

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

ИНСТИТУТ ХИМИИ И ИНЖЕНЕРНОЙ ЭКОЛОГИИ
Кафедра «Рациональное природопользование и ресурсосбережение»
20.03.01 Техносферная безопасность
профиль «Инженерная защита окружающей среды»

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему: **Разработка математической модели, позволяющей регулировать
процессы вспухания активного ила на примере предприятия
ЗАО «Тольяттисинтез»**

Студент(ка)	Е.Д. Гирявец (И.О. Фамилия)	(личная подпись)
Руководитель	М.В. Кравцова (И.О. Фамилия)	(личная подпись)

Допустить к защите
Заведующий кафедрой
«Рациональное
природопользование
и ресурсосбережение» к.п.н., М.В.Кравцова _____
(ученая степень, звание, И.О. Фамилия) (личная подпись)
« _____ » _____ 20 _____ Г.

Тольятти 2016

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

ИНСТИТУТ ХИМИИ И ИНЖЕНЕРНОЙ ЭКОЛОГИИ
Кафедра «Рациональное природопользование и ресурсосбережение»

УТВЕРЖДАЮ

Зав. кафедрой «РПиР»

_____ М.В.Кравцова

(подпись)

(И.О. Фамилия)

«_____» _____ 20__ г.

ЗАДАНИЕ

на бакалаврскую работу

Студент: Гирявец Евгения Дмитриевна

1. Тема: Разработка математической модели, позволяющей регулировать процессы вспухания активного ила на примере предприятия ЗАО «Тольяттисинтез».
2. Срок сдачи студентом законченной бакалаврской работы 10.06.2016.
3. Исходные данные к бакалаврской работе: Технологический регламент цеха водоснабжения и водоочистки участка БОС на эксплуатацию сооружений по очистке сточных вод.
4. Содержание бакалаврской работы:
 - 4.1 Анализ проблемы возникновения процесса вспухания активного ила.
 - 4.2 Моделирование динамических процессов биологической очистки сточных вод.

5.Дата выдачи задания: 16.03.2016.

Руководитель бакалаврской работы

(подпись)

М.В. Кравцова

(И.О. Фамилия)

Задание принял к исполнению

(подпись)

Е.Д. Гирявец

(И.О. Фамилия)

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Тольяттинский государственный университет»

ИНСТИТУТ ХИМИИ И ИНЖЕНЕРНОЙ ЭКОЛОГИИ

Кафедра «Рациональное природопользование и ресурсосбережение»

УТВЕРЖДАЮ

Зав. Кафедрой «РПиР»

_____ М.В. Кравцова

(подпись)

(И.О. Фамилия)

« _____ » _____ 20__ г.

**КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН
бакалаврской работы**

Студента: Гирявец Евгении Дмитриевны

по теме: Разработка математической модели, позволяющей регулировать процессы вспухания активного ила на примере предприятия ЗАО «Тольяттисинтез»

Наименование раздела работы	Плано- вый срок выполне- ния раз- дела	Фактиче- ский срок выполне- ния разде- ла	Отметка о выполне- нии	Подпись руково- дителя
Введение	20.03.2016			
Анализ проблемы возникновения процесса вспухания активного ила	21.03.2016			
Моделирование динамических процессов биологической очистки сточных вод	19.04.2016			
Заключение	10.06.2016			

Руководитель бакалаврской работы

_____ М.В. Кравцова
(подпись) (И.О. Фамилия)

Задание принял к исполнению

_____ Е.Д. Гирявец
(подпись) (И.О. Фамилия)

АННОТАЦИЯ

Бакалаврскую работу выполнила: Гирявец Е.Д.

Тема работы: Разработка математической модели, позволяющей регулировать процессы вспухания активного ила на примере предприятия ЗАО «Тольяттисинтез».

Научный руководитель: Кравцова М.В.

Цель работы: повышение эффективности очистки сточных вод за счет разработки математической модели биологической очистки сточных вод, позволяющей регулировать процессы вспухания активного ила.

В соответствии с поставленной целью необходимо решить следующие задачи:

1. Проанализировать схему очистки сточных вод на очистных сооружениях предприятия ЗАО «Тольяттисинтез» и определить проблемы, возникающие на этапе биологической очистки.
2. Представить математическую модель биологической очистки.

Объектом исследования в бакалаврской работе является стадия биологической очистки очистных сооружений химического предприятия ЗАО «Тольяттисинтез».

Предметом исследования является разработка математической модели биохимического окисления загрязняющих веществ активным.

Информационной базой при выполнении бакалаврской работы являлись учебники, рассматриваемые теоретические аспекты темы, документация цеха водоснабжения и водоочистки ЗАО «Тольяттисинтез».

Краткие выводы по бакалаврской работе: в работе была проанализирована технологическая схема очистки сточных вод, поступающих на очистные сооружения ЗАО «Тольяттисинтез»; приоритетные загрязняющие вещества; выявлены негативные причины, нарушающие процесс очистки; предложена математическая модель, позволяющая регулировать процессы вспухания.

Бакалаврская работа состоит из введения, двух глав, заключения, списка использованных источников и приложений.

Во введении обосновывается актуальность проводимого исследования, описывается цель, задачи исследования.

В первой главе изложены теоретические аспекты технологической схемы очистки стоков, поступающих на очистные сооружения ЗАО «Тольяттисинтез»; выполнен анализ проблем очистки сточных вод.

Во второй главе выполнен анализ факторов, влияющих на удовлетворительную работу аэротенков и на возникновение процессов вспухания активного ила; предложена математическая модель биологической очистки стоков.

Структура и объем работы. Работа состоит из введения, 2-х разделов, заключения, списка литературы из 64 источников и 1 приложения. Общий объем работы, без приложений 65 страниц машинописного текста, в том числе таблиц – 4, рисунков – 23.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	8
ГЛАВА 1. АНАЛИЗ ПРОБЛЕМЫ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ПРОЦЕССА ВСПУХАНИЯ АКТИВНОГО ИЛА	10
1.1 Описание деятельности предприятия	10
1.2 Описание существующей системы очистки сточных вод	12
1.2.1 Описание технологического процесса очистки сточных вод	14
ГЛАВА 2. МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД НА ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЯХ	27
2.1 Описание технологического процесса биологической очистки сточных вод	27
2.2 Обзор существующих методов борьбы со вспуханием активного ила	36
2.3 Возможность применения на предприятии	44
2.4 Проведение патентно-информационного поиска	44
2.5 Построение математической модели динамических процессов биологической очистки сточных вод	45
2.6 Практическое использование математической модели при очистке сточных вод	58
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	59
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	60
ПРИЛОЖЕНИЕ	66

ВВЕДЕНИЕ

Вода представляет собой ценный естественный ресурс. Вода играет главенствующую роль в процессах метаболизма, составляющих основу всего живого. Немалое значение она имеет в промышленности и сельском хозяйстве, необходима для повседневных потребностей людей, всего растительного и животного мира.

Проблемы обеспечения водой усложняются в силу многих факторов: высокие темпы урбанизации, бурный рост промышленных мощностей, интенсификация сельскохозяйственного производства, расширение площадей орошаемых земель, улучшение культурно-бытовых условий и многих других.

Потребности в водных ресурсах постоянно растут. Расход воды на планете по всем видам водоснабжения составляет 3300-3500 км³ в год.

Тольятти – город не только автомобильно-транспортной промышленности, но и химической. Еще в 1958 году было решено разместить в городе три крупнейших химзавода – синтетического каучука, химический и азотно-туковый. В настоящее время в городе расположены крупнейший в мире производитель аммиака ОАО «ТольяттиАзот», завод минеральных удобрений ОАО «КуйбышевАзот», завод синтетического каучука ООО «Тольяттикаучук».

Химическая промышленность - один из крупнейших потребителей воды. Вода используется почти во всех химических производствах и для вспомогательных целей и в качестве сырья. Расход воды в отраслях химического комплекса варьируется от 50м³ при производстве хлора до 6000 м³ при производстве химических волокон. На отдельных химических предприятиях потребление воды достигает 1 млн м³ в сутки.

Сброс очищенных сточных вод от предприятий, расположенных в черте городского округа Тольятти осуществляется в Саратовское и Куйбышевское водохранилища.

Уровень загрязненности воды этих водохранилищ представлен на рисунке 1.



Рисунок 1 – Уровень загрязненности воды Куйбышевского и Саратовского водохранилищ в 2013-2014 гг

В частности завод синтетического каучука сбрасывает очищенные сточные воды, которые не всегда освобождены от загрязнений до норм ПДК, в Саратовское водохранилище.

Качество воды водохранилища в районе г.о. Тольятти в 2014 году в целом по пункту наблюдения не изменилось, вода характеризовалась как «загрязненная» 3 А класса качества. Приоритетными загрязнителями являлись трудноокисляемые органические вещества (по ХПК) и соединения меди.

ГЛАВА 1. АНАЛИЗ ПРОБЛЕМЫ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ПРОЦЕССА ВСПУХАНИЯ АКТИВНОГО ИЛА

1.1 Описание деятельности предприятия

Индустриальный парк ЗАО «Тольяттисинтез» - это совокупность объектов недвижимости, обеспеченных инженерной и транспортной инфраструктурой, расположенных в северо-восточной части г.о. Тольятти. Индустриальный парк состоит из земельных участков промышленного назначения, складских, производственных и административных помещений [45].

Расположение промышленного северного узла на карте г.о. Тольятти показано на рисунке 1.1.

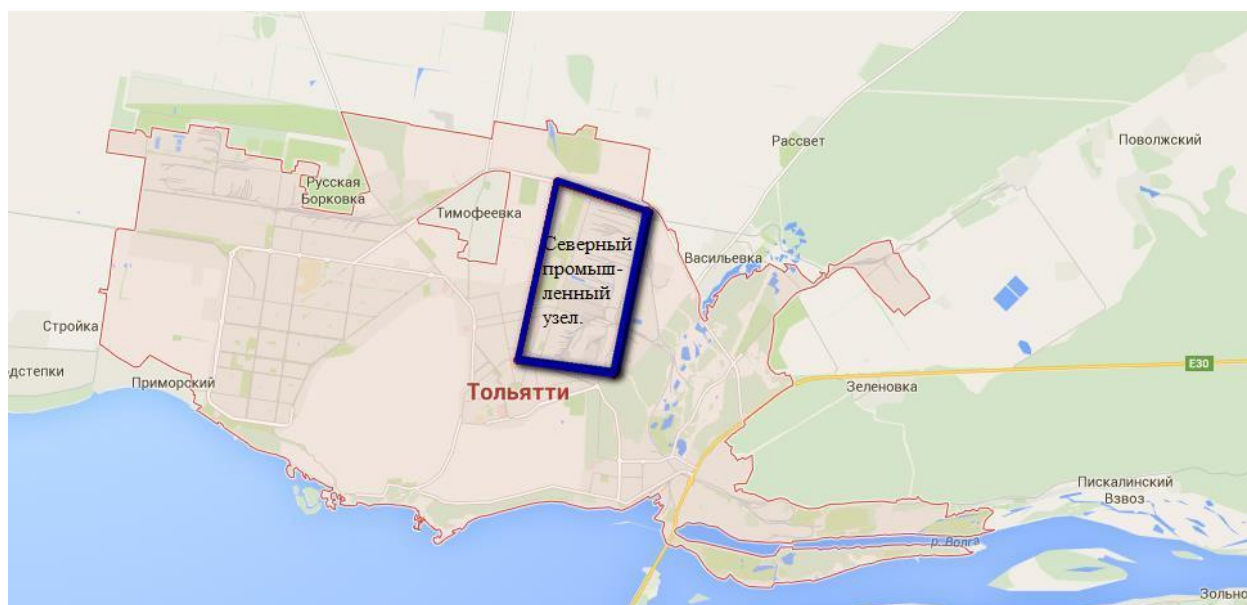
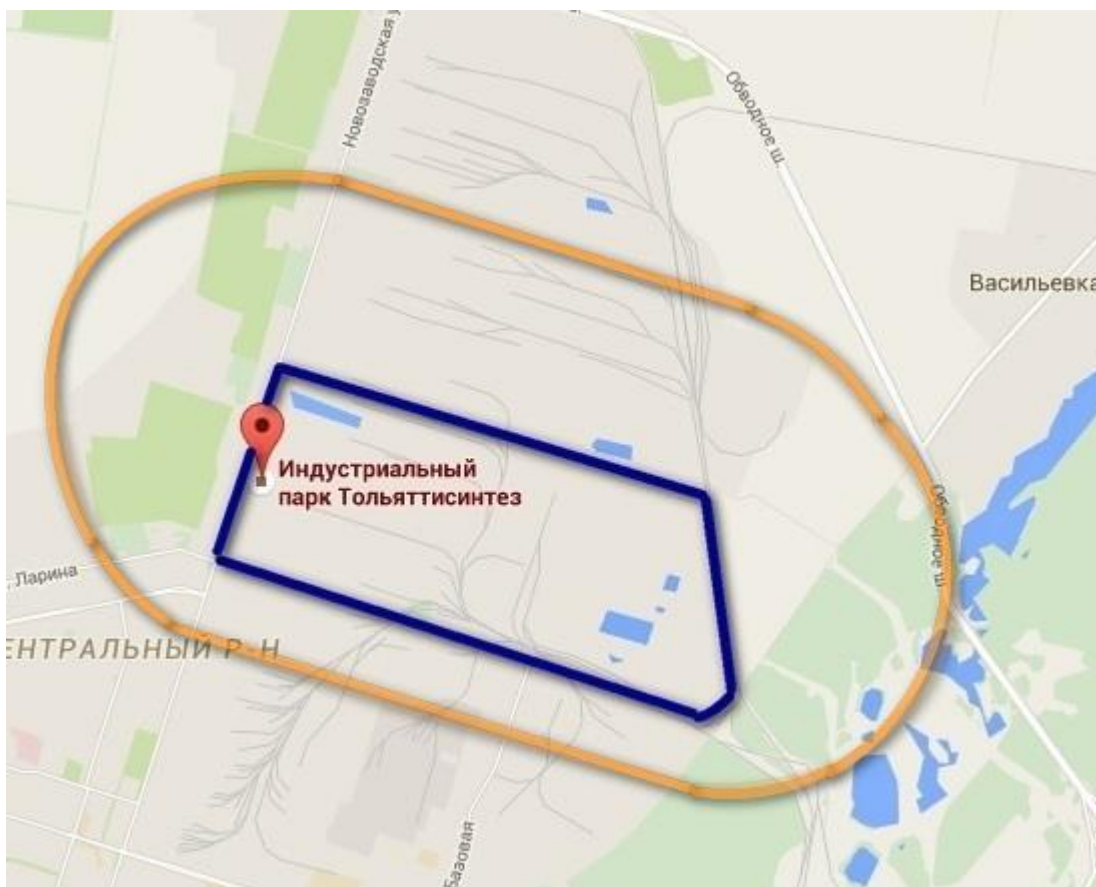


Рисунок 1.1 – Расположение группы промышленных предприятий «Северный промышленный узел» г.о. Тольятти

Основным подразделением парка является ООО «Тольяттикаучук» – предприятие, выпускающее синтетические каучуки различных марок, применяемые в шинной, резинотехнической, строительной и других отраслях промышленности [45].

