет загружаться речной или прудовой ил, то его необходимо будет очистить от тяжелых минеральных примесей. Для этого ил взбалтывают в воде, отстаивают в течение 5-10 минут, а затем подают его в аэротенк, где его аэрируют без добавления стоков в течение 12 часов. Затем в аэротенк можно подавать стоки в небольших количествах. Постепенно величину подачи сточных вод увеличивают до расчетной величины.

В большинстве городских канализационных систем достаточной концентрацией активного ила считается концентрация 1,5 - 2,5 г/л.

### **1.3 Активный ил. Показатели эффективности работы активного ила**

Активный ил это биоценоз зоогенных скоплений (колоний) бактерий, дождевых червей и простейших организмов, которые участвуют в очистке сточных вод. Применяется в биологической очистке сточных вод.

«Основными показателями, которые необходимо изучать при определении эффективности биологической очистки, являются степень удаления органических веществ и характеристики избыточного активного ила. Оценивать результаты такой очистки только по степени снижения БПК и концентрации взвешенных веществ - это значит игнорировать фактор уплотнения ила. Подачу воздуха, возврат активного ила и сброс отработанного ила нужно отрегулировать таким образом, чтобы получить по возможности густой ил и сохранить высокое качество очищенных сточных вод. Функционирование аэрационных систем при различных концентрациях растворенного кислорода и взвешенных веществ в смешанной жидкости и различных отношениях (пища/микроорганизмы) при тщательном проведении

контрольных анализов может способствовать выявлению оптимальных эксплуатационных режимов. Окончательная процедура очистки - хлорирование очищенных сточных вод. Здесь необходимы тщательные исследования с целью эффективного использования хлора, так как неудовлетворительная работа дезинфекционных агрегатов может привести к избыточным концентрациям остаточного хлора. Необходимо измерять содержание остаточного хлора при различных его дозировках и изменяющихся расходах сточных вод и результаты измерений сравнивать с результатами лабораторных испытаний, проводимых при той же продолжительности контакта» [5].

Сравнительные показатели процесса биологической очистки смеси сточных вод нефтеперерабатывающего и нефтехимического заводов при использовании кислорода приведены в таблице 1.1

Таблица 1.1 - Сравнительные показатели биологической очистки смеси сточных вод нефтеперерабатывающего и нефтехимического заводов при использовании воздуха и кислорода

Показатели	Аэрация				
	Воздухом		Кислородом		
Период аэрации, час	8	12	8	4	2
Окислительная мощность по БПК <sub>п</sub> , г/(м <sup>3</sup> * сутки)	693-975	640-716	978	1782	4248
Доза ила, г/л	1,9-4,6	2,8-4,5	4,4	6,3	7,4
Иловый индекс, мл/г	110-352	73-257	67	43	39
Расход воздуха ила кислорода, м <sup>3</sup> /м <sup>3</sup>	85-126	68-128	36	18	9
Нагрузка на ил, мг/(г * сутки)	249-952	255-608	367	470	883
Удельная скорость окисления, мг/(г*ч)	10,1-31,7	10,4-24,8	15,1	18,2	44,8
Степень очистки, %: по ХПК	68-90	72-85	87	79	75

Продолжение таблицы 1.1

Показатели	Аэрация				
	Воздухом		Кислородом		
по БПК <sub>п</sub>	80-98	98	99	94	97
по нефтепродуктам	45-66	70-74	50	61	68
Характеристика очищенных сточных вод: ХПК, мг/л	46-221	66-177	86	114	154
БПК <sub>п</sub> , мг/л	4-80	6-8	3	20	12
Содержание, мг/л: взвешенных веществ	4-116	10-18	-	15	15
нефтепродуктов	14-22	14	14	16	18
растворенного кислорода	0,2-4,5	0,95-4,5	18,2	8,7	12,4

Как следует из таблицы, снижение периода аэрации в 4-6 раз при замене воздуха кислородом обеспечивает достаточно эффективную очистку сточных вод. Применение кислорода позволяет вести процесс очистки при более высоких концентрациях активного ила с более высокими удельными скоростями окисления. Значение илового индекса снижается до 40-45 мл/г.

Примерно такими же показателями характеризуются и дисковые аэраторы. Так, на Мичуринском ферментно-спиртовом заводе установлены два аэратора диаметром 1 м, разработанные по рекомендациям МИСИ им. В. В. Куйбышева. Расход сточных вод составляет 400-500 м<sup>3</sup>/сутки, а БПК<sub>20</sub> 250-400 мг/л. Потребление электроэнергии колеблется в пределах от 0,55 до 0,8 кВт·ч на 1 кг БПК<sub>20</sub>. Такие показатели, как окислительная способность и эффективность аэрации, являются весьма полезными и показательными характеристиками, при выборе системы аэрации следует учитывать и другие параметры, непосредственно не связанные с системой аэрации. Следует иметь в виду, что от работы системы аэрации в значительной степени зависит качество осветления жидкости во вторичных отстойниках. Избыточная

турбулентность в аэротенке может привести к физическому повреждению активного ила и его плохой осаждаемости. Поэтому наилучшей характеристикой аэратора будет служить его надежная работа в производственных условиях в течение длительного периода. Только такие данные могут быть безошибочно использованы при расчете системы аэрации [9].

Сопоставление рассчитанной эффективности задержания сухого вещества с данными, полученными экспериментальным путем, показало, что возможно рассчитать эффективность задержания сухого вещества для сырого и сброженного осадков с ошибкой порядка 5 - 10 %.

При центрифугировании активного ила эффективность задержания сухого вещества мало зависит от производительности центрифуги, в этом случае получаются весьма существенные расхождения. Проведение дисперсионного анализа и определение плотности твердой фазы осадка требуют тщательного выполнения, а результаты повторных анализов часто не совпадают даже при работе с одним и тем же осадком [25].

На биологический процесс очистки оказывает влияние показатель щелочности или кислотности среды (рН) Наиболее эффективная очистка происходит в оптимальном значении рН равным 6,5-7,5. При рН ниже 5 и выше 9 биологическая активность резко уменьшается и, следовательно, ухудшается процесс очистки.

Как было уже сказано выше, по внешнему виду активный ил представляет собой хлопья, густо заселенные микроорганизмами.

«Количество микроорганизмов в активном иле также называют биомассой. В ее составе могут присутствовать:

- простейшие,
- актиномицеты (микроскопические грибы),
- бактерии,
- инфузории,
- амебы,

- черви (нематоды),
- коловратки и т.д» [10].

Эти микроорганизмы способны поедать вредные бактерии, и тем самым омолаживать и увеличивать биомассу активного ила. Увеличение биомассы приводит к нехватке кислорода, и микроорганизмы начинают «голодать». Это негативно сказывается на качестве очистки стоков, поэтому количество активного ила в аэрационной системе необходимо постоянно регулировать, то есть удалять излишек активного ила. Но в то же время, если удалить сразу большое количество ила, то соответственно резко снизится и количество активных микроорганизмов, что тоже ухудшит качество очистки стоков.

К условиям формирования хлопьев активного ила, имеющих оптимальные характеристики, относятся следующие:

- активность флокулообразующих бактерий при выделении зоогеля;
- поддержание возраста активного ила на том уровне, при котором хлопья активного ила будут иметь достаточный размер;
- соблюдение необходимого уровня растворенного кислорода;
- оптимальная скорость перемешивания для распределения по всему рабочему объему и обеспечения равномерности «питания»;
- подавление развития нитчатых и пенообразующих бактерий и организмов.

Зоогель представляет собой биополимерную слизистую субстанцию, в состоянии вязкого коллоидного раствора, выделяемую клетками флокулообразующих бактерий при их контакте с загрязняющими веществами. Эта гелевая масса заполняет пространство между бактериями и хлопьями активного ила, заставляя их слипаться между собой, а так же способствует адсорбции загрязнений на поверхности хлопьев и поступлению их в клеточное пространство для последующей ферментации.

Биогель состоит в основном из сложных комплексов сахаров и белков, включая в себя также клеточные ферменты, полипептидные соединения и

прочие полимеры. Он синтезируется внутри полисахаридопродуцирующих бактерий, и только потом выпускается ими в окружающую среду. К благоприятным условиям его образования относится высокая степень адсорбции легкоокисляемой органики и ее биохимическая переработка с накоплением в клетках биополимерного геля в начальный период биологической очистки. При этом клетки становятся центрами агрегации, присоединяя к себе другие и создавая устойчивые хлопьевидные образования.

Поэтому высокие концентрации легкоокисляемых органических загрязнений способствуют интенсивному выделению зоогеля, вследствие чего из воды извлекается больший процент загрязнений. При небольших удельных нагрузках на активный ил такие условия создаются в первых коридорах аэротенков-вытеснителей непрерывного действия, а при более высоких нагрузках на активный ил более благоприятные условия для формирования структуры хлопьев активного ила создается в аэротенках последовательного замеса. Это связано с тем, что при низких концентрациях загрязняющих веществ такие условия создаются в первых коридорах аэротенков, а при нагрузке по ХПК более чем 800 мг/л, в аэротенках-смесителях распределение идет быстро и по всему объему, что определяет оптимальные условия для образования хлопьев.

Оболочка, состоящая из зоогеля, обладает следующими свойствами:

- защищает флокулообразующие бактерии от воздействия загрязняющих веществ и от пожирания микроорганизмами следующего трофического уровня;
- способствует абсорбции загрязняющих веществ;
- сохраняет плотность структуры хлопьев активного ила, способствуя его качественному отделению от осветленной воды.

С процессом гелеобразования связано общее функционирование системы активного ила, так как любое негативное воздействие, его затрагивающее, снижает показатели очищения обрабатываемых стоков.

Одним из значительных факторов, оказывающих влияние на выделение биополимерного геля клетками флокулообразующих бактерий, является продолжительность фазы эндогенного дыхания, на которой жизнедеятельность бактерий поддерживается за счет потребления легкоокисляемой органики.

При ее затягивании активный ил начинает питаться веществами, содержащимися в зоогеле, что ведет к разрушению хлопьев активного ила, их измельчению, снижению плотности и ухудшению адсорбционной способности.

На процесс хлопьеобразования оказывает влияние также качество перемешивания и связанное с этим снабжение кислородом популяций флокулообразующих бактерий.

Чем больше возраст активного ила, тем крупнее образованные им флоккулы и тем интенсивнее должно осуществляться перемешивание биомассы, необходимое для удаления скапливающихся газов, являющихся продуктами метаболизма населяющих хлопья бактерий и обеспечения доступа растворенного кислорода.

Недостаточно активное перемешивание ведет к разрушению хлопьев скапливающимися газами, а так же их измельчению, так как в результате недостатка кислорода увеличивается прирост иловой массы, как следствие, происходит ее более частое удаление и омоложение.

Отрицательное влияние на выделения биогеля оказывает содержание в сточной воде большого количества неокисляемой и сложноокисляемой органики, потому что в этом случае отсутствует материал для его внутриклеточного синтеза, а так же повышенное содержание токсических веществ, приводящее к разрушению хлопьевидных образований.