Местонахождение ЗАО «Тольяттисинтез» и ООО «Тольяттикаучук» показано на рисунке 1.2.



**Рисунок 1.2 – Расположение ЗАО «Тольяттисинтез» и прибли-
тельной санитарно-защитной зоны предприятия**

Индустриальный парк «Тольяттисинтез» оказывает следующие услуги: сдача в аренду / продажа зданий и земельных участков; энергообеспечение; эксплуатация и техническое обслуживание инфраструктуры; экологический мониторинг; прием и очистка стоков; охранные услуги и др.

Промышленная площадка Индустриального парка обладает доступом к водным ресурсам, собственными биологическими очистными сооружениями и санитарно-защитной зоной.

Для ООО «Тольяттикаучук» и ЗАО «Тольяттисинтез» Роспотребнадзором РФ был установлен размер единой сокращенной СЗЗ: 560 м в юго-западном направлении, на границе с жилым массивом Центрального района, и 1490 м в северном направлении, на границе с предприятиями Северного промузла.

1.2 Описание существующей системы очистки сточных вод

Очистные сооружения предназначены для очистки и обеззараживания химически загрязненных, промышленных и хозяйственно–бытовых сточных вод.

Процесс очистки состоит из нескольких стадий, представленных на рисунке 1.3.

Эти очистные сооружения принимают стоки промышленных и коммерческих предприятий Северного промузла, а также всего жилого массива Центрального р-на г. о. Тольятти. Фактический объем очищенных стоков по состоянию на 2013 г. составил: промышленных стоков -12,1 млн куб. м/год; хозяйственно-бытовых - 29,8 млн куб. м/год.

Основными промышленными потребителями являются: ООО "Волжские коммунальные системы" (52,3%), ОАО "КуйбышевАзот" (4,1%), ООО "Химзавод" (0,1%), тольяттинская промышленная площадка СИБУРа (43,5%).

Очистка сточных вод производится на трех очередях очистных сооружений: первая очередь введена в эксплуатацию в 1960 году; вторая очередь введена в эксплуатацию в 1967 году; третья очередь введена в эксплуатацию в 1974 году; блок доочистки введен в эксплуатацию в 1978 году; блок механического обезвреживания введен в эксплуатацию в 1978 году [20].

Максимальная проектная мощность очистных сооружений достигает 164100 м³/сутки.

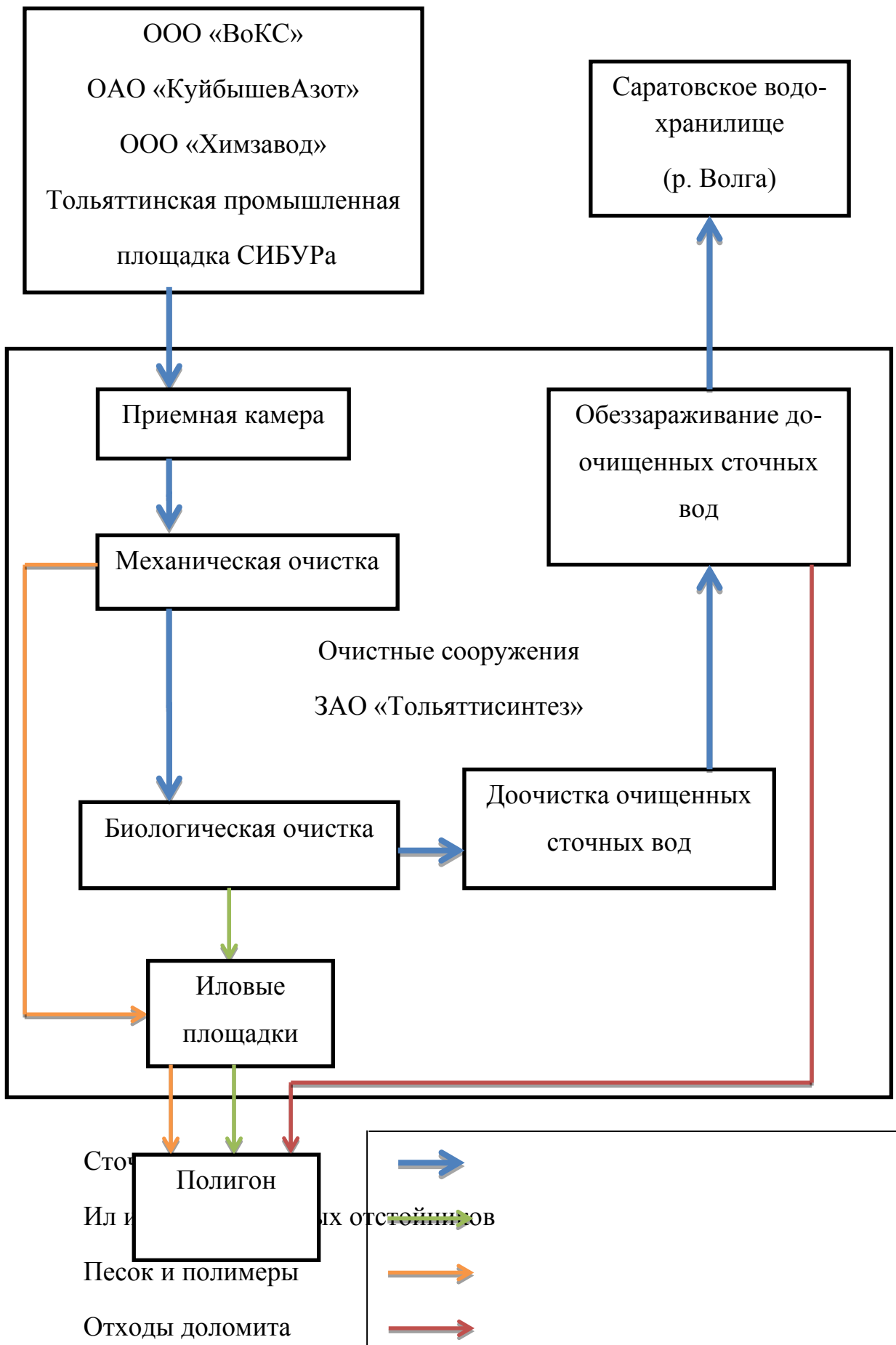


Рисунок 1.3 – Составляющие процесса очистки сточных вод

1.2.1 Описание технологического процесса очистки сточных вод

В состав загрязнений, поступающих на биологические очистные сооружения предприятия, входят нефтепродукты, специфические, бактериальные, минеральные и биологические загрязнения: этил, метанол, ацетонитрил, метилстирол, изоамилен, тяжелые углеводороды C₅ и выше, фенолы, капролактамы, ПАВ (сульфанола, лейкола), карбамид, органические вещества бытового происхождения и другие вещества.

Бактериальные и биологические загрязнения представляют собой разнообразные организмы: плесневые и дрожжевые грибы, бактерии и водоросли, в том числе патогенные – возбудители дифтерии, брюшного тифа и др.

В состав минеральных загрязнений входят растворимые и нерастворимые соединения: шлам, глина, песок, земля, хлориды, сульфаты, карбонаты, нитраты натрия, кальция, гидроокиси титана, алюминия, соли цинка, железа, фосфора, меди и т.д [20].

Характеристика загрязненных сточных вод, обеззараженных очищенных сточных вод представлена в таблице 1.

Таблица 1 - Характеристика загрязненных сточных вод, обеззараженных очищенных сточных вод

Показатели качества	Нормы сброса			ПДК для водных объектов рыбохозяйственного назначения, мг/дм ³
	Сточные воды ООО «Тольяттикаучук», мг/дм ³	Сточные воды предприятий-абонентов: БОС ООО «ВоКС» ООО «Химзавод» ОАО «КуйбышевАЗот», мг/дм ³	Очищенные сточные воды с очистных сооружений, мг/дм ³	
1	2	3	4	5
Аммоний-ион	30,0	1,05	0,474	0,5
Нитрит-анион	0,50	0,08	0,08	0,08
Нитрат-анион	55,70	55,70	55,70	40
БПК полн	500,0	118,0	3,54	3,0
ХПК	1500,0	177,0	-	30

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5
Взвешенные вещества	166,7	166,7	4,00	0,75
Нефтепродукты	10,0	2,29	0,16	0,05
СПАВ анионоактивный	1,50	0,19	0,037	0,5
Сульфаты	237,4	237,4	237,40	100
Хлориды	2000,0	204,1	204,11	300
Фосфаты(по фосфору)	2,00	3,13	1,46	0,05
Солесодержание (сухой остаток)	2500,0	1105,3	1105,30	1000
Метанол	500,0	0,08	0,004	0,1
Формальдегид	150,0	0,055	0,011	0,1
Медь	0,020	0,005	0,001	0,001
Алюминий	5,00	0,060	0,03	0,04
Железо общее	2,00	2,20	0,44	0,1
Фенолы летучие	0,20	0,008	0,0004	0,001
Никель	0,10	0,022	0,011	0,01
Свинец	0,10	0,008	0,004	0,006
Титан	0,50	0,045	0,009	0,06
Цинк	0,10	0,033	0,01	0,01
Хром	0,10	0,010	0,002	0,02
Фторид-анион	1,00	0,22	0,044	0,05
рН среды	6,5-8,5 ед. рН	6,5-8,5 ед. рН	6,5-8,5 ед. рН	6,5-8,5ед. рН

Следует отметить, что данные очистные сооружения не осуществляют очистку стоков по некоторым показателям, таким как: нитраты, сульфаты, а по фосфатам, нефтепродуктам, взвешенным веществам, железу, никелю не очищают до установленных норм. Концентрации многих загрязняющих веществ находятся на границе предельно допустимых. С учетом эффекта суммации загрязняющих веществ и возможности залповых сбросов сточных вод можно сделать вывод, что технологический процесс очистки стоков оказывает негативное воздействие на окружающую среду, в частности, на естественные водоемы, куда производится сброс очищенных сточных вод.

Загрязнения значительно снижают способность водоемов к самоочищению, к тому же эта способность не беспредельна, поэтому превышение норм сброса может привести к гибели биоценоза и водоема в целом.

Увеличение количества биогенных элементов и некоторых загрязняющих веществ может привести к подавлению развития одних особей и к стимуляции размножения других, что в свою очередь влечет за собой возникновение таких нежелательных процессов, как нитчатое вспухание активного ила, возникающих на стадии биологической очистки [9].

Воздействие приоритетных загрязнителей на окружающую среду и человека описано в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Воздействие приоритетных загрязнителей

№ п/п	Наименование вещества	Класс опасности	Кратность превышения ПДК	Воздействие на окружающую среду и организм человека
1	2	3	4	5
1	Нефтепродукты	3-4 (в зависимости от состава)	3,2	Повышение температуры поверхностного слоя воды. Накопление в донных осадках. Обеднение воды кислородом. Эндокринные нарушения.
2	Нитрат-анион (NO ₃ -)	2	1,26	Цветение воды, вызванное буйным размножением водорослей. Нарушение биохимических процессов в водоеме. Вызывает отравление организма.
3	Сульфаты (SO ₄ ²⁻)	3	2,37	Ухудшение состояния экосистем. Ухудшение органолептических свойств воды. Физиологическое воздействие на организм человека
4	Никель(Ni)	3	1,1	Пыль, пары никеля и его соединений – токсичны. Никель – канцерогенное вещество. Общетоксикологическое действие на организм.
5	Фосфаты (PO ₄ ³⁻)	4	29,2	Появление дерматологических заболеваний. Изменение процентное содержание гемоглобина в крови и плотность сыворотки крови. Бурное размножение сине-зеленых водорослей в водоемах.
6	Железо общее (Fe ²⁺ и Fe ³⁺)	4	4,4	Соединения железа (II) оказывают общее токсическое воздействие, соединения железа (III) чуть менее ядовиты, но действуют поражающе на пищеварительную систему. Ухудшение качества воды по органолептическим показателям [16].

Исходя из состава загрязнений, применяются два вида очистки: механический и биологический, с последующей доочисткой.

Схема процесса очистки загрязненных сточных вод представлена на рисунке 1.4.

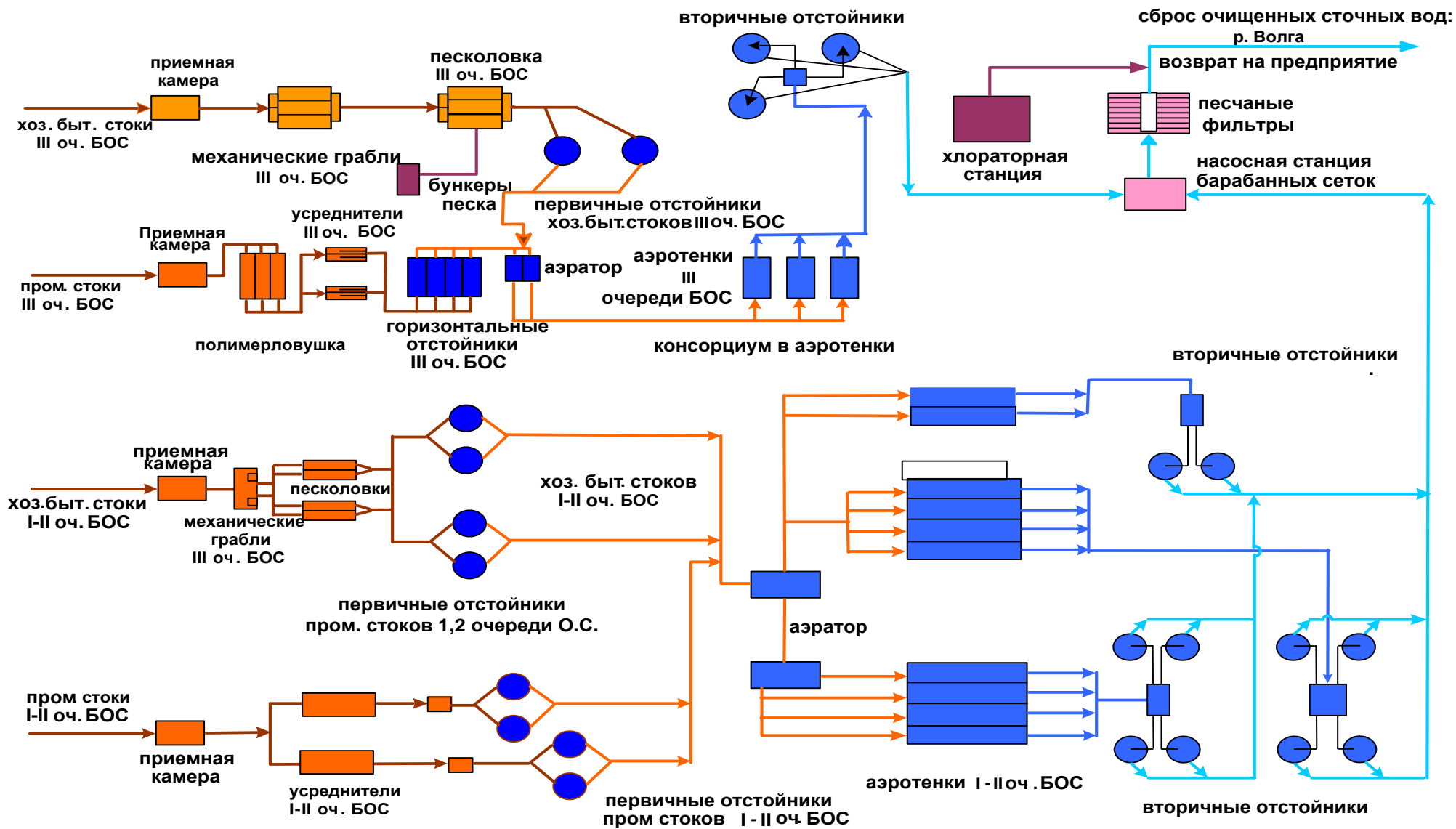


Рисунок 1.4 – Схема очистных сооружений цеха водоснабжения и водоочистки

Механическая очистка осуществляется в целях удаления из сточных вод грубодисперсных нерастворимых примесей механическими граблями, а более мелких отстаиванием в первичных отстойниках. На этой стадии очистки от бытовых сточных вод отделяется до 60-70% примесей, а из промышленных до 95%. Чем эффективнее механическая очистка, тем меньше загрязнений поступает в аэротенки и тем эффективнее биологическая очистка [36].

Вынос взвешенных веществ на биологическую очистку не должен превышать 150 мг/дм³ в стоках после первичных отстойников.

Механизм биологической очистки заключается в способности микроорганизмов биомассы активного ила потреблять определенные вещества, входящие в состав стоков, для питания в процессе их жизнедеятельности [32].

Микроорганизмы очищают воду от загрязняющих веществ, а метаболизм этих загрязнений в клетках микроорганизмов обеспечивает их энергетические потребности, поддержание и увеличение биомассы и восстановление распавшихся веществ клетки.

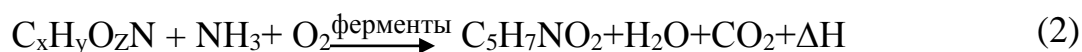
Адсорбированные органические вещества подвергаются микроорганизмами ферментативной деструкции, в результате которой углеродосодержащие вещества разлагаются до углекислого газа и воды.

Схема реакций биологического окисления в аэробных условиях [31]:

а) окисление вещества на энергетические потребности клетки:



б) на синтез биомассы состава C₅H₇NO₂:



Затраты кислорода на эти две реакции соответствуют БПК_{полн} сточной воды.

Аммиак в процессе нитрификации окисляется в нитриты и нитраты:



Процесс биохимического окисления в сооружениях идет в две стадии: первая стадия – адсорбция на поверхности зоогелей ила загрязнений и окисление легко окисляемых органических веществ; вторая стадия – доокисление трудноокисляемых веществ.

На первой стадии, которая охватывает по времени около двух первых часов и осуществляется преимущественно в первых двух коридорах аэротенка, окисляется до 40 - 60% всех адсорбированных органических загрязнений.

Вторая стадия в несколько раз продолжительнее первой. Она начинается в аэротенке, а заканчивается в регенераторе, где адсорбированные загрязнения полностью доокисляются и активный ил вновь приобретает физиологическую активность [27].

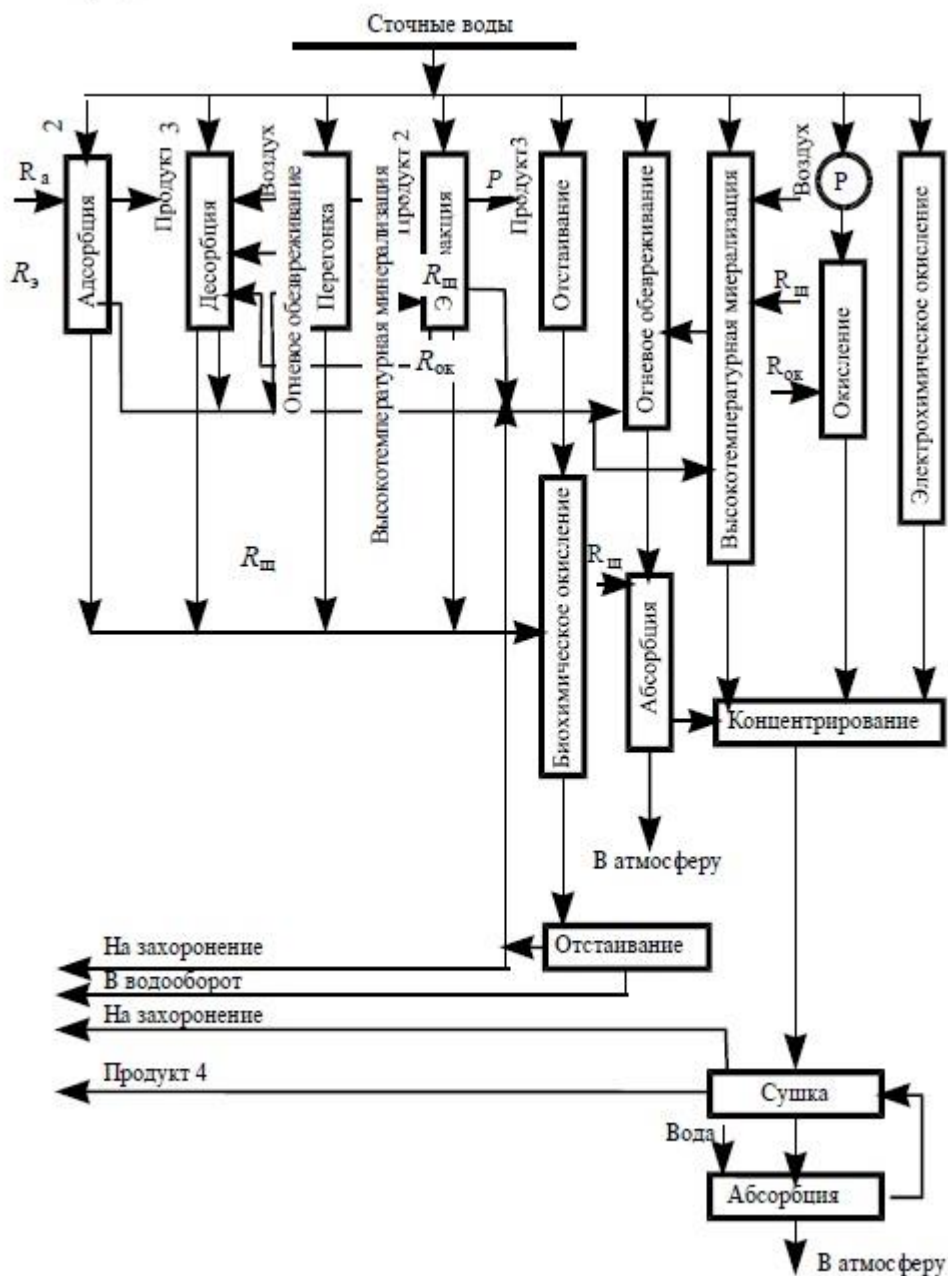
Концентрация активного ила в аэротенках регулируется в пределах 200-500 мг/дм³, в регенераторах 500-850 мг/дм³.

Время пребывания сточных вод в аэротенках достигает 17-19 часов. После аэротенков биологически очищенные сточные воды поступают во вторичные отстойники, где происходит разделение (отстаивание) активного ила в течение одного часа сорока двух минут и далее возврат его в регенераторы, а осветленные сточные воды подвергаются доочистке и обеззараживанию.

Оборудование блока доочистки предназначено для подачи биологически очищенных сточных вод на барабанные сетки, где улавливаются взвешенные вещества размером более 1,0 мм и отфильтровывания на песчаных фильтрах взвешенных веществ размером менее 1,0 мм.

Обеззараживание доочищенных сточных вод перед сбросом на насосную станцию № 3 ОАО «Тольяттиазот» и насосную станцию № 6 МУП «ПО КХ г.Тольятти» осуществляется гипохлоритом натрия, который поступает с хлораторной станции.

Схема переработки и обезвреживания сточных вод, содержащих органические загрязнения, показана на рисунке 1.5 [33].



R_a – адсорбент; $R_э$ – экстрагент; $R_{ок}$ – окислители; $R_{щ}$ – реагент щелочи; P – радиационное окисление; продукты 1-4 – полезные компоненты, извлеченные из сточной воды

Рисунок 1.5 - Схема обработки стоков, которые содержат органические загрязнения

Химически загрязненные, промышленные и хозяйственно-бытовые сточные воды предприятий северного промышленного узла, а также стоки ООО «ВоКС» по трубопроводам подаются в приемные камеры: I, II и III очереди БОС.

Из приемных камер химически загрязненные сточные воды по самотечным железобетонным лоткам поступают на усреднители I-II очереди, а на III очереди в полимерловушку.

После усреднителей I-II очереди сточные воды по самотечным железобетонным лоткам поступают через распределительные камеры на радиальные первичные отстойники.

После полимерловушки III очереди сточные воды по самотечным железобетонным лоткам поступают на усреднители, а с них на горизонтальный отстойник.

В усреднителях сточные воды усредняются по составу загрязнений и pH. Усреднение достигается путем перемешивания сточных вод через перфорированную систему аэрации сжатым воздухом от воздуходувной станции цеха. Подача воздуха на аэрацию регулируется задвижками.

В отстойниках происходит отстаивание сточных вод: взвешенные вещества и шлам оседает на дно, а осветленные сточные воды после отстойников смешиваются в железобетонном лотке с осветленными хозяйственно-бытовыми сточными водами перед поступлением в аэраторы.

Хозяйственно-бытовые сточные воды из приемных камер по самотечным железобетонным лоткам поступают на механические грабли, откуда по самотечным железобетонным лоткам идут на песколовки.

На вертикальных решетках механических граблей задерживаются грубые взвешенные вещества. В песколовках происходит оседание песка из сточных вод диаметром частиц 0,25 мм и более. Скорость потока в песколовках составляет 0,15-0,3 м/сек, а продолжительность протока 0,5-1 мин.

После песколовок сточные воды по самотечным железобетонным лоткам через распределительные камеры направляются в первичные радиальные отстойники, в которых взвешенные вещества в виде сырого осадка выпадают на дно отстойника, а осветленные сточные воды смешиваются в самотечном железобетонном лотке с осветленными химически загрязненными сточными водами перед поступлением в аэраторы.

В отстойниках задерживается до 60% взвешенных веществ. Влажность сырого осадка составляет 93-95%.

Смешанные сточные воды по железобетонным самотечным лоткам далее поступают на биологическую очистку в аэраторы, где происходит полное смешение химически загрязненных сточных вод с хозяйственно-бытовыми, процесс флокуляции и коагуляции мельчайших частиц нерастворимых примесей, насыщение стоков кислородом.

Из аэраторов сточные воды распределяются по железобетонным самотечным лоткам I -II очереди на аэротенки № 1-8, а на III очереди по подземному железобетонному коллектору через распределительные камеры на аэротенки № 9-11.

В аэротенках происходит потребление субстрата (загрязнений) аэробными микроорганизмами (активный ил) из сточной воды в качестве их питания.

Технологическая схема очистки сточных вод в аэротенке представлена на рисунке 1.6 [11].

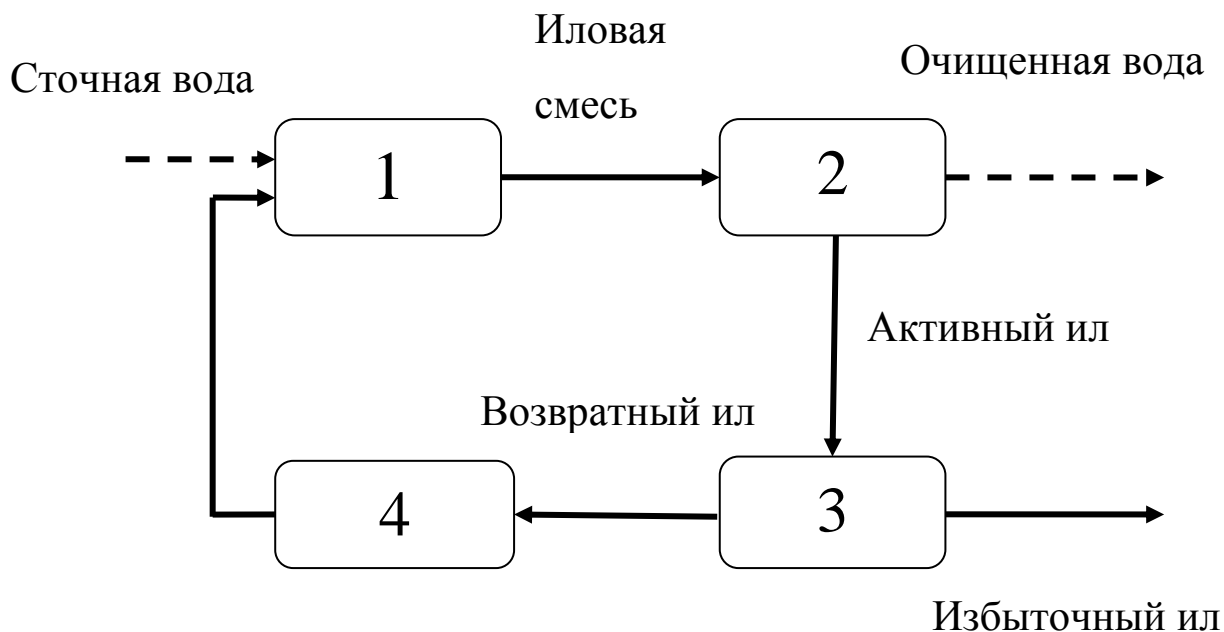


Рисунок 1.6 - Технологическая схема очистки сточных вод в аэротенке с регенерацией ила

Сточные воды по аэротенкам I-II-III очереди БОС распределяются по железобетонным самотечным лоткам шиберами и подача активного ила в аэротенки I-II очереди № 1-8. В аэротенки III очереди № 9-11 активный ил распределяется по напорному трубопроводу задвижками.