Соблюдение и поддержание благоприятных для развития активного ила условий является залогом успешного продуктивного функционирования очистного сооружения. Температура, при которой идет активное размножение и питание колоний бактерий и грибов, от 20 до 27°C. Если

температура окружающей среды меньше 6°C, действие микроорганизмов становится менее продуктивным, а скорость переработки стоков снижается. При смене состава отходов продуктивность также падает. Бактериям необходимо определенное время, чтобы перестроиться. Если, например, в бактериальную среду внесли продукты нефтепереработки, а бактерий, отвечающих за окисление таких сложных веществ мало, тогда должно пройти определенное количество времени для их активного размножения. При внесении большого количества токсичных веществ бактериальная среда может погибнуть. В составе поступающей жидкости должно быть достаточное количество органических веществ: углеводов, азота, фосфора, серы, марганца. Для нормального функционирования аэробных бактерий необходим кислород, поэтому нужно позаботиться о непрерывной его подаче в жидкость.

«Состав активного ила во многом определяется составом стоков, которые поступают в аэротенк. Поскольку именно они являются питательной средой для жизнедеятельности микроорганизмов.

Видовой состав активного ила определяется путем отбора жидкой пробы (сточная вода, активный ил, очищенная вода) методом зачерпывания, например при помощи ковша. Проба должна быть доставлена на анализ в неизменном состоянии. Поэтому быстро, до оседания взвеси, пробу переливают в стакан или широкогорлую банку, заполняют сосуд лишь до половины, и в открытом виде немедленно доставляют в лабораторию. Перед началом анализа пробы с активным илом тщательно перемешивают в колбе и из каждой отливают по 100 мл в мерный цилиндр для определения объема осевшего ила (через 30 мин). Остальная часть пробы используется для визуальной оценки характера ила для микроскопирования. Анализ осуществляется в течение получаса с момента взятия пробы. При сохранении пробы в холодильнике в открытом виде этот срок может быть продлен до 2 часов. Обычно пробы отбирают с глубины 30-40 см.

Весь дальнейший анализ осуществляется путем микроскопирования. При просмотре отмечают характер хлопка (крупный, мелкий, плотный, рыхлый, размытый) и видовой состав организмов. В основном гидробионты определяются в живом виде. Для изготовления препарата пробы отстаиваются в течение трех минут, необходимых для образования концентрированного осадка. Капля ила, отобранная пипеткой с широким отверстием, помещается на предметное стекло и накрывается покровным стеклом. Желателен просмотр, по крайней мере, двух капель из каждой пробы - с поверхности ила и со дна сосуда, так как при отстаивании организмы в зависимости от их массы и поведенческих реакций распределяются в толще ила неравномерно. В очищенной воде, где организмов очень мало, для сгущения проб применяют центрифугирование или длительное отстаивание. При высокой концентрации ила (возвратный ил или пробы в зоне застоя) производят разбавление ила. При этом нужно следить за тем, чтобы разбавляющая жидкость была получена из тех же мест сооружений, что и исходная проба; в противном случае нарушается жизнедеятельность организмов. Если определению мешает повышенная активность организмов, их следует наркотизировать или фиксировать. Замедление движения всех организмов может быть достигнуто введением в препарат веществ, увеличивающих вязкость жидкости - глицерина, вишневого клея и т. д. Доза этих веществ подбирается опытным путем» [10].

На основании вышеизложенного можно сделать следующие выводы, что в результате проведенного исследования современных технологий применения активного ила следует, что эффективным является применение активного ила в качестве удобрений, потому что, при его внесении в почву происходит усиление микробиологической активности, повышается ферментативная активность почвы, улучшается ее азотно-фосфатный режим. Но наиболее эффективным является использование избыточного активного ила очистных сооружений, для биологической рекультивации

нефтезагрязнённых земель, так как при этом способе происходит не только очистка загрязнённых грунтов, но и удобрение почв.

Таким образом, в результате проведенного исследования современных технологий выявлены широкие возможности утилизации и применения активного ила, образующего в процессе очистки сточных вод. Современные способы переработки активного ила включают сжигание, пиролиз, депонирование, компостирование, хранение отработанного ила на иловых площадках, биологическую рекультивацию нефтезагрязнённых земель с помощью избыточного активного ила очистных сооружений, использование ила в качестве удобрений в сельском хозяйстве, применение в качестве белкового корма животных и птиц.

При этом наиболее эффективным и экологически безопасным способом является применение активного ила для биологической рекультивации нефтезагрязнённых земель.

Также следует сделать вывод, что в производственных условиях, возможно, улучшить качество и свойства активного ила путем повышения эффективности очистки сточных вод.

Эффективность работы активного ила и улучшения его свойств (характеристик) возможно в результате регулирования:

- структуры сообщества микроорганизмов активного ила;
- аэрации;
- состава загрязнений сточной жидкости;
- температуры стоков.

## **2 Анализ работы и действующей технологии использования активного ила очистных сооружений ПАО «Тольяттиазот»**

### **2.1 Анализ работы очистных сооружений ПАО «Тольяттиазот»**

В цехе ПАО «Тольяттиазот» осуществляют механическую и биологическую очистку сточных вод с органическими и минеральными загрязнениями и механическое обезвоживание шлама на фильтр-прессах.

Производительность очистных сооружений составляет 104000 тыс.м<sup>3</sup>/год.

Производительность установки механического обезвоживания шлама - 2464 м<sup>3</sup>/сут (по шламу влажность 86,8 %).

Исходя из состава загрязнения сточных вод, на предприятии предусматриваются следующие отдельные системы канализации:

- производственных стоков с органическими загрязнениями;
- производственных стоков с минеральными загрязнениями;
- производственно-дождевых стоков;
- промывочных вод;
- хозяйственно-бытовых сточных вод.

«Биологический метод очистки производственных сточных вод содержащих органические вещества в растворенном состоянии, считается наиболее полным. Для этого используют те же технологические процессы, что и при очистке бытовых сточных вод, аэробную и анаэробную очистку. Для аэробной очистки применяют аэротенки различных конструкций, такие как, окситенки, фильтротенки, флототенки, биодиски и биологические пруды. При анаэробном процессе очистки сточных вод, в качестве первой ступени биологической очистки применяют метантенки» [33].

«При биологической очистке производственных сточных вод для развития микроорганизмов активного ила должны быть созданы оптимальные условия. Для создания оптимальных условий размножения

микроорганизмов используют аэротенки, работающие с высокими дозами активного ила; окситенки, снабжаемые чистым кислородом, и аэротенки с неравномерно-рассредоточенным впуском сточной воды.

Результатом работы биохимического процесса, проходящего в том или ином сооружении, является так называемая окислительная мощность. Она определяется количеством кислорода, получаемого с объема  $1 \text{ м}^3$  очистных сооружений в сутки и количества химических веществ потраченных для окисления органических веществ» [33].

«Биологическая очистка в аэробных условиях возможна, если органические и минеральные вещества, содержащиеся в производственных сточных водах, способны окисляться в результате биохимических процессов. Также важно, чтобы наличие растворенного кислорода, величина рН, температура и концентрация в воде вредных веществ не превышала предельно допустимые величины, при которых жизнедеятельность микроорганизмов активного ила не прекращалась.

Главной причиной нарушения нормальной работы биологических очистных сооружений являются залповые сбросы производственных сточных вод с высокой концентрацией медленно окисляемых соединений.

Сильно концентрированные сточные воды перед сбросом требуется предварительно обрабатывать до допустимых пределов (по  $\text{БПК}_{\text{полн}}$ ).

Процесс очистки сточных вод протекает более эффективно в том случае, если очищают одновременно производственные и бытовые сточные воды.

Совместная очистка смешанных сточных вод обеспечивает необходимое содержание биогенных элементов, а также бытовые сточные воды разбавляют высокую концентрацию производственных стоков.

Величина  $\text{БПК}_{\text{полн}}$  бытовых стоков, которая требуется для разбавления производственных стоков, должна быть относительно постоянна; в среднем пределе 40 г/сутки на человека, который пользуется системой бытовой

канализации. Величина  $BPK_{полн}$  производственных вод определяется на основании анализов.

При совместной биологической очистке бытовых и производственных стоков механическая очистка производится как совместно, так и отдельно. Раздельная механическая очистка применяется, если производственные сточные воды нуждаются в механо-химической или физико-химической очистке.

Для биологической очистки производственных сточных вод применяют те же основные сооружения, что и для очистки бытовых сточных вод.

Выбор сооружений производят исходя из количества и особенностей состава очищаемых сточных вод, а также учитывают требования, предъявляемые к качеству очищаемых стоков. Наиболее производительными считаются аэротенки различных конструкций. Поэтому им отдают большее предпочтение, при прочих равных технико-экономических показателях.

Продолжительность очистки сточных вод, содержащих различные виды загрязнений, определяют экспериментальным путем.

Общий расход воздуха, требуемый для аэрации и ее интенсивность, определяют исходя из максимальной величины  $BPK_{полн}$  сточной воды поступившей на очистные сооружения и максимальной концентрации активного ила.

Для очистки высококонцентрированных сточных вод ( $BPK_{полн}$  более 1000 мг/л) следует применять для аэрации двухступенчатые сооружения, в связи с их явным преимуществом по сравнению с одноступенчатыми. Преимущество выражается в более устойчивой работе при перегрузках и колебаниях концентрации сточных вод.

При обычном режиме работы активный ил каждой ступени циркулирует, не перемешиваясь. В связи с этим микроорганизмы активного ила могут адаптироваться к окислению загрязнений, поступающих на первую или вторую ступень.

В качестве первой ступени применяют аэротенки-смесители, в качестве второй - аэротенки-вытеснители» [33].

«Достоинствами аэротенков-смесителей являются высокая скорость окисления загрязнений и способность очищать концентрированные сточные воды, из недостатков следует отметить возможность «проскока» загрязнений с очищенной водой.

Достоинствами аэротенков-вытеснителей являются высокая степень использования рабочего объема, устойчивая рабочая доза активного ила в зоне аэрации и отсутствие «проскоков» загрязнений, из недостатков отмечают пониженный кинетический показатель, как следствие неравномерной нагрузки в течение рабочего цикла на активный ил.

Аэротенки первой ступени очистки применяют с регенераторами, на второй ступени регенераторы могут отсутствовать. Объем регенераторов обычно составляет от 25 до 50 % объема аэротенка.

Избыточный активный ил первой ступени очистки отправляют на илоуплотнитель, а оттуда на дальнейшую обработку. При такой схеме очистки величина БПК<sub>полн</sub> жидкости, поступающей на первую ступень, может быть увеличена до 2000 мг/л (вместо 300-350 мг/л при одноступенчатой очистке). Значительно увеличивается и окислительная способность аэротенка первой ступени до 1800 г/(м<sup>3</sup>/сутки).

Избыточный активный ил второй ступени очистки чаще всего отправляют на первичные отстойники для того, чтобы использовать его коагулирующее действие и сорбционную способность.

Применение двухступенчатой схемы биологической очистки сточных вод позволяет получить более устойчивую работу очистных сооружений и значительно сократить их объем.

Недостатком двухступенчатой схемы очистки сточных вод является необходимость строительства промежуточных вторичных отстойников и системы распределительных лотков связанных с ними. Хотя следует

справедливо отметить, что этот недостаток компенсируется более высокой и устойчивой работой очистных сооружений» [33].

В процессе работы, очистных сооружений ПАО «Тольяттиазот» производственные сточные воды по самотечному коллектору поступают в три аванкамеры емкостью по 4000 м<sup>3</sup>. Работа аванкамер осуществляется по следующей схеме: наполнение, лабораторный контроль, выпуск стоков.

Сточные воды, удовлетворяющие требованиям биологической очистки, из аванкамер перепускают в приемный резервуар объединенной насосной станции. Дождевые воды с площадки завода отводятся в ливневую емкость объемом 20000 м<sup>3</sup>, откуда перепускаются в тот же приемный резервуар.

Из приемного резервуара сточные воды центробежными насосами перекачиваются в приемную камеру очистных сооружений.

При неудовлетворительных анализах, сточные воды из аванкамер перепускаются в две аварийные емкости объемом 10000 м<sup>3</sup> каждая, из которых затем откачиваются в приемный резервуар, где смешиваются с бытовыми сточными водами, прошедшими предварительную очистку от грубых примесей на круглых решетках-дробилках.

Из приемного резервуара сточные воды затем направляются в приемную камеру очистных сооружений, из которой поступают на сооружения механической очистки, предназначенные для освобождения сточных вод от грубых примесей.

Из приемной камеры сточные воды самотеком поступают на круглые решетки-дробилки, где происходит дробление грубых примесей в потоке сточных вод.

Очищенные от грубых примесей сточные воды направляются в аэрируемые песколовки для удаления песка. Для повышения эффективности внутри песколовки проходят перфорированные трубы для подачи воздуха. Интенсивность аэрации 3-5 м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup> в час.

Песок, задержанный песколовками, при помощи гидроэлеваторов удаляется в бункера для песка для обезвоживания. После обезвоживания

песок вывозится в бункер объемом  $10 \text{ м}^3$ , а вода отводится в жиросборный колодец.

Сточные воды из аэрируемых песколовок через распределительные камеры поступают в первичные радиальные отстойники, представляющие собой круглые железобетонные резервуары диаметром 30 м, предназначенные для удаления из сточных вод взвешенных веществ. Время пребывания сточных вод в отстойниках полтора-два часа.

Осадок, выпадающий на дне первичных отстойников, периодически (2 раза в смену) сгребается илоскребами в центральный приямок, откуда насосами удаляется на сооружения обработки осадка. Влажность сырого осадка составляет 97 - 98 %.

Жировые вещества и нефтепродукты, собирающиеся на поверхности воды, специальным скребком и сбрасываются в бункер-жиросборник, из которого самотеком попадают в жиросборный колодец, откуда периодически перекачивают на аэробный стабилизатор.

В первичных отстойниках осаживается только грубая часть взвешенных веществ, поэтому осветленный сток собирается в периферийном лотке отстойника и направляется на биологическую очистку в аэротенк-смеситель.

Предельное содержание взвешенных веществ в сточных водах, направляемых на биологическую очистку не должно превышать 150 мг/л.

Сооружения биологической очистки предназначены для окисления содержащихся в сточных водах органических веществ, биологический метод основан на способности микроорганизмов использовать для своего питания находящиеся в сточных водах органические вещества (органические кислоты, белки, углеводы, спирты и т.д.).

Осветленные сточные воды из первичного отстойника подаются в верхний канал аэротенка, откуда через распределительные лотки в аэротенк. Для обеспечения нормальной жизнедеятельности бактерий в аэротенк непрерывно подается сжатый воздух. Период аэрации составляет 15 часов.

Концентрация активного ила в аэротенке 1,8-3 г/л. После аэротенка сточные воды направляются на вторичные радиальные отстойники, которые служат для удаления из очищенной воды активного ила. Время пребывания воды в отстойниках полтора-два часа.

Допустимый вынос взвешенных веществ с очищенными сточными водами 20 мг/л [3].

Очищенные стоки собираются в периферийном лотке отстойника и через распределительную камеру самотеком направляются на аэрируемые зернистые фильтры, после которых поступают в смеситель. В смеситель так же подается хлор для обеззараживания.

После этого, очищенная вода проходит контактный резервуар и поступает в приемный резервуар объединенной насосной станции северного промузла и по коллектору, через рассеивающий выпуск, сбрасывается в реку Волгу.

Выпавший на дно вторичного отстойника активный ил влажностью 95 - 99,2 % удаляется с помощью илососа в приемный резервуар иловой насосной станции. Из приемного резервуара активный ил центробежными насосами подается на аэротенк, а избыточный активный ил самотеком поступает в аэробные стабилизаторы, предназначенные для самоокисления свежего осадка в присутствии кислорода воздуха. Период аэрации в аэробных стабилизаторах принят равным 6,5 суток. Сброженный осадок переливается через водослив и распределительную камеру, и направляется на илоуплотнители, в которых происходит уплотнение сброженного осадка. В качестве илоуплотнителей выступают радиальные отстойники диаметром 24 м. Время уплотнения осадка составляет шесть часов. Иловая вода собирается в периферийных лотках илоуплотнителей и направляется в приемный резервуар очистных сооружений.

Уплотненная стабилизированная смесь осадков первичных отстойников и избыточного ила (в дальнейшем именуемая «Кек») с влажностью 97 - 98 % поступает из илоуплотнителей на установку

центрифугирования, где ее отжимают от воды до 86,8 % влажности, после чего отправляют на иловые карты ПАО «Тольяттиазот». Фугат сырого осадка из центрифуг самотеком подается на аэробные стабилизаторы.

Иловые карты ПАО «Тольяттиазот» представляют собой два каскада площадок в количестве 9 шт. (5 карт большого каскада и 4 карты малого каскада) общей площадью 98000 м<sup>2</sup>, предназначенные для обезвоживания и подсушки аэробноминерализованных осадков.

Каждая площадка (иловая карта) огорожена земляным валиком со всех сторон, с одним подъездом для автотранспорта. На площадке организована система подающих труб, через которые периодически равномерно по площади подается сырой осадок или активный ил. Он сушится до влажности около 75 - 80 %. После чего «сухой осадок» погружают на автотранспорт или вагонетку и вывозят на полигоны или на дальнейшую переработку. Иловая же вода, просачивается сквозь землю. Иловая вода собирается через систему дренажа устроенную в основании иловых площадок. Она состоит из труб, расположенных в канавах, засыпанные гравием или щебне, на глубине более 0,6 м. Иловая вода по этим трубам направляется в начало очистной станции.

Заполнение карт происходит поочередно.

Каждая партия «Кека», перед вывозом с иловых карт, проходит лабораторное исследование.

Избыточный активный ил «Кек» вывозится поочередно с четырех карт, таким образом, полностью освобождаются три карты, на которые постепенно размещаются новые партии «Кека».

Срок хранения отработанного активного ила на иловых полях равен трем годам.

На рисунке 2.1 представлена блок-схема процесса очистки сточных вод ПАО «Тольяттиазот».

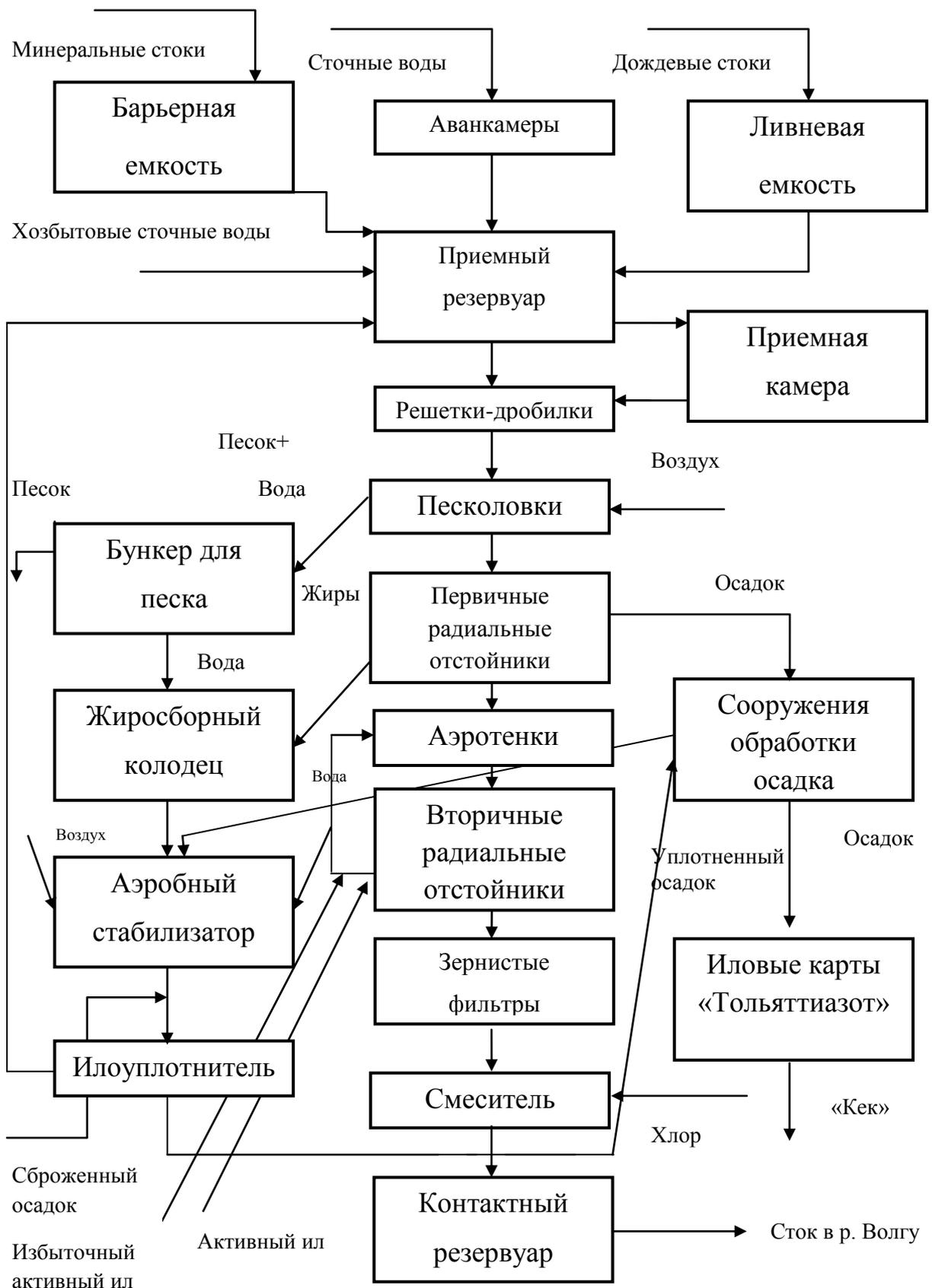


Рисунок 2.1 - Блок-схема процесса очистки сточных вод ПАО «Тольяттиазот»

Показатели работы активного ила на очистных сооружениях ПАО «Тольяттиазот» приведены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 - Показатели сточной жидкости до и после очистки активным илом