Аэрация сточных вод в аэротенках производится аэраторами, обеспечивающими мелкопузырчатое диспергирование воздуха в жидкости воздухом от воздухонагнетателей воздуходувной станции цеха.

Смесь, сточные воды и активный ил, поступает из аэротенков на радиальные вторичные отстойники № 1-10 I-II очереди и № 11-13 III очереди через распределительные камеры.

Активный ил оседает на дно отстойника и удаляется с помощью илососов в камеры иловой насосной станции с I-II очереди, а с III очереди в камеры насосной станции № 3. Осветленные очищенные сточные воды после вторичных радиальных отстойников по подземному самотечному трубопроводу поступают в приемный резервуар биологически очищенных сточных вод блока доочистки.

Из приемного резервуара сточные воды насосами № 7, 9, 10 подаются по трубопроводу на барабанные сетки, в которых задерживаются взвешенные вещества размером более 1,0 мм и далее очищенные сточные воды самотеком по трубопроводу поступают на песчаные фильтры, где улавливаются взвешенные вещества менее 1,0 мм в фильтрующем слое загрузки.

Фильтрация сточных вод на песчаных фильтрах и их промывка производится восходящим потоком.

После песчаных фильтров дочищенные отфильтрованные сточные воды по трубопроводу самотеком поступают в камеру № 34, где подвергаются обеззараживанию гипохлоритом натрия. Гипохлорит натрия подается по полиэтиленовому трубопроводу от хлораторной станции.

Из камеры № 34 часть стоков самотеком по трубопроводу поступает в самотечный коллектор для сброса на насосную станцию № 6 ООО «ВоКС», а часть по трубопроводу самотеком уходит в резервуар чистой воды.

Из резервуара чистой воды очищенные, обеззараженные сточные воды насосами № 1, 2, 3 откачиваются по двум напорным трубопроводам на насосную станцию № 3 ОАО «Тольяттиазот», а часть сточных вод насосами № 4,5,6 подается на промывку песчаных фильтров.

Промывная вода с песчаных фильтров по самотечному трубопроводу уходит в резервуар грязной воды, откуда насосами №11,12, 13 откачивается по двум трубопроводам в лоток перед поступлением хозяйственно-бытовых сточных вод на песколовку III очереди БОС.

Активный ил из вторичных отстойников № 1-10 I-II очереди БОС выводится самотеком по трубопроводу в камеру активного ила иловой насосной станции, откуда насосами №1,2 подается в регенераторы № 1, 2, а с вторичных отстойников № 11-13 III очереди БОС активный ил самотеком по трубопроводу выводится в камеры № 1, 2 насосной станции № 3, откуда насосами № 1, 2, 3 откачивается в первые секции аэротенков № 9,10,11.

Из регенераторов № 1,2 I-II очереди активный ил по железобетонным самотечным лоткам распределяется в первые секции аэротенков №1-8.

Избыточный активный ил с I-II очереди выводится насосом № 3 иловой насосной станции на биокоагуляцию в лоток хозяйственно-бытовых сточных вод перед поступлением в первичные отстойники, а избыточный активный ил с III очереди выводится с напорной линии насосов №№ 1, 2, 3, третьей насосной станции по трубопроводу в илоуплотнители № 1, 2, где он уплотняется в течение 12-18 часов и выводится самотеком по трубопроводу в камеру № 3 насосной станции № 3, откуда насосами № 7, 8 откачивается или на иловые площадки, или на механическое обезвреживание на узел подготовки осадка.

Иловая вода с илоуплотнителей № 1,2 самотеком по трубопроводу поступает в камеру № 5 насосной станции № 3, сюда же откачивается насосами № 81,82,83 иловая вода с камер иловой воды узла подготовки осадка.

Из камеры № 5 иловая вода насосами № 11-14 откачивается в лоток промышленных стоков перед поступлением их в усреднители III очереди БОС [20].

Срок службы очистных сооружений во многом зависит от производителя и условий эксплуатации и составляет в среднем 30-50 лет, после чего установки частично или полностью выходят из строя и уже не могут обеспечить высокую степень очистки стоков. Принимая во внимание то, что первая очередь очистных сооружений ЗАО «Тольяттисинтез» введена в 1960 году и эксплуатируется на данный момент уже 56 лет, а самая поздняя постройка (блок механического обезвоживания – построен в 1978 году) 38 лет, можно сделать вывод о недостаточной эффективности работы данных очистных сооружений. Очистка сточных вод до нормативов ПДК для воды рыбохозяйственного назначения маловероятна.

Необходимо учитывать постоянный рост производственных мощностей самого предприятия, увеличение количества стоков и загрязняющих веществ в них.

Нормативы качества с каждым годом ужесточаются, потребности населения и производств в разных сферах растут, загрязняющих веществ становится все больше. Очевидно, что очистные сооружения, построенные в прошлом столетии не в силах справиться с нарастающей нагрузкой и достигать необходимого уровня очистки.

Необходимо совершенствовать процесс очистки сточных вод на каждой из стадий, так как все они имеют свои цели и осуществляют каждая свою функцию. На ступени биологической очистки происходит деградация органической составляющей стоков, этой составляющей системы очистки сложнее всего управлять, так как именно в ней происходит большая часть процессов, затрагивающих живые микроорганизмы и органические загрязняющие вещества.

ГЛАВА 2. МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД НА ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЯХ

2.1 Описание технологического процесса биологической очистки сточных вод

Сооружениям биохимического окисления принадлежит определяющая роль в общем комплексе сооружений очистной станции.

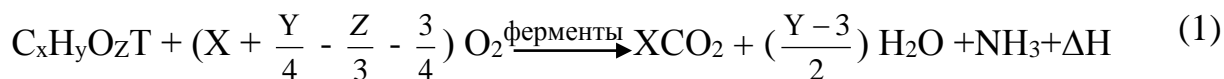
Биологическая очистка основана на деградации органической составляющей сточных вод бактериями и простейшими. На этой стадии осуществляется минерализация стоков, высвобождение органического азота и фосфора, снижение БПК является главной целью этого этапа [10].

Микроорганизмы освобождают воду от разнообразных загрязняющих веществ, а метаболизм этих загрязнений в клетках микроорганизмов обеспечивает их энергетические потребности, восстановление распавшихся веществ клетки и прирост биомассы.

Адсорбированные органические вещества подвергаются микроорганизмами ферментативной деструкции, в результате которой углеродосодержащие вещества разлагаются до углекислого газа и воды.

Схема реакций биологического окисления в аэробных условиях [12]:

а) окисление вещества на энергетические потребности клетки



б) на синтез биомассы состава $C_5H_7NO_2$



Затраты кислорода на эти две реакции соответствуют БПК_{полн} сточной воды.

Аммиак в процессе нитрификации окисляется в нитриты и нитраты:



Процесс биохимического окисления в сооружениях идет в две стадии. Первая стадия – адсорбция на поверхности зоогелей ила загрязнений и окисление легко окисляемых органических веществ. Вторая стадия – доокисление трудноокисляемых веществ [14].

Технологическая схема биологической очистки стоков на предприятии ЗАО «Тольяттисинтез» представлена на рисунке 2.

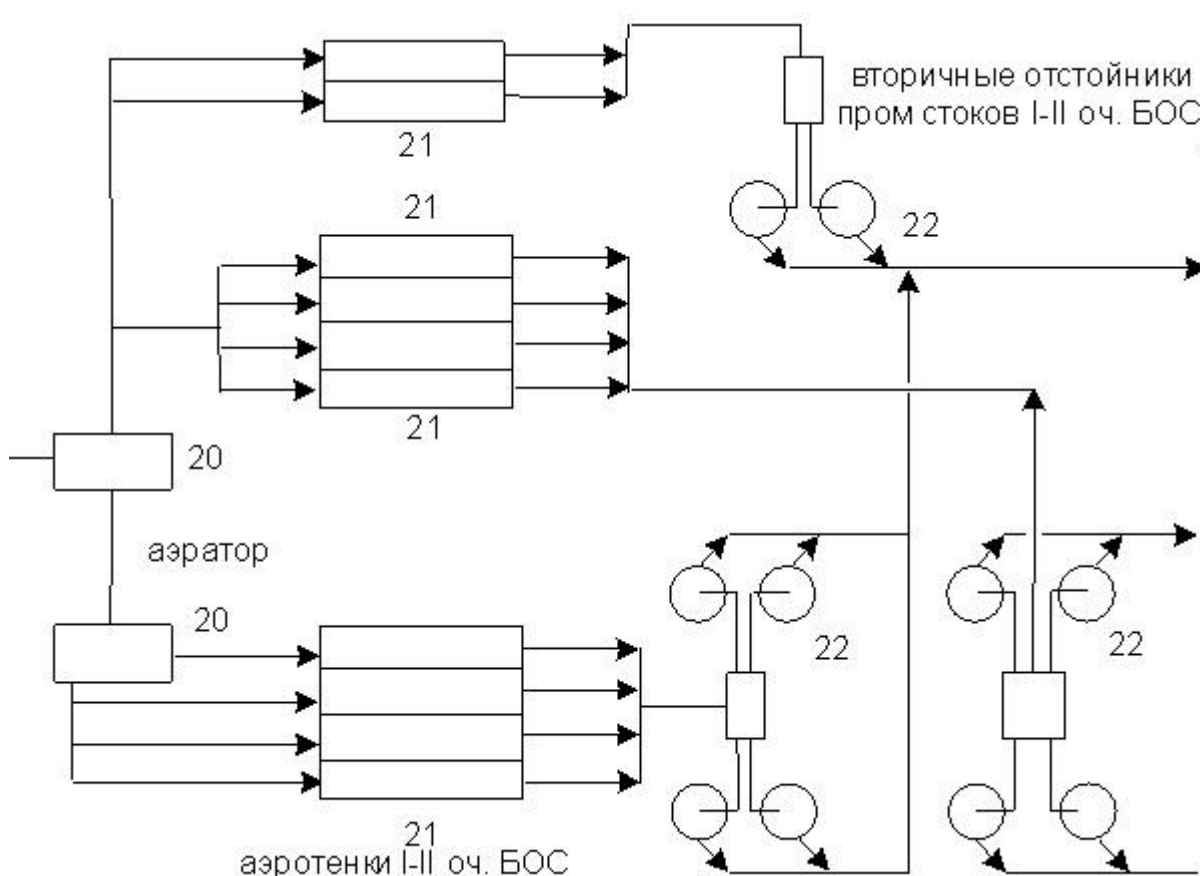


Рисунок 2 – Технологическая схема биологической очистки стоков на предприятии ЗАО «Тольяттисинтез»

На первой стадии, которая имеет место, преимущественно в первых двух коридорах аэротенка и охватывает по времени около двух первых часов, окисляется до 40 - 60% всех адсорбированных органических загрязнений.

Вторая стадия по продолжительности в несколько раз превышает первую. Начинаясь в аэротенке, она заканчивается в регенераторе, где адсорбированные загрязнения полностью доокисляются, и активный ил вновь приобретает физиологическую активность.

Концентрация активного ила в аэротенках регулируются в пределах 200-500 мг/дм³, а регенераторах 500-850 мг/дм³ с выводом избыточного количества в первичные отстойники хозяйственно-бытовых сточных вод на биокоагуляцию I-II очереди и на илоуплотнители III очереди БОС

Окислительная способность активного ила насчитывает 90% и более от нагрузки в зависимости от БПК_{полн} поступающих стоков.

Время пребывания сточных вод в аэротенках 17-19 часов. После аэротенков биологически очищенные сточные воды поступают во вторичные отстойники, где происходит разделение (отстаивание) активного ила в течение одного часа сорока двух минут и далее возврат его в регенераторы, а осветленные сточные воды подвергаются доочистке и обеззараживанию.

Принципиальная схема биологической очистки стоков представлена на рисунке 2.1.