Наименование параметра	Параметры (мин/макс) на входе в аэротенк (мг/дм <sup>3</sup> )	Параметры (мин/макс) на выходе с аэротенка (мг/дм <sup>3</sup> )	Снижение более чем в (разы)
Азот аммонийный	34/95	5,4/10	9
БПК-5	94/515	5,4/10	13
Нефтепродукты	0,8/2,5	0,03 / 0,08	50
Взвешенные вещества	152/385	8,8/34	10
Фосфаты	8,7/11,9	4,3 / 5,1	2
Хлориды	52/80	47/54	1,5
АПАВ	1,9/3,3	0,2 / 0,37	5
Рн	7,05/8,12	7,03 / 7,2	норма
Сухой остаток	492/1182	248 / 440	4

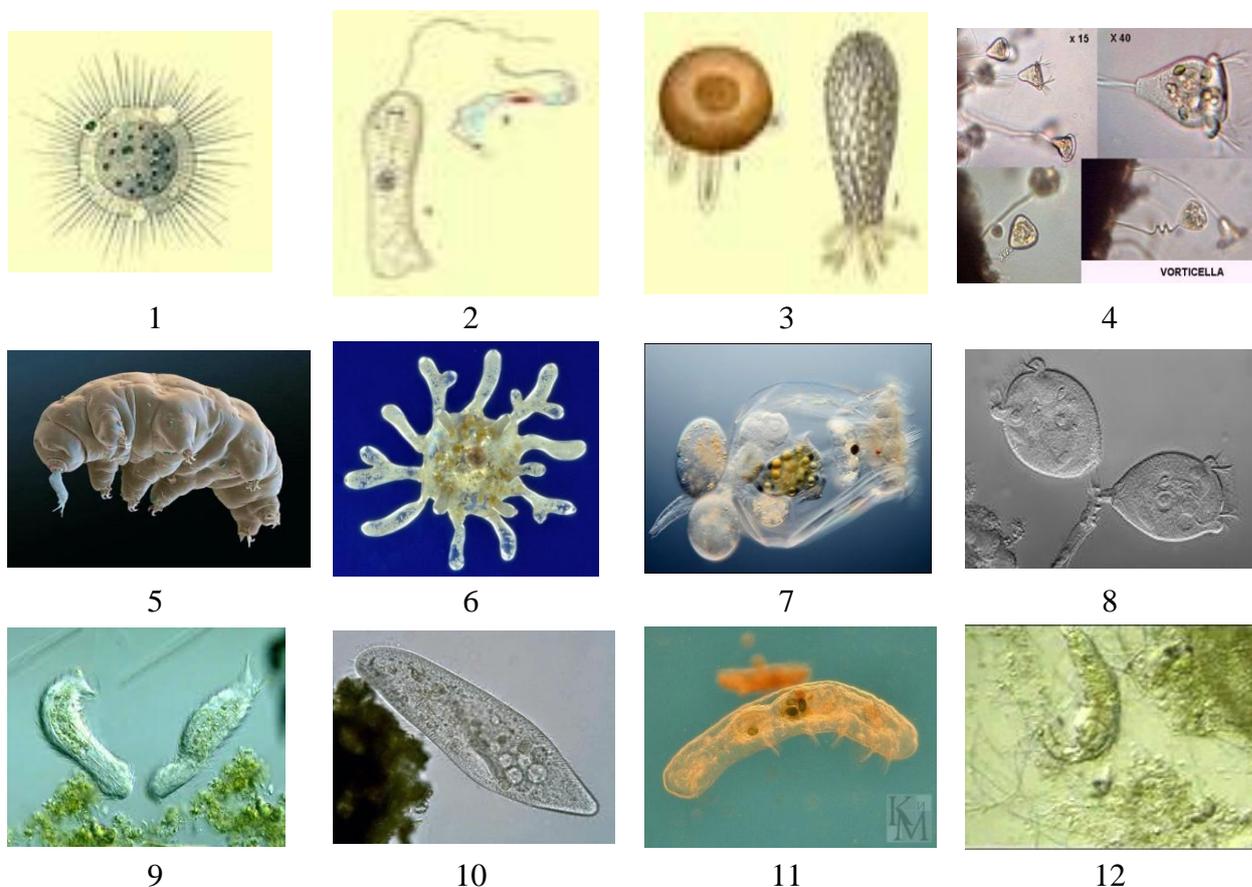
## 2.2 Состав и свойства активного ила образующегося на очистных сооружениях ПАО «Тольяттиазот»

В биоценозах активного ила, образующегося на очистных сооружениях ПАО «Тольяттиазот», присутствуют представители шести отделов микрофлоры (бактерии, грибы, диатомовые, зеленые, синезеленые, эвгленовые микроводоросли). Также присутствуют девять таксономических групп микрофауны (жгутиконосцы, саркодовые, инфузории, первичнополостные, вторичнополостные черви, брюхопесочные черви, коловратки, тихоходки, паукообразные). Результаты гидробиологического анализа активного ила представлены в таблице 2.2.

Таблица 2.2 - Результаты гидробиологического анализа активного ила

Царство	Тип	Подтип	Класс	Подкласс	Отряд	Род	
Простейшие (одноклеточные)	Саркомастигофоры- SARCOMASTIGOPHORA	Саркодовые	Настоящие амёбы - LOBOSEA	Раковинные корненожки- TESTACEA- LOBOSIA	ARCELLINIDA	ARCELLA (раковинные амёбы) CENTRYPYXIS (раковинные амёбы)	
			Филозеи -FILOSEA (раковинные амёбы)	-	GROMIDA	EUGLYNA (раковинные амёбы)	
	Инфузории	CILIATA (ресничные инфузории)	PERITRICHIA			SCUTICOCILIATIDA	VORTICELLA (одиночные сувойки)
							OPERCULARIA (колониальные сувойки)
							THURICOLA (особи находятся в домике)
			POLYHUME-NOPHORA	SPIROTRICHIDA (брюхоресничные)	HYPORICHIDA	ASPIDISCA EUPLOTES AJJINIS	
Многоклеточные (беспозвоночные)	Немательминты	-	ROTIFERA- коловратки	-	-	ROTARIA и другие (беспанцирные) Коловратка панцирная	
	GASTRO TRICHA (оресничные черви, при- мыкает к коловраткам)	-	-	-	-	CHAETONOTUS	
	Кольчатые черви- ANNELIDA	-	Малощетинковые черви- OLIGOCHEATA (вторичнополостные)	-	-	AEOLOSOMA	
	-	-	-	-	-	Тихоходка (родственные членистоногим)	
	Цисты простейших	-	-	-	-	-	

Виды микроорганизмов активного ила предоставлены на рисунке 2.2.



1 - солнечник; 2 - жгутиконосцы; 3 - раковинные корненожки; 4 - колониальные инфузории; 5 - тихоходка; 6 - амеба; 7 - коловратка; 8 - сувойки; 9 - брюхоресничные черви; 10 - инфузория туфелька; 11 - малощетинковый кольчатый червь; 12 - беспанцирная коловратка [10]

Рисунок 2.2 - Виды микроорганизмов активного ила

Микроскопирование активного ила в аэротенках очистных сооружений ПАО «Тольяттиазот» выявило зеленые микроводоросли, простейшие (инфузории брюхоресничные - аспидиски, спирастамум, свободноплавающие; инфузории - перетрихи, турикола; раковинообразные амебы - арцеллы, амебы разные) и многоклеточные - коловратки разнообразные, малощетинковые черви, тихоходки [30, 31]. Результаты микроскопирования по подсчету количества микроорганизмов в 1 дм<sup>3</sup> активного ила в аэротенке представлены в таблице 2.3.

Таблица 2.3 - Результаты микроскопирования по подсчету количества микроорганизмов в 1 дм<sup>3</sup> ила в аэротенке

Род микроорганизмов	Количество микроорганизмов в объеме ила 0,5 мл (шт.)			Количество микроорганизмов в 1 дм <sup>3</sup> ила (тыс. шт.)			% общего числа микроорганизмов			Среднее количество микроорганизмов в 1 дм <sup>3</sup> ила (тыс. шт.) в пробах № 1-3	Средний % общего числа микроорганизмов
	Проба			Проба			Проба				
	№1	№2	№3	№1	№2	№3	№1	№2	№3		
Аспидиски	1	3	2	20	60	40	1,5	4,1	2,9	40	2,9
Брюхоресничные инфузории	16	18	16	320	360	320	24,2	24,3	22,9	333,3	22,3
Арцеллы	6	5	6	120	100	120	9,2	6,8	8,5	113,3	8,1
Амёбы	10	12	10	200	240	200	15,2	16,2	14,3	213,3	14,2
Перетрихи	4	6	8	80	120	160	6,0	8,1	11,4	120,0	8,6
Турикола	3	4	3	60	80	60	4,5	5,4	4,3	66,7	4,8
Цисты	2	1	2	40	20	40	3,0	1,4	2,9	33,3	2,4
Разнообразные коловратки	10	9	7	200	180	140	15,1	12,1	10,0	173,3	12,4
Малощетинковые черви	8	11	10	160	220	200	12,1	14,8	14,3	193,3	13,8
Тихоходки	6	5	6	120	100	120	9,2	6,8	8,5	113,3	9,5
Итого:	66	74	70	1320	1480	1400	100	100	100	1399,8	100

### **2.3 Негативное воздействие на окружающую среду иловых площадок**

Как уже было выше сказано, отработанный активный ил очистных сооружений ПАО «Тольяттиазот» размещают на иловых картах, это является наиболее популярным способом утилизации отработанного активного ила.

Ежегодно на биологических очистных сооружениях города получают огромное количество отработанного активного ила, которому не находят практического применения и просто складывают на специальных подготовленных иловых площадках. Территория, отведенная для складирования илового осадка, все время увеличивается и занимает полезную и плодородную почву, и вместе с тем, наличие иловых полей негативно влияет на состояние окружающей среды.

На иловых площадках, при процессе складирования, имеют тенденцию выделяться не контролируемые газообразные вещества. Образуются такие соединения, как сернистый и углекислый газ, закись азота, метан. Все перечисленные газы обладают опасными свойствами [4].

Отличительной чертой сернистого газа является резкий запах. Когда часть сернистого газа при фотохимическом окислении попадает в атмосферу, то образует, сернистый ангидрид и при взаимодействии с влагой, содержащейся в атмосфере, образует серную кислоту, что может привести к образованию кислотных дождей. В результате, кислотные осадки губительно воздействуют не только на растительный мир, но и на здания и сооружения. У растительности, которая подверглась воздействию кислотных дождей, начинается разрушение хлорофилла содержащегося в листьях, в связи с этим ухудшается дыхание растений и уменьшается способность к фотосинтезу, а также замедляется рост, в результате чего растение гибнет.

Рост концентрации углекислого газа в атмосфере приводит к образованию парникового эффекта.

Накопление на площадках илового осадка, внутри которого происходит разложение органических веществ, ведет к образованию газа метана. Образование метана в атмосфере также ведет к парниковому эффекту, за счет увеличения температуры нижних слоев накопленных осадков. Метан в 20-25 раз больше, чем углекислый газ, оказывает губительное влияние на атмосферу.

Сладковатый запах характеризует образование в атмосфере закиси азота. Образование оксида азота влияет на изменение озонового слоя. Оксиды азота, также могут вызвать образование кислотных осадков, даже в большей степени, нежели диоксиды серы.

Негативное воздействие на почву, могут оказывать тяжелые металлы, которые накапливаются в складываемом на иловых картах отработанном активном иле. В накапливаемом осадке содержатся тяжелые металлы, такие как медь, никель, свинец, цинк, марганец, кадмий.

Накопленные осадки передаются по цепи питания из почвы в растения, при этом оказывают токсическое воздействие на растения, животных, человека.

Медь имеет свойство накапливаться в окружающей среде, при этом увеличивается ее токсичность.

Никель, его избыток является главным механизмом токсичности, что приводит к ограничению перераспределения железа от корней к верхушкам растения, что впоследствии вызывает хлороз.

Образование свинца отрицательно влияет на биологическую деятельность почвы. Свинец также имеет способность передаваться по цепи питания, накапливаясь в тканях растений.

Накопление избыточного количества цинка отрицательно влияет на многие почвенные процессы: вызывает изменение физических и физикохимических свойств почвы. Цинк подавляет жизнедеятельность многих микроорганизмов, и нарушает процессы образования органических веществ в почве.

Механизм токсичного воздействия марганца связан с подавлением метаболизма железа и кальция, что вызывает соответствующие видимые недостатки этих элементов.

Токсичность кадмия для растений проявляется в нарушении активности ферментов торможении фотосинтеза. При повышенном содержании кадмия в почве наблюдается закономерность распределения элемента по органам растения, наибольшее накопление отмечается в корнях, наименьшее в генеративных и запасующих органах. Также следует отметить, что кадмий для человека более токсичен, чем для растений.

Таким образом, в результате проведенного анализа деятельности биологических очистных сооружений ПАО «Тольяттиазот», следует очевидный вывод, что иловые площадки оказывают крайне негативное влияние на окружающую среду. В связи с этим, для снижения негативного воздействия на окружающую природную среду рекомендуется сократить количество складированного отработанного активного ила. Для этого предлагается складированную биомассу активного ила использовать в различных технологических процессах в качестве исходного сырья, а именно для биологической рекультивации нефтезагрязненных земель.

### **3 Разработка предложений и рекомендаций для повышения эффективности использования активного ила на очистных сооружениях ПАО «Тольяттиазот»**

#### **3.1 Способ биологической рекультивации нефтезагрязнённых земель с помощью избыточного активного ила очистных сооружений**

Изобретение относится к охране окружающей среды, а именно к применению избыточного активного ила очистных сооружений сточных вод для биологической рекультивации нефтезагрязнённых земель, для восстановления их продуктивности и народнохозяйственной ценности.

В настоящее время на очистных сооружениях ПАО «Тольяттиазот» основная масса избыточного активного ила складывается на иловых картах (иловых площадках). Условия их складирования не исключают загрязнения ими поверхностных и подземных вод, почв, растительности.

Для утилизации, избыточный активный ил после стадий стабилизации, обработки флокулянтами и уплотнения, подвергается обеззараживанию и обезвоживанию на гравитационной установке, а затем вывозится на обезвреживание, далее вывозится на иловые карты.

Изобретение направлено на разработку способа биологической рекультивации нефтезагрязнённых земель с помощью избыточного активного ила (далее по тексту также используются термин «активный ил», под которым понимается избыточный активный ил), образующегося на биологических очистных сооружениях ПАО «Тольяттиазот», путем его использования в качестве минерального и органического удобрения.

Почвенный путь утилизации активного ила в качестве удобрения является в мировой практике наиболее приоритетным, но для интенсификации процессов разложения нефти/нефтепродуктов необходимо при этом обеспечить почвы биогенными элементами, наиболее важными из которых являются азот, фосфор и калий.

Известен способ рекультивации нарушенных земель согласно патенту на изобретение [12]. Способ включает внесение на поверхность почвы отходов химических производств, в качестве которых используют шлам - отход содового завода в количестве 10-40 кг/м<sup>2</sup>. Затем проводят вспашку. После вспашки дополнительно вносят активный ил очистных сооружений химического завода в количестве 4-5 кг/м<sup>2</sup> с последующим посевом семян растений.

Активный ил очистных сооружений может применяться в качестве органического удобрения, содержащего в доступных формах элементы, необходимые для развития растений. Исследования показали высокие качества ила при его использовании для целей рекультивации. Он представляет собой гигроскопичную (влажность 49 - 54 %) смесь минерального (53 - 78 %) и органического (22 - 47 %) вещества с достаточно высоким содержанием общего азота - до 3,6 % и фосфора - до 4,8 %.

Недостатком способа является необходимость использования в составе смеси активного ила с химического завода, который содержит токсичные специфические вещества (метанол и формальдегид).

Предлагаемый нами способ рекультивации нефтезагрязненных земель включает в себя следующие наработки, патенты [12, 13, 14].

Способ очистки почвы и водоемов от нефтяных загрязнений, раскрытый в патенте на изобретение [14].

Способ включает очистку водоемов, почвы от нефтяных загрязнений путем обработки поверхности биореагентом, включающим в себя сухую микробную биомассу активного ила очистных сооружений целлюлозно-бумажных производств и биогенное питание.

Способ очистки нефтезагрязненных почв позволяет под воздействием микробной биомассы, питательных веществ, целлюлозного волокна и низкомолекулярного лигнина, входящих в состав сухого активного ила, ускорять процесс биодegradации нефти и увеличивать степень очистки почвы и водоемов.

Другой способ утилизации избыточного активного ила биологических очистных сооружений предприятий нефтехимии, согласно патенту на изобретение [13], который может быть использован в нефтеперерабатывающей и нефтедобывающей промышленности и при рекультивации нарушенных земель и свалок промотходов.

Избыточный активный ил предварительно уплотняют и обезвоживают. Устанавливают класс опасности ила на основании химического анализа токсикантов органического и неорганического характера. Если ил относится к IV классу опасности, то в осенний период времени его размещают на нарушенном земельном участке в количестве 300-400 т/га в пересчете на сухое вещество и под зиму запахивают в поверхностный слой грунта на глубину 30 см.

Изобретение позволяет снизить затратность способа и улучшить состояние окружающей среды.

Недостатком применения способов по патентам [13] и [14] при рекультивации нарушенных земель, в частности загрязненных нефтепродуктами, является недостаточная эффективность процесса биологической рекультивации почв из-за низкого содержания минеральных элементов, особенно калия.

Предлагаемое автором данной работы проектом, представляет собой разработку технологии биологической рекультивации нефтезагрязненных почв на основе использования избыточного активного ила очистных сооружений ПАО «Тольяттиазот».

Технический результат - повышение эффективности процесса биологической рекультивации нефтезагрязненных почв путем комплексного использования избыточного активного ила, образующегося на очистных сооружениях, с калийными удобрениями.

Технический результат достигается, за счет последовательной реализации этапов преобразования избыточного активного ила очистных сооружений.

Избыточный активный ил очистных сооружений стабилизируют, уплотняют, обеззараживают и обезвоживают. Далее устанавливают класс опасности, который не должен быть выше IV класса. Определяют состав и концентрацию биогенных элементов в избыточном активном иле. Проводят расчет дозы вносимого в почву избыточного активного ила и устанавливают достаточность усвояемых форм азота, фосфора и калия, устраняют дефицит калия в избыточном активном иле путем внесения в него калийных удобрений, проводят известкование нефтезагрязненных земель на кислых почвах до получения значений водородного показателя (рН), близких к нейтральным. Следующим этапом вносят избыточный активный ил с калийными удобрениями в нефтезагрязненные земли под вспашку, производят орошение и поддержание почвы во влажном состоянии, проводят производственный контроль почвы.

Кроме того, отличительными признаками применяемого способа для очистных сооружений ПАО «Тольяттиазот» являются следующие:

- применяют избыточный активный ил, содержащий элементы питания в массовой доле избыточного вещества, %:

- 1) минеральные вещества - 78-88,5;
- 2) органические вещества - 11,5-22;
- 3) в том числе общий азот до 3,6;
- 4) фосфор до 4,8;
- 5) кальций до 1,98;
- 6) калия - 0,04;
- 7) магния до 0,02.

- избыточный активный ил вносят в рекультивируемые нефтезагрязненные земли под вспашку в количестве 8-20 т/га с калием хлористым в количестве 100 кг/га и известью жженой гашеной в количестве 700 кг/га.

Активный ил очистных сооружений ПАО «Тольяттиазот» впервые применяется в качестве удобрения, элементов питания, необходимых для

развития растений. Исследования показали высокие качества ила при его использовании для целей биологической рекультивации нефтезагрязненных земель.

Избыточный активный ил, получаемый на очистных сооружениях ПАО «Тольяттиазот», подают в стабилизатор-уплотнитель, барботируют и уплотняют, обеззараживают раствором гипохлорита натрия с дозой хлора 5 мг/л и подают на установку гравитационного типа в мешковый обезвоживатель (мешочный фильтр) с добавлением флокулянта «Праестол-650» из расчета 10 г/кг.

В результате обработки избыточный активный ил представляет собой гигроскопичную (влажность 72 - 78 %) смесь минерального (78 - 88,5 %) и органического (11,5 - 22 %) вещества с достаточно высоким содержанием общего азота - до 3,6 %, фосфора - до 4,8 %, кальция - до 1,98 % от массы сухого вещества. В иле меньше содержится калия и магния - соответственно до 0,04 % и 0,2 %. Водородный показатель солевой вытяжки составляет 7,4.

Предлагается использование активного ила в качестве минерального и органического удобрения на этапе биологической рекультивации нефтезагрязненных земель.

Использование активного ила ПАО «Тольяттиазот» в качестве удобрения основано на ряде положительных факторов - увеличивается содержание органического вещества в почве, почвы более насыщаются основаниями, имеют нейтральную реакцию, характеризуются высокой обеспеченностью подвижными формами кальция и фосфора, улучшается агрегатный состав и водоудерживающая способность почв.

Для определения возможности применения избыточного активного ила очистных сооружений в качестве минерального и органического удобрения на этапе биологической рекультивации нефтезагрязненных земель устанавливают класс опасности ила.

Исследования активного ила очистных сооружений ПАО «Тольяттиазот», проведенные согласно [18], показали, что содержание в иле

тяжелых металлов соответствуют нормативам для активного ила, используемого в качестве удобрения, и служат микроэлементами для растений (Таблица 3.1).

Таблица 3.1 - Содержание в активном иле очистных сооружений ПАО «Тольяттиазот» тяжелых металлов

Наименование показателя	Избыточный активный ил очистных сооружений ПАО «Тольяттиазот»	Норма по ГОСТ Р 54534-2011 при использовании для биологической рекультивации
Класс опасности для окружающей среды	IV	IV, V
Водородный показатель солевой вытяжки, ед. рН	7,4	5,0-8,5
Хром, мг/кг сухого вещества, не более	1,6	1000
Свинец, мг/кг сухого вещества, не более	0,21	500
Кадмий, мг/кг сухого вещества, не более	0,03	30
Никель, мг/кг сухого вещества, не более	1	400
Медь, мг/кг сухого вещества, не более	3,2	750
Цинк, мг/кг сухого вещества, не более	122	3500
Мышьяк, мг/кг сухого вещества, не более	<0,1	20

На основе стандартных методик [19] был определен состав и концентрация биогенных элементов избыточного активного ила, получаемого на очистных сооружениях предприятия. Результаты анализов представлены в таблице 3.2.