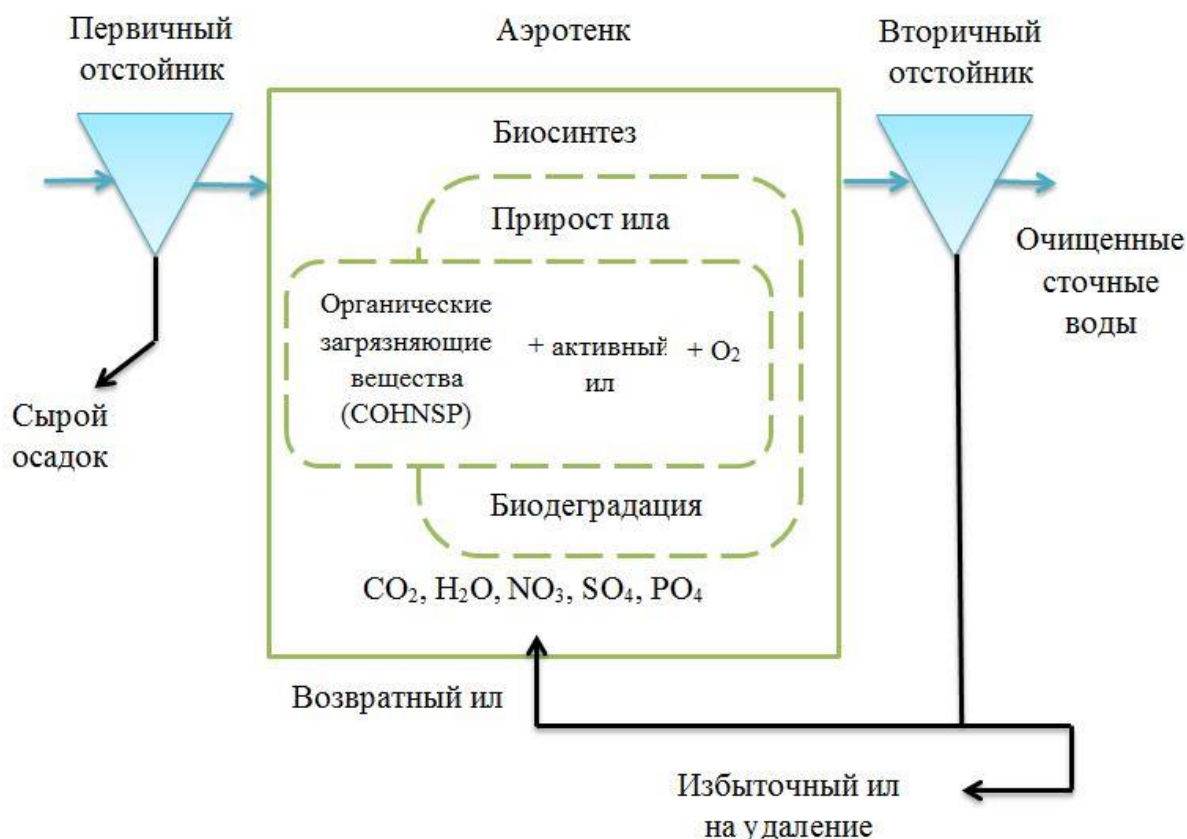


Рисунок 2.1 - Принципиальная схема биологической очистки стоков

Система очистки основана на биологической очистке активным илом, который представляет собой сложный биоценоз микроорганизмов различных систематических групп и некоторых многоклеточных животных. Элементарный химический состав активных илов для городских сточных вод описан формулой – $C_{54}H_{212}O_{82}N_8S_7$. Сухое вещество активного ила состоит из 70-90 органических и 10-30 неорганических веществ. Помимо живых микроорганизмов, в иле также содержится субстрат - различные твердые остатки, к которым прикрепляются микроорганизмы [17].

Активный ил биоокислителей определяется благодаря химическому составу обрабатываемой сточной воды, растворенного в ней кислорода, температуры, рН и окислительно-восстановительного потенциала. Внешне активный ил представляет собой хлопья светло-серого, желтоватого или темно-коричневого цвета, плотнонаселенные микроорганизмами, окруженные слизистой массой[19].

Видовой состав активного ила – вид под микроскопом представлен на рисунке 2.2.

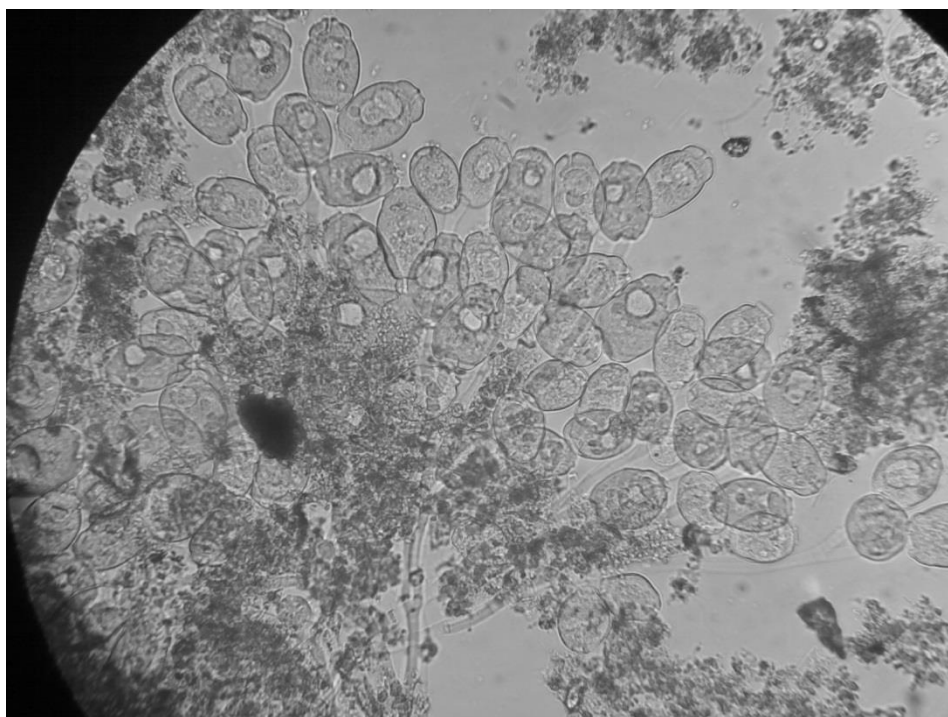
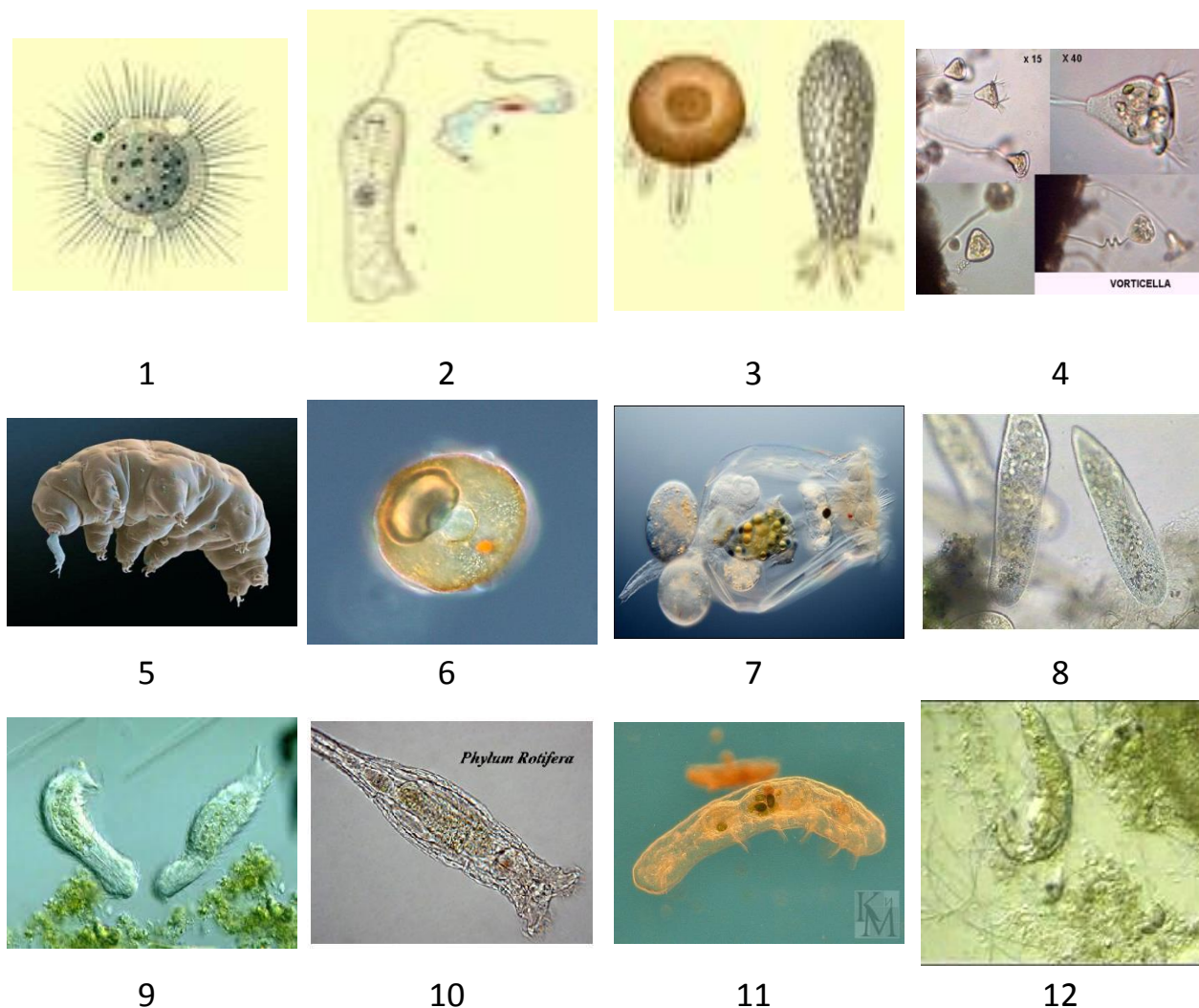


Рисунок 2.2 – Видовой состав активного ила

Биомасса активного ила представляет собой биоценоз представителей шести отделов микрофлоры (бактерии, грибы, диатомовые, зеленые, синезеленые, эвгленовые микроводоросли) и девяти таксономических групп микрофауны (жгутиконосцы, саркодовые, инфузории, первичнополостные, и вторичнополостные черви, брюхоресничные черви, коловратки, тихоходки, паукообразные) [21]. Данные о микроорганизмах предоставлены на рисунке 2.3.



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 – безпанцирная коловратка

Рисунок 2.3– Наличие микроорганизмов в активном иле аэротенка

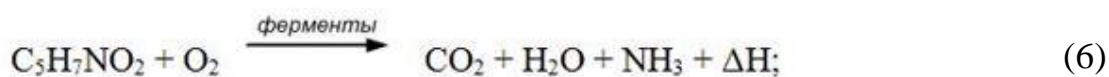
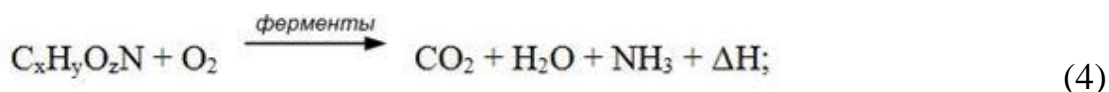
Основное разрушение органических загрязнений в сточных водах осуществляют бактерии. 1 м³ биомассы ила содержит 2x10¹⁴ бактерий. В биоценозе они находятся в виде скоплений, окруженных слизистой массой (зооглеи). Бактерии представлены такими типами, как псевдомонас, бациллуc, нитробактер, нитросомонас и др.

Процесс деструкции органики осуществляется в определенной последовательности и в присутствии катализаторов этих реакций – ферментов. Ферменты - сложные белковые соединения (молекулярная масса достигает сотен тысяч и миллионов), которые выделяются клетками бактерий и ускоряют биохимические реакции. Особенность ферментов заключается в том, что каждый из них катализирует только одно из многочисленных превращений. Для деструкции сложной смеси органических веществ нужно 80-100 различных ферментов, каждый из них имеет свою оптимальную температуру, выше которой скорость реакции падает [40].

Имеются вещества, повышающие активность ферментов - активаторы (витамины, катионы Ca⁺, Mg²⁺, Mn²⁺), и ингибиторы, оказывающие противоположное действие (например, соли тяжелых металлов, антибиотики).

Процесс биологического окисления состоит из множества ступеней и начинается с расщепления органического вещества с выделением активного водорода.

Суммарные реакции биохимического окисления в аэробных условиях можно схематично представить в следующем виде [54]:



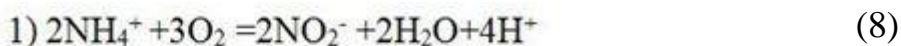
где $C_xH_yO_zN$ - все органические вещества в стоках; $C_5H_7NO_2$ - условная формула клеточного вещества бактерий; ΔH - энергия.

Реакция (4) описывает характер окисления вещества для удовлетворения энергетических потребностей клетки (катаболический процесс), реакция (5) - для синтеза клеточного вещества (анаболический процесс). Затраты кислорода на эти реакции составляют БПКполн сточной воды. Реакции (6) и (7) показывают превращение клеточного вещества в условиях недостатка питательных веществ. Расход кислорода на реакции (4) и (5) приблизительно вдвое меньше, чем на все четыре реакции [63].

Освобождение из стоков аммонийного азота осуществляется на этапе процесса нитрификации, осуществляемой автотрофными бактериями, которые потребляют неорганический углерод (углекислоту, карбонаты, бикарбонаты). Присутствующие в воде органические вещества могут замедлять рост бактерий-нитрификаторов. Этот факт связан с тем, что эти бактерии могут использовать только тот азот, который не использован гетеротрофными микроорганизмами, развивающимися при наличии органики и потребляющими азот в процессе конструктивного обмена. Помимо этого, гетеротрофные бактерии интенсивно поглощают кислород, необходимый нитрификаторам.

Аммонийный азот окисляется до нитритов на первом этапе процесса бактериями рода *Nitrosomonas*. В качестве субстрата *Nitrosomonas* может использовать аммонийный азот, мочевины, гуанин, не потребляя органическую часть молекулы. На втором этапе процесса нитриты окисляются до нитратов бактериями рода *Nitrobacter* [64].

Реакции окисления азота аммонийного:



Оптимальными условиями для процесса нитрификации являются температура 20-25°C и pH более 8,4. При pH менее 6 и температуре менее 10°C

интенсивность протекания процесса существенно уменьшается, наличие свободного аммиака и солей тяжелых металлов ингибируют процесс [62].

Для высвобождения из воды окисленных форм азота - нитритов и нитратов, которые образуются в процессе нитрификации, осуществляется процесс денитрификации, сущность которого заключается в том, что гетеротрофные бактерии денитрификаторы (*Thioresoccus*, *Denitrificans*, *Pseudomonas*) в процессе своей жизнедеятельности для окисления органического вещества используют связанный кислород нитратов и нитритов, восстанавливая их до молекулярного азота.

Денитрификация проходит в анаэробных условиях в присутствии органических веществ, необходимых для жизнедеятельности бактерий. Органические вещества окисляются кислородом, извлеченным из нитритов и нитратов. Окисляются в основном легко окисляемые вещества: углеводы, органические кислоты, спирты. Денитрифицирующие бактерии не могут использовать высокомолекулярные полимерные соединения.

Максимальная интенсивность процесса достигается при pH 7.0-8.2. При значениях pH ниже 6,1 и выше 9,6 процесс полностью затормаживается. Повышение температуры интенсифицирует процесс.

Денитрификация происходит согласно схеме, изображенной на рисунке 2.4.

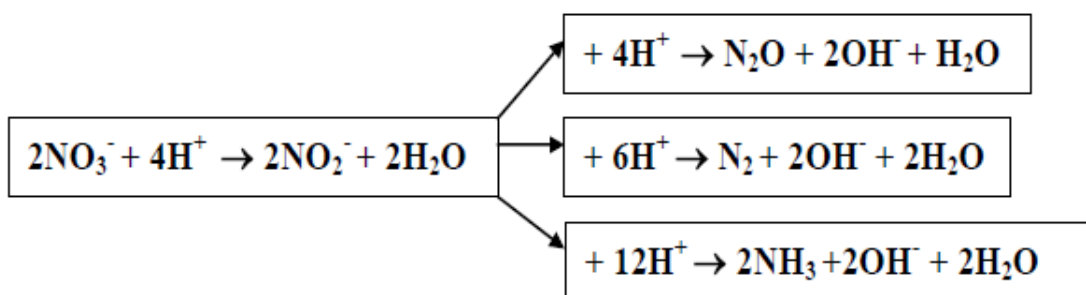


Рисунок 2.4 – Схема процесса денитрификации

Процессы нитрификации и денитрификации проходят в аэротенке одновременно, так как в активном иле всегда есть аэрируемые зоны и зоны с

дефицитом кислорода, где образовавшиеся в процессе нитрификации нитриты и нитраты восстанавливаются.

Разделение процессов нитрификации и денитрификации позволяет улучшить условия проведения каждого из них и, соответственно, обеспечить глубокое удаление азота.

Биогенные элементы и микроэлементы являются необходимыми для успешного протекания биохимических реакций в сточной воде. К ним относятся N, S, P, K, Mg, Ca, Na, Cl, Fe, Mn, Mo, Ni, Co, Zn, Си и др.

Среди них основными являются N, P и K. Недостаток азота тормозит окисление органических загрязнителей и приводит к образованию труднооседающего ила. Недостаток фосфора приводит к развитию нитчатых бактерий, и, в результате, к вспуханию активного ила [60].

Способность активного ила образовывать хорошо оседающие хлопья – важнейшее его свойство, т.к. эффективность очистки сточных вод в аэротенках в значительной степени зависит от последующего процесса отделения активного ила от очищенной воды.

На рисунке 2.5 показана осаждаемость активного ила при удовлетворительных седиментационных характеристиках и высоком качестве очистки, обеспечиваемом таким илом.

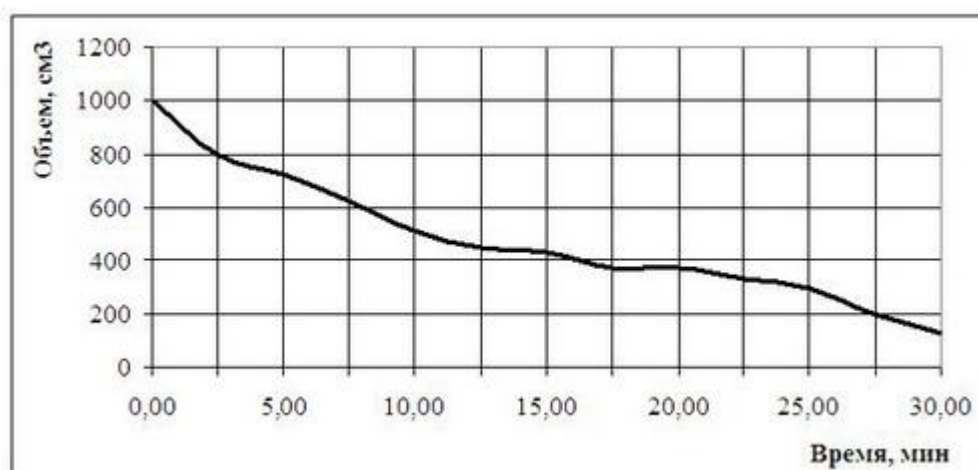


Рисунок 2.5 — Зависимость объема, занимаемого активным илом с удовлетворительными седиментационными характеристиками, от времени осаждения

Способность активного ила к оседанию характеризуется значением илового индекса. Оптимальной величиной нагрузки считают величину илового индекса, которая не превышает 100 см³/г. При иловом индексе более 100 см³/г активный ил занимает большой объём, становится лёгким, теряет хлопьевидную структуру, плохо оседает, не уплотняется и в большом количестве выносится из вторичных отстойников, ухудшая эффективность работы очистных сооружений.

В нормально работающем активном иле кроме хлопьев зооглейных скоплений бактерий имеется большое количество простейших организмов (инфузорий), а также встречаются коловратки и черви. При нарушении нормальных условий работы аэротенка в иле развиваются нитчатые бактерии, водные грибы и др. Эти формы вызывают вспухание активного ила (резко возрастает иловый индекс), он плохо оседает во вторичном отстойнике и выносится с очищенной водой.

В искусственно создаваемом биоценозе активного ила аэротенков изначально поддерживаются благоприятные условия для развития флокулообразующих бактерий, численное преобладание которых (порядка 80% численности биоценоза) является показателем благополучия. При нарушении этих условий флокулообразующие бактерии, имеющие высокие адсорбционные, окислительные и репродуктивные способности и низкую устойчивость к изменениям среды, начинают массово гибнуть. При этом освобождается пищевая ниша, которую занимают устойчивые к резким перепадам концентраций, кислотности и температуры нитчатые организмы, они начинают бурно развиваться и накапливаться [50].

2.2 Обзор существующих методов борьбы со вспуханием активного ила

Нитчатое вспухание активного ила является одной из наиболее распространенных проблем в мировой практике биологической очистки сточных

вод. Для борьбы с данной проблемой применяются разнообразные технологии: от модернизации системы аэрации до внесения в аэротенки штаммов микроорганизмов. Наиболее популярные методы представлены в таблице 1.

Таблица 1.2 – Обзор существующих методов борьбы со вспуханием активного ила на основе результатов проведения патентно-информационного поиска

Название	Описание	Достоинства	Недостатки
1	2	3	4
<p>Способ подавления бактериального нитчатого вспухания активного ила</p>	<p>С целью подавления вспухания создаются максимально благоприятные условия для жизнедеятельности антагонистов нитчатых бактерий путем одновременной установки в аэротенках смешанной системы аэрации, объемных конструкций-носителей биомассы и обработки активного ила нитрозоалкилмочевинной. Аэротенки оснащаются смешанной системой аэрации в пропорции 60% мелкопузырчатой, 40% среднепузырчатой. Носители биомассы устанавливаются в количестве, обеспечивающем увеличение</p>	<p>- повышается аэробность аэротенков за счет использования мелкопузырчатых аэраторов и интенсивного перемешивания иловой смеси с помощью среднепузырчатых аэраторов; - повышается окислительная мощность аэротенков за счет наращивания дополнительной биомассы ила на носителях; - повышается устойчивость сапрофитной микрофлоры активного ила, что позволяет конкурентно вытеснять из биоценоза ила нитчатые формы бактерий.</p>	<p>- необходимость оснащения аэротенков дополнительным оборудованием; - необходимость постоянного внесения обработанного нитрозоалкилмочевинной активного ила.</p>

Продолжение таблицы 1.2

1	2	3	4
	<p>Концентрации активного ила в 1, 5-2 раза отимеющейся. Активный ил в количестве 0,0001-0,0002% от общего содержания в аэротенках обрабатывается нитрозоалкилмочевинной в концентрации 0,04-0,08% в течение 3-4 часов, подрашивается 10-12 часов на разбавленных сточных водах, повторно обрабатывается парааминобензойной кислотой в концентрации 0,05-0,07% и подрашивается 3-5 часов, после чего вносится в аэротенк в зоне поступления возвратного ила.</p>		
<p>Способ подавления вспухания активного ила</p>	<p>Способ осуществляется путем введения микроорганизмов. С целью повышения степени подавления и экономичности процесса в качестве</p>	<p>- ускоряются массообменные процессы в биомассе активного ила; - улучшается минерализация;</p>	<p>- необходимость постоянного внесения большого количества ила с Aelosonia для подавления вспухания;</p>

Продолжение таблицы 1.2

1	2	3	4
	<p>микроорганизмов используют илистых червей <i>Aelosoma</i>, которых вводят во вспухающий ил с активным илом, в котором они выращены. Массовое соотношение вспухающего активного ила и активного ила, содержащего илистых червей <i>Aelosoma</i> от 3:1 до 2:1. Соотношение 2:1 является оптимальным, т.к. при указанном соотношении иловый индекс снижается в 4,6 раза, при соотношении 3:1 – в 1,5 раза.</p>	<p>- значительно улучшаются седиментационные свойства ила; - зольность активного ила повышается в 1,7-1,8 раза, при этом биохимическая активность ила сохраняется на прежнем уровне; - иловый индекс снижается в 4-5 раз, т.е. до величины, которая характеризует активный ил как хорошо оседающий.</p>	<p>- необходимость сооружения специальной установки объемом несколько меньше действующих аэротенков; - значительные затраты на капитальное строительство, подвода к установке дополнительного количества сточной воды и воздуха.</p>
<p>Способ биологической очистки сточных вод</p>	<p>Способ включает отстаивание сточных вод в первичных отстойниках, обработку активным илом при аэрации в аэротенках с последующим отделением воды от осадка. С целью повышения эффективности процесса путем</p>	<p>- условия для интенсификации процессов деградации органических веществ в сточных водах, активно включает в процессы метаболизма углеводы сточных вод по циклу ди- и</p>	<p>- необходимость постоянного внесения биомассы бактерий в аэротенк; - изменение биоценоза активного ила без улучшения экологических</p>

Продолжение таблицы 1.2

1	2	3	4
	<p>повышения минерализующей способности активного ила и предотвращения его вспухания в аэротенки вводят биомассу бактерий рода <i>Achromobacter</i> штамм 182.</p>	<p>трикарбоновых кислот; - быстрая деградация углеводов предотвращает вспухание активного ила, вынос последнего из вторичных отстойников, что способствует повышению эффективности очистки сточных вод.</p>	<p>условий его жизнедеятельности, то есть не устраняет основной причины возникновения и развития вспухания; - частое внесение биомассы бактерий в аэротенк; - необходимость иметь на очистных сооружениях постоянно действующий ферментер для выращивания бактериальной массы</p>
<p>Штамм бактерий <i>rhodococcus</i>sp., используемый для</p>	<p>Изобретение относится к микробиологической промышленности и касается нового штамма бактерий, который может быть использован для биологической очистки сточных вод нефтехими-</p>	<p>- снижение илового индекса до 60 мл/г; - снижение содержания взвешенных веществ в очищенной воде - до 15 мг/л;</p>	<p>- необходимость иметь на очистных сооружениях постояннодействующий ферментер; - необходимость постоянно</p>

Продолжение таблицы 1.2

1	2	3	4
<p>улучшения структурных и седиментационных свойств активного ила в процессе очистки сточных вод нефтехимического производства</p>	<p>ческих производств. Цель изобретения - штамм бактерий RhodococcusSp., способный повышать эффективность очистки сточных вод за счет улучшения структурных и седиментационных свойств активного ила и устойчивый к токсическим загрязнениям производств нефтехимического синтеза. Штамм Rhodococcuspp. способен структурировать и флокулировать активный ил при исходном иловом индексе до 300 мл/г, снижая эту величину на 50-80% в зависимости от качественного и количественного набора загрязнений в сточных водах и параметров их очистки.</p>	<p>- повышение эффективности очистки до 97,2%.</p>	<p>вводить микроорганизмы в аэротенк и дозировать их количество.</p>

На основании вышеперечисленного можно сделать вывод, что наиболее широко применяемым на сегодняшний день методом борьбы с нитчатым вспуханием является внесение в биомассу активного ила микроорганизмов, подавляющих излишнее размножение нитчатых бактерий и улучшающих седиментационные свойства активного ила, несмотря на то, что данный метод имеет ряд недостатков и не всегда уничтожает причину возникновения процесса.

Данный метод был осуществлен на сооружениях биологической очистки г. Камышин мощностью 100000 м³/сут. Бактериальное нитчатое вспухание было полностью подавлено в течение 1 месяца по завершению всех мероприятий по реализации способа, включающего корректировку системы аэрации, изготовление и установку носителей биомассы с общим количеством синтетической объемной нити 7400 м и выполнение обработки биоценоза активного ила нитрозоалкилмочевинной.

Также известен способ использования озона в целях контроля нитчатого вспухания. Экспериментально доказано, что подача небольших доз озона на начальную стадию биологической очистки положительно сказывается на происходящих на этой стадии процессах. Озон оказывает стимулирующее влияние на активный ил, при котором ускоряются процессы окисления органических веществ, улучшаются показатели БПК и ХПК очищенных сточных вод. Нитчатые бактерии в большей степени страдают от озонирования из-за наибольшей удельной площади поверхности среди других микроорганизмов активного ила, следовательно, они могут пропускать через клетки большее количество вещества. Данный факт позволяет обеспечить селективность воздействия озона на активный ил.

На базе научного центра Уппсальского университета (Швеция) и действующих очистных сооружений (Himmer fjarden sewage treatment plant) в 2007 г. были проведены масштабные исследования. Под эксперимент выделили две рабочие линии очистных сооружений, озono-воздушная газовая смесь (относительное содержание озона в газе составляло 2%, кислорода – 98%) подавалась в трубопровод возвратного активного ила первой линии, вторая оставалась контрольной. Испытание длилось 5 месяцев. Положительные изменения в структуре активного

ила стали заметны уже через три недели, а через четыре недели на экспериментальной линии нитчатое вспухание активного ила было полностью подавлено. По показаниям микроскопического исследования, количество нитчатых бактерий достигло требуемого минимума, а иловый индекс составлял 90...100 мл/г. После прекращения эксперимента активный ил оставался с стабильным рабочем состоянии с показателями, удовлетворяющие все необходимые технологические требования.

2.3 Возможность применения на предприятии

Возникновение нитчатого вспухания активного ила на стадии биологической очистки сточных вод не редкость. Причины, приводящие к такому процессу, достаточно разнообразны. На биоценоз активного ила оказывают влияние как внешние факторы состояния окружающей среды, определяющие кислотность, температуру и состав обрабатываемой воды, так и внутренние – возраст ила, содержание и потребление кислорода и биогенных элементов.