Таблица 3.2 - Биогенные элементы избыточного активного ила очистных сооружений ПАО «Тольяттиазот»

Наименование биогенного элемента	Концентрация, мг/кг	Методика выполнения измерений
Марганец	30	ПНД Ф 16.3.24-2000
Железо	3500	ПНД Ф 16.3.24-2000

Продолжение таблицы 3.2

Наименование биогенного элемента	Концентрация, мг/кг	Методика выполнения измерений
Кальций	19800	ПНД Ф 16.2.2.2.3:3.34-02
Сульфат-ионы	41	ПНД Ф 16.2.2.2.3:3.53-08
Хлорид-ионы	160	ПНД Ф 16.2.2.2.3:3.28-02
Азот общий	36000	ГОСТ 26715-85
Фосфор общий	48000	ГОСТ 26715-85
Калий	40	ГОСТ 26715-85

Большое значение с точки зрения возможного использования активного ила в качестве удобрений имеют его агрохимические характеристики в сравнении с традиционно применяемыми органическими удобрениями (Таблица 3.3).

Таблица 3.3 - Сравнительные агрономические характеристики активного ила и навоза

Удобрение	Содержание, % от массы сухого вещества					
	Азот общий	Фосфор общий	Калий	Кальций	Магний	Органическое вещество
Навоз конский	0,58	0,28	0,63	0,21	0,14	25,4
Навоз коровий	0,45	1,02	0,5	0,4	0,11	20,3
Активный ил	3,6	4,8	0,04	1,98	0,2	11,5

Из таблицы следует, что активный ил имеет более высокое содержание элементов питания для растений и превосходит традиционно применяемые органические удобрения, по содержанию общего азота, общего фосфора и кальция. Однако содержание калия в иле на порядок ниже, чем в органических удобрениях - конском и коровьем навозе.

Нормы внесения органических удобрений зависят от вида возделываемых культур и составляют в среднем 20-30 т. Ежегодно содержание органического вещества в почве уменьшается на 0,5-1 т/га.

Органические удобрения компенсируют неизбежные потери при минерализации. Если вносить на 1 га пашни 8-20 т активного ила в год, то баланс по органическому веществу будет положительным.

Кроме органических удобрений необходимо внесение в почву минеральных удобрений для обеспечения роста растений усвояемыми (растворимыми) формами азота, фосфора и калия. Рекомендуемая норма внесения минеральных удобрений составляет 60 кг/га для каждого вида удобрений.

Расчет дозы (Д) вносимого удобрения по количеству действующего вещества проводят по формуле (1):

$$D=A \times 100/B, \quad (1)$$

где А - рекомендуемая норма вещества на 1 га в кг;

В - содержание активного вещества в удобрении, %. В таблице 3.4 приведены расчетные значения дозы внесения активного ила в сравнении с комплексными и простыми минеральными удобрениями.

Таблица 3.4 - Доза внесения минеральных удобрений и активного ила

Наименование удобрения	По соотношению азота, фосфора и калия		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Комплексные удобрения			
Нитроаммофос 17-17-17, кг/га	353	353	353
Нитроаммофос 13-19-19, кг/га	462	316	316
Карбаммофос 18-18-18, кг/га	333	333	333
Диаммофос 25-25-0, кг/га	375	250	0
Активный ил			
Активный ил, кг/га	1667	546	124
Простые удобрения			
Калий хлористый гранулированный, кг/га	0	0	100
Сульфат калия	0	0	120
Селитра аммиачная	176	0	0
Суперфосфат двойной	0	122	0

Расчеты подтверждают, что внесение активного ила в качестве минерального удобрения в количестве 1667 кг/га позволяет полностью

обеспечить растения азотом и фосфором, однако при этом сохраняется дефицит калия.

Применение активного ила в качестве удобрения является целесообразным, хотя при этом требуется балансировка по калию, тем более что при известковании дозы калийных удобрений должны быть увеличены на 30 %, что связано с переводом калия под влиянием извести в необменные (прочно фиксированные) формы.

Для устранения дефицита калия проводят балансировку активного ила по данному биогенному элементу путем внесения в него калийных удобрений. В качестве калийного удобрения авторами использовался калий хлористый гранулированный.

В рамках биологической рекультивации нарушенных и нефтезагрязненных земель на кислых почвах перед внесением в почву активного ила в сочетании с калийными удобрениями предварительно проводят известкование почв, с целью достижения значений водородного показателя pH, близких к нейтральным, и создания оптимальных условий для развития растений и бактериальных микроорганизмов-деструкторов нефти/нефтепродуктов. Возможно внесение активного ила под вспашку в сочетании с известью.

Потребность в известковании определяют по обменной кислотности (pH солевой вытяжки) в соответствии с нормами внесения кальцийсодержащих удобрений в зависимости от кислотности почвы (Таблица 3.5).

Таблица 3.5 - Нормы внесения кальцийсодержащих удобрений в зависимости от кислотности почвы

Наименование удобрения	pH солевой вытяжки				
	менее 4,5	От 4,6 до 4,7	От 4,8 до 4,9	От 5,0 до 5,1	От 5,2 до 5,3
Известь жженая гашеная (пушенка), т/га	1,9	1,5	1,1	0,7	0,7
Мел, т/га	2,8	2,2	1,7	1,1	1,1
Известняк молотый (известковая мука), т/га	2,9	2,4	1,8	1,2	1,2

Опытным и расчетным путем установлено, что совместное внесение активного ила в количестве от 8-20 т/га с калием хлористым в количестве 100 кг/га и известью жженой гашеной в количестве 700 кг/га под вспашку на глубину до 20 см повышает урожайность засеянных культур и сохраняет в течение 5 лет устойчивое плодородие рекультивируемых нефтезагрязненных земель.

Наиболее интенсивно разложение углеводов на нефтезагрязненных землях протекает при ежегодном внесении комплекса азота, фосфора и калия, поэтому на второй и последующий года целесообразно внесение органических и минеральных удобрений на рекультивируемые участки в количестве 1/3 потребности с обязательным известкованием для поддержания оптимального pH-баланса.

Эффективность биологического этапа рекультивации оцениваем высевом на экспериментальные площадки яровой пшеницы, поскольку данная агрокультура имеет развитую корневую систему для закрепления, короткий вегетационный период (80-120 суток), произрастает в разных климатических зонах.

На нефтезагрязненных землях производят орошение для улучшения водного режима почв согласно принятым в регионе оросительным нормам. Поддержание почвы во влажном состоянии является одним из агротехнических приемов управления биологической активностью и оказывает эффективное воздействие на темпы разложения нефти/нефтепродуктов. Благоприятный водный режим почвы достигается путем полива. Улучшение водного режима путем полива обуславливает улучшение агрохимических свойств почв, в частности влияет на подвижность питательных веществ, микробиологическую деятельность и активность биологических процессов.

При использовании активного ила в качестве органоминерального удобрения рекомендуется проводить производственный контроль почвы на

протяжении всего этапа биологической рекультивации нефтезагрязненных земель по показателям и в сроки, предусмотренные [16] и [17].

Способ осуществляют следующим образом:

- избыточный активный ил очистных сооружений стабилизируют, уплотняют, обеззараживают и обезвоживают;
- устанавливают класс опасности избыточного активного ила, который не должен быть выше IV;
- определяют состав и концентрацию биогенных элементов избыточного активного ила;
- проводят расчет дозы вносимого в почву избыточного активного ила и устанавливают достаточность усвояемых форм азота, фосфора и калия;
- устраняют дефицит калия в избыточном активном иле путем внесения в него калийных удобрений;
- проводят известкование нефтезагрязненных земель на кислых почвах до получения значений pH, близких к нейтральным показателям;
- вносят избыточный активный ил с калийными удобрениями в нефтезагрязненные земли под вспашку;
- производят орошение и поддержание почвы во влажном состоянии;
- проводят производственный контроль почвы на протяжении всего этапа биологической рекультивации нефтезагрязненных земель.

Повышение эффективности процесса биологической рекультивации нефтезагрязненных почв путем комплексного использования избыточного активного ила с калийными удобрениями было подтверждено опытом, приведенным в примере.

### **3.2 Экспериментальная часть проекта по усовершенствованию применения избыточного активного ила для биологической рекультивации нефтезагрязненных земель**

Ранее на ПАО «Тольяттиазот» был разработан патент 2398640 РФ, МПК В 09 С 1/10, С 12 № 1/26 Способ очистки нефтезагрязненных почв и

почвогрунтов [12], который основан на внесении активного ила в почву. Однако для того, чтобы повысить эффективность борьбы с процессом деградации почвы возникла необходимость в усовершенствовании технологии очистки и восстановления нефтезагрязненных земель путем биологической рекультивации загрязненной почвы. На основе патента [12] нами усовершенствован проект применения избыточного активного ила для биологической рекультивации нефтезагрязненных земель для ПАО «Тольяттиазот».

Были проведены эксперименты в апреле-октябре на пяти экспериментальных площадках подсобного хозяйства ПАО «Тольяттиазот», засеяны семена яровой пшеницы из расчета 5,5 млн. семян на 1 гектар (195 кг/га). На каждую площадку было высеяно 17 семян (0,596 г). В подготовленных емкостях с увлажненной смесью грунта и избыточного активного ила делались небольшие бороздки, засеивались семена на глубину 5 см, которые затем присыпались грунтом. Характеристика экспериментальных площадок приведена в таблице 3.6.

Таблица 3.6 - Количественно-качественный состав экспериментальных площадок

№ экспериментальной площадки	Наименование компонентов	Количественные показатели	Примечание
1	Почва подзолистая Нефть Известь	25 дм <sup>3</sup> 37,5 г 0,875 г	Совокупность компонентов площадки принята в качестве фона
2	Фон Активный ил	5 кг 8 кг	Активный ил добавляется исходя из потребности пшеницы в азоте
3	Фон Активный ил Калий хлористый	5 кг 8 кг 1,23 кг	Калий хлористый добавляется исходя из потребности пшеницы в калии с 30 % запасом для компенсации известкования почвы

Продолжение таблицы 3.6

№ экспериментальной площадки	Наименование компонентов	Количественные показатели	Примечание
4	Фон Активный ил	5 кг 0,35 кг	Активный ил добавляется исходя из потребности в органическом веществе
5	Фон Активный ил Калий хлористый	5 кг 0,35 кг 0,11 кг	Калий хлористый добавляется исходя из потребности пшеницы в калии с 30 % запасом для компенсации известкования почвы

Выбор агрокультуры определялся тем, что яровая пшеница имеет короткий вегетационный период (80-120 суток), произрастает в разных климатических зонах, обладает развитой корневой системой, способствующей закреплению грунта и получению устойчивого травостоя на биологическом этапе рекультивации нефтезагрязненных почв.

В качестве грунта использовалась почва подзолистая, в которую были внесены нефтезагрязнения из расчета 1000 мг нефти на 1 кг почвы. Перед посевом проводилось известкование почвы исходя из расчета 700 кг на 1 га или 23 мг на 1 кг почвы до показателя кислотности pH, равного 6,4.