На территории г.о. Тольятти существует ряд предприятий, обладающих действующими очистными сооружениями: ОАО «КуйбышевАзот», ОАО «АВТОВАЗ», ОАО «АВТОГРАД ВОДОКАНАЛ», ОАО «ЗПБО», ОАО «Тольяттиазот» и др. Из-за разнообразия факторов, приводящих к ухудшению седиментационных свойств активного ила, под угрозу возникновения таких процессов может попасть любое предприятие.

2.4 Проведение патентно-информационного поиска

В ходе написания работы был проведен патентно-информационный поиск в целях отбора информации, которая может быть проанализирована для проверки состояния уровня техники в отношении предмета поиска, выявление близких к предмету поиска технических решений (аналогов) и ближайшего технического решения (прототипа).

Отчет проведения представлен в Приложении А.

Описанные методы подавления нитчатого вспухания не устраняют причины его возникновения, а борются с последствиями. Для их осуществления требуется установка дополнительного оборудования, что приведет к значительному удорожанию процесса, а также к его усложнению. Для поддержания илового индекса на должном уровне необходимо применять эти методы постоянно, будь это внесения штаммов микроорганизмов в ил или аэрирование озono-воздушной смесью. Так как причина возникновения вспухания находится непосредственно на входе в очистные сооружения (повышенные концентрации загрязняющих веществ в стоках, не предусмотренных планом), необходимо грамотно и своевременно регулировать состав и параметры стоков на начальных этапах очистки. Построение математической модели биохимического окисления загрязняющих веществ активным илом позволяет решать проблемы на этапе их становления, тем самым может снизить энергоемкость и повысить эффективность очистки сточных вод.

2.5 Построение математической модели динамических процессов биологической очистки сточных вод

Этап биологической очистки осуществляется в целях освобождения осветленных вод от органических и минеральных примесей, которые находятся во взвешенном, коллоидном и растворенном состояниях.

Так как очистные сооружения находятся в постоянно изменяющихся условиях (изменение состава и объема сточных вод, возможные неполадки в оборудовании и т.д.), их удовлетворительная работа зависит от многих факторов. В таких условиях работы возникает необходимость прогнозирования поведения системы.

Для успешного решения задач, связанных с прогнозированием, оперативным управлением и контролем за качеством процесса водоочистки, необходимо комплексное описание гидродинамических, гидрохимических и гидробиологических процессов. Такое описание проводится в настоящее время с использованием методов системного анализа и математического моделирования [35].

Процесс биологической очистки ведется в аэротенках, где происходит непосредственный контакт сточных вод с организмами активного ила в присутствии

определенного количества растворенного кислорода и с последующим отделением активного ила от очищенной воды в отстойниках. В процессе жизнедеятельности микроорганизмов происходит множество ферментативных реакций. Встает задача моделирования роста микроорганизмов [42].

Кинетика роста популяций изучает изменение биомассы за единицу времени (dx/dt). Модель Моно – это наиболее простая математическая модель, описывающая эту кинетику. Она описывает лимитирующее действие субстрата.

$$\frac{dx}{dt} = V \cdot x, \quad (10)$$

где x – биомасса, [г/л];

V – удельная скорость роста микроорганизмов, подчиняющаяся закону Михаэлиса-Ментен:

$$V = V_{max} \cdot \frac{S}{K_M + S} \quad (11)$$

где V_{max} – максимальная удельная скорость роста микроорганизмов;

S – концентрация субстрата;

K_M – константа полунасыщения, т.е. такая концентрация субстрата, при которой удельная скорость роста принимает значение половины максимальной.

На рисунке 2.6 показан график, отображающий уравнение Михаэлиса-Ментен.

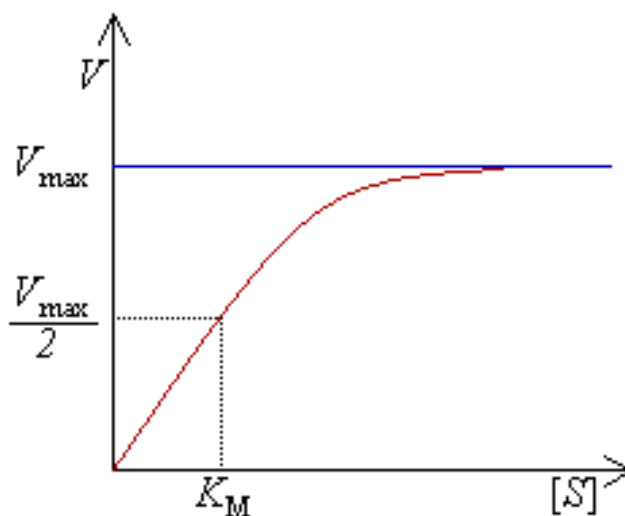
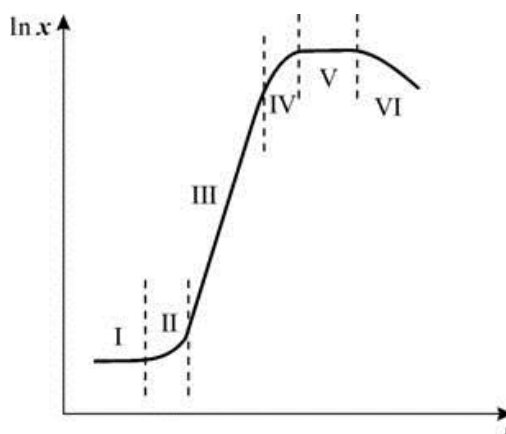


Рисунок 2.6 – Графическое изображение закона Михаэлиса-Ментен

Как показывают экспериментальные исследования, микроорганизмы растут следующим образом (рис. 2.7):



I – лаг-фаза; II – фаза ускорения роста; III – фаза экспоненциального роста; IV – фаза замедления роста; V – фаза стационарная; VI – фаза отмирания культуры

Рисунок 2.7 – Кривая роста популяции микроорганизмов

В течение лаг-фазы не происходит заметного увеличения числа клеток или образования каких-либо продуктов. В этот период перестраивается метаболизм клетки, синтезируются ферменты, специфичные к использованию новых субстратов, активируется биосинтез белка. После адаптации культуры наступает фаза ускорения роста, которую в свою очередь сменяет фаза экспоненциального роста, в течение которой быстро накапливаются биомасса и продукты разных реакций. Эта фаза достаточно строго описывается экспоненциальной кривой. Замедление роста в IV фазе связано с недостаточным подводом кислорода еще при наличии субстрата. В некоторых случаях рост культуры может переходить в достаточно устойчивую и продолжительную стационарную фазу. В этих условиях культура развивается в режиме постоянства общего числа клеток. При этом скорость прироста биомассы полностью компенсируется скоростью гибели и лизиса клеток. Если система полностью истощается по субстрату, то скорость прироста биомассы становится равной нулю, происходят существенные физиологические изменения клеток и, как правило, наблюдается фаза отмирания культуры, сопровождаемая часто полным лизисом клеток [45].

Активный ил – искусственно выращиваемый биоценоз микроорганизмов, которые трансформируют загрязняющие вещества и очищают сточные воды в результате биосорбции и биохимического окисления. Кислород подается в систему через сеть перфорированных труб на дне аэротенка.

Для определения оптимальных условий протекания процесса биологической очистки и для его разумного регулирования используется математическое моделирование. Под математической моделью понимают приближенное описание определенного процесса или явления, выраженное с помощью математической символики. Одной из самых простых и доступных моделей для описания процесса биоочистки является ячеечная модель. Физический смысл такой модели заключается в том, что движущийся поток рассматривается как состоящий из ряда последовательно соединенных ячеек. Предполагается, что в каждой такой ячейке происходит полное перемешивание потока, а между ячейками перемешивание отсутствует. Характеризует ячейечную модель параметр N – количество ячеек. При этом если $N=1$, ячейечная модель переходит в модель идеального перемешивания, если же ячеек больше, чем одна, то в модель идеального вытеснения [46].

Упрощенная схема аэротенка вытеснителя ячейечной структуры представлена на рисунке 2.8.

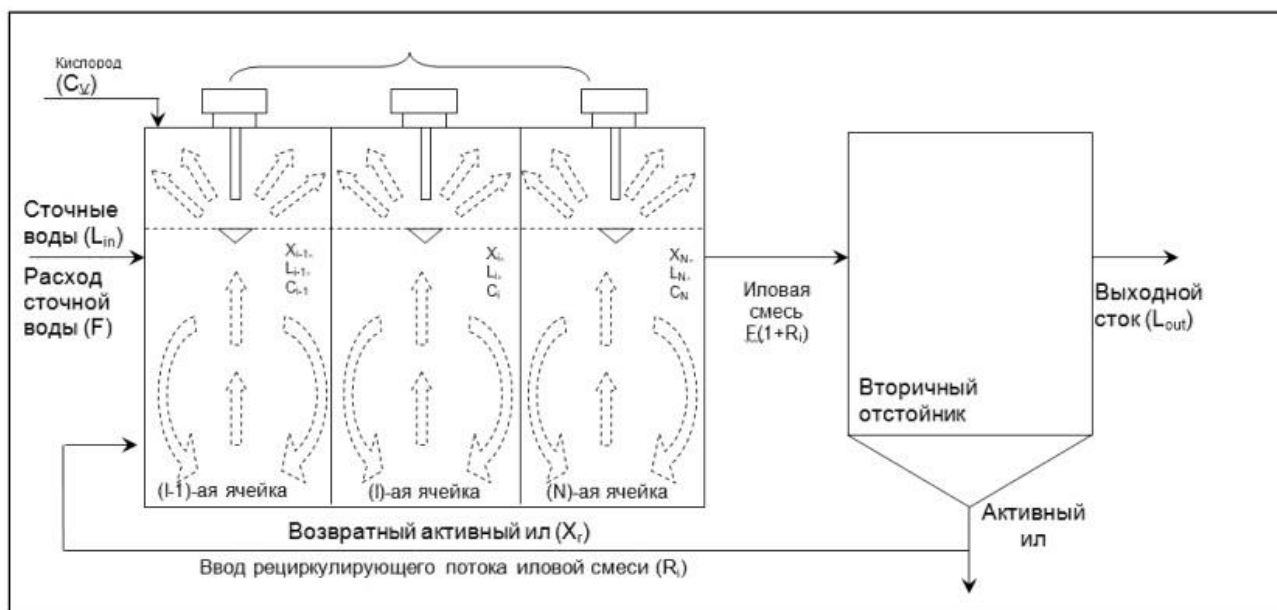


Рисунок 2.8 - Упрощенная схема аэротенка вытеснителя ячейечной структуры

Концентрации загрязняющих веществ и биомассы активного ила в процессе биологической очистки изменяются. Таким образом, в настоящее время достаточно остро стоит проблема поддержания концентрации загрязнителя и микроорганизмов в определенных границах, так как по окончании процесса очистки концентрация загрязнителя должна быть достаточно мала, а утилизация избыточного активного ила требует существенных затрат.

Пусть L_{max} и X_{max} – максимально допустимые концентрации загрязняющих веществ и активного ила соответственно. Тогда задача стабилизации состоит в том, чтобы поддерживать эти концентрации в допустимых пределах:

$$\begin{cases} L(t) \leq L_{max}, \\ X(t) \leq X_{max}. \end{cases} \quad (12)$$

Математическая модель, описывающая процессы биологической очистки сточных вод, представлена в виде системы дифференциальных уравнений материального баланса, показывающих динамику изменения концентрации загрязнений, активного ила и растворенного кислорода[43]:

$$\frac{dL_{out}^j}{dt} = \frac{Q \cdot (1 + R_i)}{V} \cdot (L_{out(i-1)}^j - L_{out(i)}^j) + R_{Li}^j, \quad (13)$$

где $L_{out(i)}^j$ и $L_{out(i-1)}^j$ – концентрация j -го компонента в рассматриваемой i -й ячейке и в предыдущей, мг/л;

Q – расход поступающей сточной воды, м³/ч;

V – объем ячейки, м³;

R_i – коэффициент рециркуляции активного ила;

R_{Li}^j – скорость потребления j -го субстрата в i -й ячейке, мг/л·ч.

Объем ячейки вычисляется по формуле:

$$V = V_a / N_a, \quad (14)$$

где $V_a = 1366,6$ м³/ч – расход поступающей сточной воды;

$N_a = 1$ – количество ячеек.

$$V = \frac{1366,6}{1} = 1366,6 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Степень рециркуляции активного ила в аэротенках рассчитывается по формуле:

$$R_i = \frac{a_i}{\frac{1000}{J_i} - a_i}, \quad (15)$$

где $a_i = 5$ г/л – доза ила в аэротенке;

$J_i = 120$ см³/г – иловый индекс.

Подставляем значения в формулу (15):

$$R_i = \frac{5}{\frac{1000}{120} - 5} = 1,5.$$

Удельная скорость окисления субстрата рассчитывается по формуле:

$$R_{Li}^j = R_{max} \cdot \frac{L_{ex} \cdot C_0}{L_{ex} \cdot C_0 + K_i \cdot C_0 + K_0 \cdot L_{ex}} \cdot \frac{1}{1 + \varphi \cdot a_i}, \quad (16)$$

где R_{max} – максимальная скорость окисления, мгБПК_{полн}/(г·ч);

$L_{ex} = 30$ мг/л – БПК_{полн} очищенной воды;

$C_0 = 1$ мг/л – концентрация растворенного кислорода;

K_i – константа, характеризующая свойства органических загрязняющих веществ, мгБПК_{полн}/л;

K_0 – константа, характеризующая влияние кислорода, мгО₂/л;

φ – коэффициент ингибирования продуктами распада активного ила, л/г;

$a_i = 5$ г/л – доза ила.

Для городских сточных вод и производственных сточных вод заводов синтетического каучука принимаем: $R_{max} = 85$ мгБПК_{полн}/(г·ч); $K_i = 33$ мгБПК_{полн}/л; $K_0 = 0,625$ мгО₂/л; $\varphi = 0,07$.

Тогда формула (16) имеет вид:

$$R_{Li}^j = 85 \cdot \frac{3,54 \cdot 1}{3,54 \cdot 1 + 33 \cdot 1 + 0,625 \cdot 3,54} \cdot \frac{1}{1 + 0,07 \cdot 5} = 5,7 \text{ мг/л·ч.}$$

Для решения уравнения (13) в качестве краевых условий приняты параметры первой ячейки:

$$L_{out(i-1)} = \frac{(L_{out} \cdot R_i + L_{in})}{(1 + R_i)}, \quad (17)$$

где $L_{in} = 120$ мг/л – концентрация j-го компонента в поступающей на очистку воде.