Для определения количественных показателей компонентов было определено содержание элементов питания в почве и активном иле (Таблица 3.7), а также определена потребность в элементах для питания яровой пшеницы из расчета урожайности 25 ц/га (Таблица 3.8).

Таблица 3.7 - Содержание элементов питания в почве и активном иле (в пересчете на сухое вещество)

Элемент питания	Почва подзолистая	Избыточный активный ил
Органические вещества, %	1,5	11,5
Азот, %	0,15	3,6
Фосфор, %	5,7	4,8
Калий, %	6,5	0,04

Таблица 3.8 - Потребность в элементах для питания яровой пшеницы (в пересчете на сухое вещество)

Элемент питания	Содержание элемента		
	%	кг/га	мг/кг почвы
Органические вещества, %	2,5	62,5	2,08
Азот, %	2,5	62,5	2,08
Фосфор, %	0,7	17,5	0,58
Калий, %	6,1	152,5	5,08

При отсутствии атмосферных осадков почва увлажнялась в целях создания условий для прорастания семян. В процессе эксперимента увлажнение площадок проводится 1 раз в 2 дня.

В процессе проведения эксперимента фиксировались и определялись следующие показатели: первые всходы (в сутках после посадки), количество растений (в шт.), всхожесть (в процентах). Через каждые 20 дней после всходов определялась средняя высота (в см) и описывался внешний вид растений. Период созревания фиксировался после появления колосков.

По окончании эксперимента отбирались пробы грунта для определения следующих показателей: калий, азот, фосфор, нефтепродукты (все - в мг/кг), водородный показатель рН водной вытяжки. Результаты опыта сведены в таблицу 3.9.

Таблица 3.9 - Результаты опыта по повышению эффективности утилизации избыточного активного ила

Элементы, показатели	№ экспериментальной площадки				
	1	2	3	4	5
Результаты в начале опыта					
Калий, мг/гк	64986	23250	68246	58771	69325
Азот, мг/гк	1420	21790	21830	3620	3750
Фосфор, мг/гк	56840	50470	50230	56110	56080
Нефть, мг/гк	984	417	421	924	942
рН водной вытяжки, ед. рН	6,4	6,1	6,0	6,3	6,3
Результаты в процессе проведения опыта					
Первые всходы, сутки	13	7	7	10	10
Количество растений, шт.	12	16	16	12	13
Всхожесть, %	70,6 %	94,1 %	94,1 %	70,6 %	76,5 %

Продолжение таблицы 3.9

Элементы, показатели	№ экспериментальной площадки				
	1	2	3	4	5
Средняя высота, см	42	68	71	54	56
Описание внешнего вида растений	См. примечание 1	См. примечание 2	См. примечание 3	См. примечание 4	См. примечание 5
Период созревания, сутки (после появления колосьев)	41	37	36	40	39
Описание состояния зерен растений	См. примечание 6	См. примечание 7	См. примечание 8	См. примечание 9	См. примечание 10
<b>Результаты после окончания опыта</b>					
Калий, мг/гк	42440	17180	46260	38930	45170
Азот, мг/гк	938	17580	17950	2780	2920
Фосфор, мг/гк	50780	44530	45060	49120	49860
Нефть, мг/гк	968	398	401	889	908
рН водной вытяжки, ед. рН	6,0	5,4	5,4	5,8	5,7
<b>Результаты опыта по повышению эффективности утилизации избыточного активного ила</b>					
Снижение содержания калия, %	35 %	26 %	32 %	34 %	35 %
Снижение содержания азота, %	34 %	19 %	18 %	23 %	22 %
Снижение содержания фосфора, %	11 %	12 %	10 %	12 %	11 %
Снижение содержания нефтепродуктов, %	1,6 %	4,6 %	4,8 %	3,8 %	3,6 %

Примечание - 1. Растения слабые, 1-2 стебля, листья светло-зеленого цвета с желтыми пятнами, корневая система плохо развита; 2. Растения хорошо развиты, 2-6 стеблей, листья зеленого цвета, развитая корневая система; 3. Растения хорошо развиты, 2-7 стеблей, листья зеленого цвета, развитая корневая система; 4. Растения слабые, 1-3 стебля, листья светло-зеленого цвета с желтыми пятнами, корневая система плохо развита; 5. Растения слабые, 1-4 стебля, листья светло-зеленого цвета, корневая система развита;

6. Молочное состояние зерна; 7. Восковая спелость зерна; 8. Восковая спелость зерна; 9. Молочное состояние зерна; 10. Молочное состояние зерна.

Из результатов опыта следует, что внесение активного ила из расчета потребности пшеницы в органическом веществе позволяет получить темпы роста уже в фазе формирования (активного роста, формирования корней и стеблей) и созревания (образование плодов и семян) растения. Биологический этап рекультивации направлен, прежде всего, на закрепление поверхностного слоя почвы корневой системой растений, создание сомкнутого травостоя.

На подготовительной фазе развития растений формируются стебли и корневая система. Первые всходы появились на 2 и 3 площадке уже на 7 сутки, количество растений 16 единиц, всхожесть на 2 и 3 площадках составила 94,1 %, на площадках 4 и 5 первые всходы появились только на 10 сутки, количество растений 12 и 13 единиц соответственно, и всхожесть растений по отношению к засеянному количеству составила 70,6 и 76,5 % соответственно.

Лучшие результаты достигнуты на площадках 2 и 3, что явилось следствием внесения большего количества активного ила по сравнению с площадками 4 и 5. Однако на площадке 5 количество растений и всхожесть незначительно увеличилось по сравнению с площадкой 4, что вызвано внесением калийных удобрений.

На фазе формирования темпы роста растений очень быстрые, поэтому ежедневная потребность в запасах питательных веществ в почве повышена.

Перед стадией цветения была проверена корневая система растений. На площадках 2 и 3 по сравнению с площадками 1, 4 и 5 растения хорошо развиты, имеют 2-7 стеблей, листья зеленого цвета, развитая корневая система, что вызвано внесением большого количества ила. Однако на площадках 3 и 5 заметно увеличение количества стеблей (с 6 до 7 и с 3 до 4 соответственно) и средней высоты растений (с 68 до 71 см и 54 до 56 см соответственно) по сравнению с площадками 2 и 4, что может быть вызвано

внесением калийного удобрений. На фоновой площадке растения слабые, имеют 1-2 стебля, листья светло-зеленого цвета с желтыми пятнами, корневая система плохо развита, средняя высота растений 42 см.

Результаты опыта позволяют утверждать, что почва с низким содержанием органического вещества, а также без внесения органического удобрения плохо подходит для обеспечения устойчивого роста растений, хорошего травостоя и для целей рекультивации и восстановления плодородия нарушенных земель; недостаточное содержание калия в почве снижает общее количество зеленой биомассы

Фаза образования растения начинается сразу после цветения и длится вплоть до налива зерна и его созревания. В течение этого периода определяются основные компоненты урожая.

На экспериментальных площадках 2 и 3 с высоким содержанием органических и минеральных веществ период созревания наступил соответственно на 37 и 36 сутки после появления колосьев, колосья полностью созрели, имея зерна восковой спелости.

На экспериментальных площадках 1, 4 и 5 с низким содержанием органических и минеральных веществ период созревания наступил позже на 41, 40 и 39 сутки соответственно после появления колосьев, однако колосья не созрели, зерна находились в стадии молочной спелости.

По завершении опыта по биологической рекультивации проведены измерения содержания в почве площадок минеральных элементов питания растений и нефтепродуктов и проанализировано процентное снижение их содержания.

Снижение содержания азота в почве показывает необходимость внесения азотных удобрений в последующие года рекультивации поддержания плодородия почв. Наибольшее снижение содержания азота 34 % наблюдалось на площадке №1 (с 1420 мг/кг до 938 мг/кг), на площадках №4 и №5 - по 23 и 22 % соответственно, что говорит о необходимости внесения азотных удобрений для поддержания ее плодородия. На участках с

высоким содержанием органических и минеральных веществ №2 и №3 снижение азота наименьшее, что свидетельствует о низкой потребности почв во внесении азотных удобрений.

Большой разницы по снижению содержания фосфатов (от 10 % на 3 участке до 12 % на 2 и 4 участке) в почве площадок не выявлено. Поэтому необходимость внесения в последующие года фосфорных удобрений для поддержания плодородия почвы определяется, исходя из потребности конкретных растений в фосфоре.

Достаточно большое снижение содержания калия на всех площадках (от 26 до 35 %) объясняется большой потребностью растений в этом элементе, а также связано с вымыванием легко растворимых форм калия из почвы.

Наибольшее снижение калия (35 %) зафиксировано на экспериментальной площадке №1, принятой в качестве фона. Экспериментально установлено, что на площадках №2 и №3 с внесением большого количества ила снижение содержания калия было наименьшим и составило соответственно 26 и 32 %. Это свидетельствует о способности активного ила удерживать калий в почве.

Выявлено снижение содержания нефтепродуктов на всех площадках (от 1,6 до 4,8 %). Наименьшее снижение содержания нефтепродуктов (1,6 %) зафиксировано на площадке №1, а наибольшее снижение (4,6 и 4,8 %) - соответственно на участках №2 и №3 с большим внесением активного ила, что в 3 раза больше, чем на площадке №1, принятой в качестве фона.

На площадках №4 и №5 с меньшим содержанием активного ила также выявлено снижение содержания нефтепродуктов на 3,8 и 3,6 % соответственно, что в 2,4 раз больше, чем на фоновой площадке №1, что объясняется влиянием биоценозаактивного ила на деструкцию нефтяных загрязнений.

Результаты опыта подтверждают повышение эффективности процесса биологической рекультивации нефтезагрязненных почв с помощью внесения

избыточного активного ила очистных сооружений, образующегося на очистных сооружениях, с калийными удобрениями.

Анализируя полученные данные, были скорректированы требования, предъявляемые к составу активного ила и после оформления технической документации, можно внедрить на предприятии способ биологической рекультивации нефтезагрязнённых земель с помощью избыточного активного ила очистных сооружений.

Требования, предъявляемые к составу активного ила:

- минеральные вещества, массовая доля избыточного вещества - 78,3 - 88,7 %;
- органические вещества, массовая доля избыточного вещества - 11,9 - 22,5 %;
- общий азот, массовая доля избыточного вещества до 3,8 %;
- фосфор, массовая доля избыточного вещества до 4,9 %;
- кальций, массовая доля избыточного вещества до 2,0 %;
- калий, массовая доля избыточного вещества 0,05 %;
- магний, массовая доля избыточного вещества до 0,03 %.

Материал для биологической рекультивации нарушенных земель содержит органические соединения и биогенные элементы (соединения азота и фосфора), находящиеся в легкодоступной для растительности форме, в результате этого дополнительное внесение минеральных удобрений не требуется.

Таким образом, преимущество предлагаемого нами технического решения состоит в том, что оно позволяет получить материал для биологической рекультивации без ограничения области применения из дешевого и распространенного сырья, что значительно снижает стоимость материала и расширяет сырьевые ресурсы для его получения.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенного анализа деятельности биологических очистных сооружений ПАО «Тольяттиазот», следует очевидный вывод, что иловые площадки оказывают крайне негативное влияние на окружающую среду. В связи с этим, для снижения негативного воздействия на окружающую природную среду рекомендуется сократить количество складированного отработанного активного ила.

Для этого в результате проведенного исследования современных технологий использования активного ила предлагаем, эффективное применение активного ила в качестве удобрений, потому что, при его внесении в почву происходит усиление микробиологической активности, повышается ферментативная активность почвы, улучшается ее азотно-фосфатный режим. Но наиболее эффективным и экологически безопасным способом является использование избыточного активного ила очистных сооружений, для биологической рекультивации нефтезагрязнённых земель, так как при этом способе происходит не только очистка загрязнённых грунтов, но и удобрение почв. Также следует сделать вывод, что в производственных условиях, возможно, улучшить качество и свойства активного ила путем повышения эффективности очистки сточных вод.

Эффективность работы активного ила и улучшения его свойств (характеристик) возможно в результате регулирования:

- структуры сообщества микроорганизмов активного ила;
- аэрации;
- состава загрязнений сточной жидкости;
- температуры стоков.

Анализируя полученные данные, были скорректированы требования, предъявляемые к составу активного ила и после оформления технической документации, можно внедрить на предприятии ПАО «Тольяттиазот» способ

биологической рекультивации нефтезагрязнённых земель с помощью избыточного активного ила очистных сооружений.

Требования, предъявляемые к составу отработанного активного ила при использовании для биологической рекультивации нефтезагрязнённых земель:

- минеральные вещества, массовая доля избыточного вещества - 78,3 - 88,7 %;
- органические вещества, массовая доля избыточного вещества - 11,9 - 22,5 %;
- общий азот, массовая доля избыточного вещества до 3,8 %;
- фосфор, массовая доля избыточного вещества до 4,9 %;
- кальций, массовая доля избыточного вещества до 2,0 %;
- калий, массовая доля избыточного вещества 0,05 %;
- магний, массовая доля избыточного вещества до 0,03 %.

На основании экспериментальной части проекта по усовершенствованию применения избыточного активного ила для биологической рекультивации нефтезагрязнённых земель, можно сделать вывод: что все работы по биологическому рекультивированию земель направлены на ускорение почвенного самоочищения, мобилизации собственных биологических ресурсов растений.

После эксперимента восстановились первоначальные функции для роста, развития и размножения почвенных компонентов и окружающих биогеоценозов, а также появились благоприятные условия для создания густой растительности на загрязнённых землях и дальнейшего использования восстановленных земель для сельскохозяйственной деятельности.

При использовании метода биологической рекультивации нефтезагрязнённых земель содержание углеводов в почвенном покрове может быть понижено с 10 % до долей процента за 4 - 8 недель.

Преимущество предлагаемого нами технического решения состоит в том, что оно позволяет получить материал для биологической рекультивации

без ограничения области применения из дешевого и распространенного сырья, что значительно снижает стоимость материала и расширяет сырьевые ресурсы для его получения

Выбор биологической рекультивации нефтезагрязненных земель с помощью избыточного активного ила, обоснован тем, что данная технология является наиболее оптимальной и безопасной для окружающей среды.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Горина, Л.Н. Производственная практика (практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности) по направлению подготовки магистров «Техносферная безопасность»: учебно-методическое пособие / Л.Н. Горина. - Тольятти. : ТГУ, 2019. - 43 с.
2. Амирджанова, И.Ю. Правила оформления выпускных квалификационных работ: учебно-методическое пособие / И.Ю. Амирджанова, Т.А. Варенцова, В.Г. Виткалов, А.Г. Егоров, В.В. Петрова - Тольятти. : ТГУ, 2019. - 145 с.
3. Луканин, А. В. Инженерная экология: процессы и аппараты очистки сточных вод и переработки осадков: учеб. пособие / А. В. Луканин. - Москва. : ИНФРА-М, 2017. - 605 с.
4. Постановление Правительства Самарской области от 27.11.2013г. № 668 «Об утверждении государственной программы Самарской области «Охрана окружающей среды Самарской области на 2014 - 2025 годы и на период до 2030 года» (с изменениями на 29 марта 2019 года). [Электронный ресурс]. - [URL:http://docs.cntd.ru/document/464006623/](http://docs.cntd.ru/document/464006623/) (дата обращения: 25.12.2018).
5. Ксенофонтов, Б. С. Водоподготовка и водоотведение : учеб. пособие для студентов вузов / Б. С. Ксенофонтов. - Москва. : ФОРУМ: ИНФРА-М, 2018. - 296 с.
6. Владимирова, Э.Д. Концепция экологического развития Самарской области / Э.Д. Владимирова.- Самара, 2011. - 80 с.
7. Дмитренко, В. П., Сотникова Е. В., Черняев А. В. Экологический мониторинг техносферы: Изд. 2-е, испр. / В. П. Дмитренко, Е. В. Сотникова, А. В. Черняев. - Санкт-Петербург. : Лань, 2014. - 368 с.
8. Ветошкин, А.Г. Инженерная защита гидросферы от сбросов сточных вод / А.Г. Ветошкин. - Вологда. : «Инфра-Инженерия», 2017. - 296 с.

9. Использование - активный ил. [Электронный ресурс]. - URL:<http://www.ngpedia.ru/id65443p3.html> (дата обращения: 25.12.2018).

10. Активный ил. [Электронный ресурс]. - URL:<http://ru-ecology.info/post/104208400610032/> (дата обращения: 29.12.2018).

11. Марчик, Т. П. Почвоведение с основами растениеводства: учебное пособие / Т.П. Марчик, А.Л. Ефремов. Гродно. : ГрГУ, 2006. - 249 с.

12. Пат. 2398640 Российская Федерация, МПК В 09 С 1/10, С 12 N 1/26 Способ очистки нефтезагрязненных почв и почвогрунтов / Надеин А. Ф.; заявитель и патентообладатель Государственное учреждение Институт экологических проблем Севера Уральского отделения РАН. - № 2009100706/10 ; заявл. 11.01.09 ; опубл. 10.09.10, Бюл. № 23 (II ч.). - 3 с.

13. Пат. 2336684 Российская Федерация, МПК А 01 В 79/02 Способ рекультивации нарушенных земель / Блинов С. М., Хозяйкин А. И., Усольцева С. П., Доможирова С. А.; заявитель и патентообладатель федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Пермский государственный национальный исследовательский университет». - № 2006142543 ; заявл. 30.11.06 ; опубл. 27.10.08, Бюл. № 30 - 5 с.

14. Пат. 2198748 Российская Федерация, МПК В 09 С 1/10, С 02 F 3/34, С 12 N 1/20, С 12 N 1/20, С 12 R 1/01 Способ очистки почвы и водоемов от нефтяных загрязнений / Онегова Т.С., Калимуллин А.А., Юлбарисов Э.М., Киреева Н.А., Гарифуллин И.Ш., Жданова Н.В., Садыков У.Н. заявитель и патентообладатель Дочернее общество с ограниченной ответственностью «Башкирский научно-исследовательский и проектный институт нефти» Открытого акционерного общества «Акционерная нефтяная компания Башнефть». - № 2001122753/13 ; заявл. 13.08.01 ; опубл. 20.02.03, Бюл. № 7 - 4 с.

15. Баландина, Л.П., Шабанова, А.В. Оценка качества рекультивации нефтезагрязненных почв методом биотестирования / Л.П. Баландина, А.В. Шабанова // Экология и промышленность России. - 2007. - №11. - С. 46-47.

16. СанПиН 2.1.7.573-96. Гигиенические требования к использованию сточных вод и их осадков для орошения и удобрения. - Введ. 1996-10-01. - М. : Информационно-издательский центр Минздрава России, 1997. - 56 с.
17. ГОСТ Р 54534-2011. Ресурсосбережение. Осадки сточных вод. Требования при использовании для рекультивации нарушенных земель. - Введ. 2013-01-01. - М. : Стандартинформ, 2012. - 12 с.
18. ГОСТ 30772-2001. Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Термины и определения. - Введ. 2002-07-01. - М. : ИПК Издательство стандартов, 2002. - 20 с.
19. ГОСТ 26715-85. Удобрения органические. Методы определения общего азота. - Введ. 1987-01-01. - М. : ИПК Издательство стандартов, 1986. - 20 с.
20. Федеральный закон от 10.01.2002 № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды». [Электронный ресурс]. - URL:<http://www.consultant.ru/search/> (дата обращения: 16.04.2019).
21. Gokhberg, L. Strategiya-2020: novye kontury rossiiskoi innovatsionnoi politiki / L. Gokhberg, T. Kuznetsova, // Strategy 2020: New Outlines of Innovation Policy, - 2019. - V. 5, №4. - PP. 8-30.
22. ГОСТ 7.1-2003. Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления. - Введ. 2004-07-01. - М. : ИПК Издательство стандартов, 2004. - 166 с.
23. ГОСТ 7.32-2017. Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления. - Введ. 2018-07-01. - М. : Стандартинформ, 2017. - 32 с.
24. Pettet, A. Institute of sewage purification. [Электронный ресурс]. - URL:[https://openlibrary.org/authors/OL2232728A/Institute\\_of\\_Sewage\\_Purification](https://openlibrary.org/authors/OL2232728A/Institute_of_Sewage_Purification) (дата обращения: 16.04.2019).
25. Передельский, Л. В. Экология: учебник / Л. В. Передельский, В. И. Коробкин, О. Е. Приходченко. - Москва. : Проспект, 2009. - 507 с.

26. Яковлев, С. В. Очистка производственных сточных вод: учеб. пособие для студентов вузов, обуч. по специальности «Водоснабжение и канализация» и «Очистка природных и сточных вод» / С. В. Яковлев [и др.]. - Москва. : Стройиздат, 1979. - 320 с.
27. Sapkota, A.R. What do we feed to food-production animals? A review of animal feed ingredients and their potential impacts on human health / A.R. Sapkota, L.Y. Lefferts, S. McKenzie, P. Walker // *Environmental Health Perspectives*, - 2007. - V. 115. - №5. - PP. 663-670.
28. Браудо, Е.Е. Растительный белок / Е.Е. Браудо. - М. : Наука, 2000. - 183 с.
29. Макарецев, Н.Г. Кормление сельскохозяйственных животных: Учебник для вузов: Изд. 3-е переработанное и доп. / Н.Г. Макарецев. - Калуга. : Ноосфера, 2012. - 640 с.
30. Ilyin, V.K. Microbial utilization of natural organic wastes / V.K. Ilyin, I.A. Smirnov, P.E. Soldatov, I.N. Korniushechkova, A.S. Grinin, I.N. Lykov, S.A. Safronova // *Acta Astronautica*, - 2004. - V. 54. - PP. 357-361.
31. Higa, T. Application of Effective Microorganism for Sustainable Crop Production Organic Solutions / T. Higa // *Organic Solutions*, - 1999. - V. 12. - PP. 465-473.
32. Дрозд, Г.Я. Осадки сточных вод как удобрение для сельского хозяйства / Г.Я. Дрозд, Н.И. Зотов, В.Н. Маслак // *Водоснабжение и санитарная техника*. - 2001. - №12. - С. 33-35.
33. Проект нормативов образования отходов и лимитов на их размещение ОАО «Тольяттиазот» : [проект]. - М. : ECO STANDART group, 2015. - 302 с.