Тогда:

$$L_{out(i-1)} = (84 \cdot 1,5 + 120) \cdot (1 + 2,5) = 98,4 \text{ мг/л.}$$

Динамика концентрации активного ила оценивается по формуле:

$$\frac{dX_i}{dt} = \frac{Q \cdot (1 + R_i)}{V} \cdot (X_{i-1} - X_i) + V_{xi}, \quad (18)$$

где X_i и X_{i-1} – концентрация активного ила в рассматриваемой i-й ячейке и в предыдущей, г/л;

V_{xi} – скорость накопления активного ила, г/л·ч.

Скорость роста микроорганизмов (скорость накопления активного ила) рассчитывается по формуле (11), подставляя значения в которую, получаем:

$$V_{xi} = 5,5 \cdot \frac{84}{93 + 84} = 0,47 \text{ г/л·ч.}$$

Параметры первой ячейки рассчитываются по следующей формуле:

$$X_{i-1} = X_r \cdot \frac{R_i}{(1 + R_i)}, \quad (19)$$

где $X_r = 12$ г/л – концентрация активного ила в рециркуляционном потоке.

Подставив имеющиеся значения в формулу (19), получим:

$$X_{i-1} = 12 \cdot \frac{1,5}{(1 + 1,5)} = 7,5 \text{ г/л.}$$

Динамика изменения концентрации растворенного кислорода описывается следующим уравнением:

$$\frac{dC_i}{dt} = \frac{Q \cdot (1 + R_i)}{V} \cdot (C_{i-1} - C_i) + KLa \cdot (C_a - C_i) + R_{ci}, \quad (20)$$

где C_i и C_{i-1} – концентрация растворенного кислорода в рассматриваемой i-й ячейке и в предыдущей, мг/л;

KLa – коэффициент массопередачи кислорода, ч⁻¹;

C_a – концентрация насыщения воды кислородом при заданных температуре и давлении, мг/л;

R_{ci} – скорость потребления кислорода, мгО₂/л·ч.

В качестве краевых условий приняты следующие параметры первой ячейки:

$$C_{i-1} = \frac{(C_{sv} + C_{vi} \cdot R_i)}{(1 + R_i)}, \quad (21)$$

где C_{sv} , C_{vi} – концентрация растворенного кислорода в поступающей на очистку воде и рециркуляционном потоке активного ила, мг/л. При отсутствии преаэрации принимают $C_{sv} = 0$; $C_{vi} = 0,8$.

Тогда:

$$C_{i-1} = \frac{(0 + 0,8 \cdot 1,5)}{(1 + 1,5)} = 0,48.$$

С учетом условий (11) система дифференциальных уравнений, описывающая процесс биоочистки выглядит следующим образом:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{dL_{out}^j}{dt} = \frac{Q \cdot (1 + R_i)}{V} \cdot (L_{out(i-1)}^j - L_{out(i)}^j) + R_{Li}^j, \\ \frac{dX_i}{dt} = \frac{Q \cdot (1 + R_i)}{V} \cdot (X_{i-1} - X_i) + V_{xi}, \\ \frac{dC_i}{dt} = \frac{Q \cdot (1 + R_i)}{V} \cdot (C_{i-1} - C_i) + KLa \cdot (C_a - C_i) + R_{ci}, \\ L(t) \leq L_{max}, \quad X(t) \leq X_{max}. \end{array} \right. \quad (22)$$

Расчет проводится по БПК_{полн}, а также по приоритетным загрязняющим веществам: нитрат-анион, нефтепродукты, сульфаты, фосфаты, железо общее.

Для расчета составлена система уравнений, отражающая динамику загрязнений и концентрации биомассы в аэротенке:

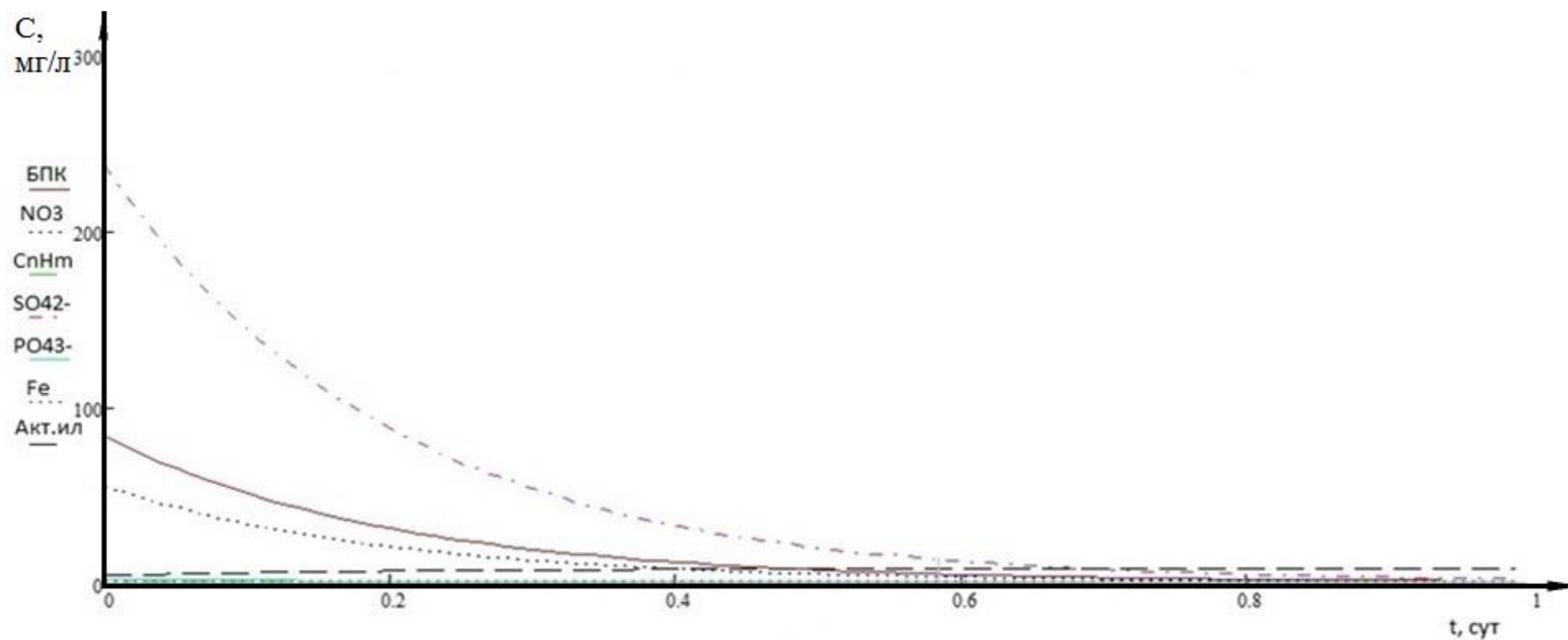
$$D(x, X) := \begin{bmatrix} \frac{Q \cdot (1 + R)}{V} \cdot (B_0 - X_1) + R_c \\ \frac{Q \cdot (1 + R)}{V} \cdot (Ni_0 - X_2) + R_c \\ \frac{Q \cdot (1 + R)}{V} \cdot (Ne_0 - X_3) + R_c \\ \frac{Q \cdot (1 + R)}{V} \cdot (S_0 - X_4) + R_c \\ \frac{Q \cdot (1 + R)}{V} \cdot (F_0 - X_5) + R_c \\ \frac{Q \cdot (1 + R)}{V} \cdot (G_0 - X_6) + R_c \\ \frac{Q \cdot (1 + R)}{V} \cdot (E_0 - X_7) + R_i \end{bmatrix} \quad (23)$$

Решения системы представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Решения системы уравнений (23)

	1	2	3	4	5	6	7	8
1	0	84	55.7	2.3	237.4	3	2.1	5
2	0.1	51.54	34.368	1.967	144.618	2.391	1.845	3.278
3	0.2	31.844	21.425	1.764	88.321	2.022	1.691	2.233
4	0.3	19.893	13.571	1.641	54.162	1.798	1.597	1.598
5	0.4	12.641	8.805	1.567	33.435	1.662	1.54	1.214
6	0.5	8.241	5.914	1.522	20.858	1.579	1.505	0.98
7	0.6	5.572	4.159	1.494	13.227	1.529	1.484	0.839
8	0.7	3.952	3.095	1.478	8.597	1.499	1.472	0.753
9	0.8	2.969	2.449	1.468	5.787	1.48	1.464	0.7
10	0.9	2.372	2.057	1.461	4.083	1.469	1.459	0.669
11	1	2.01	1.819	1.458	3.048	1.462	1.456	0.65

Графики, отображающие динамику концентраций загрязняющих веществ и активного ила представлены на рисунках 2.9-2.15.



БПК– концентрация БПК_{полн}; NO₃– концентрация нитрат-аниона; СпНм- концентрация нефтепродуктов; SO₄²⁻– концентрация сульфатов; PO₄³⁻-- концентрация фосфатов; Fe– концентрация общего железа; Акт.ил– концентрация активного ила в аэротенке

Рисунок 2.9 – Динамика изменения концентрации загрязняющих вещества активного ила

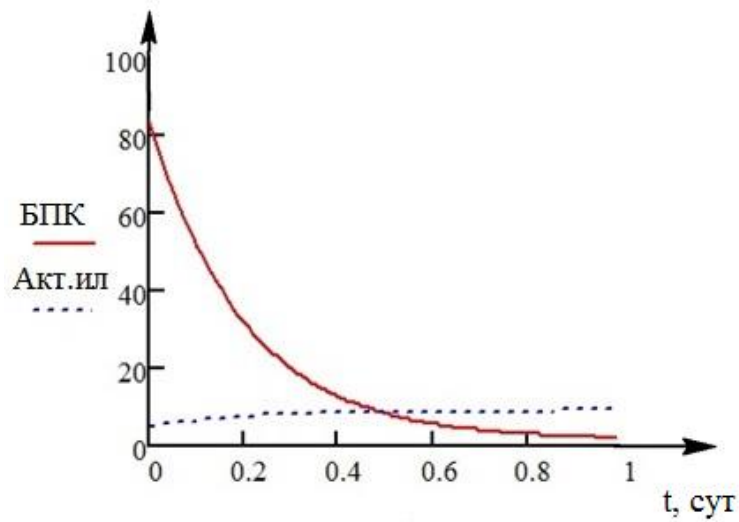


Рисунок 2.10 – Зависимость концентраций БПК_{полн} и биомассы активного ила от времени

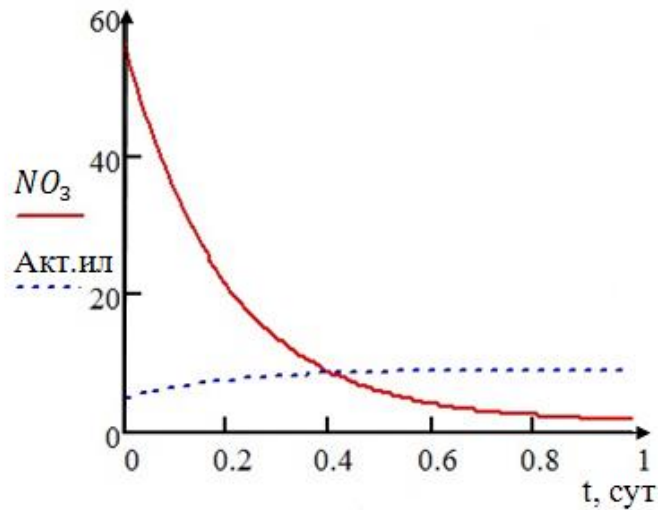


Рисунок 2.11 – Зависимость концентраций нитрат-аниона и биомассы активного ила от времени

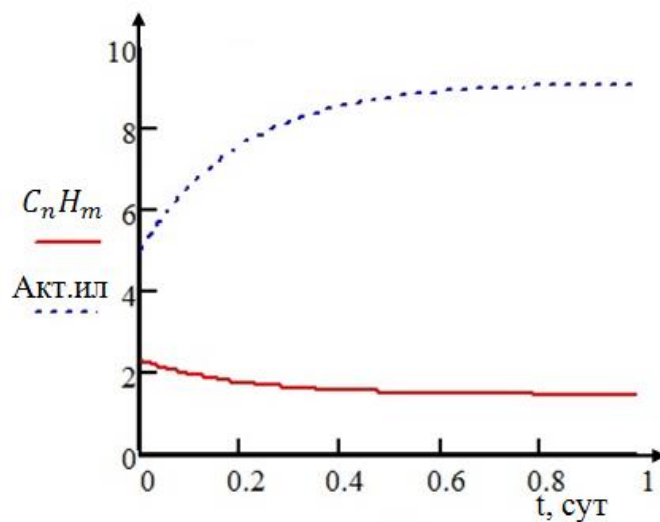


Рисунок 2.12 – Зависимость концентраций нефтепродуктов и биомассы активного ила от времени

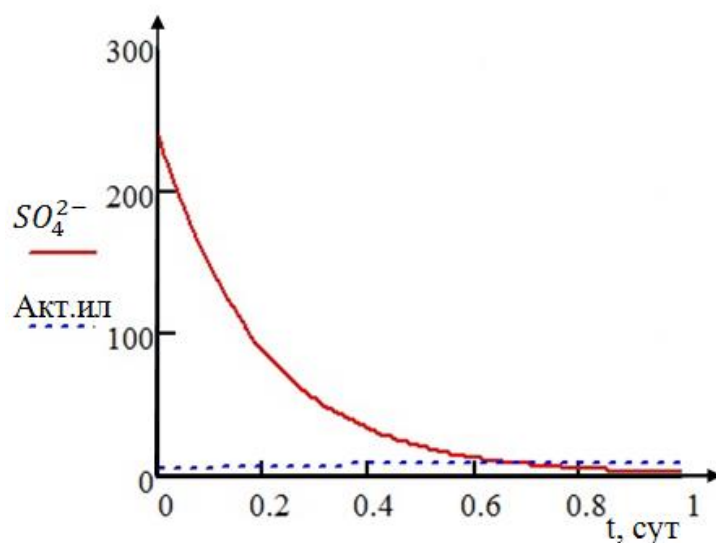


Рисунок 2.13 – Зависимость концентраций сульфатов и биомассы активного ила от времени

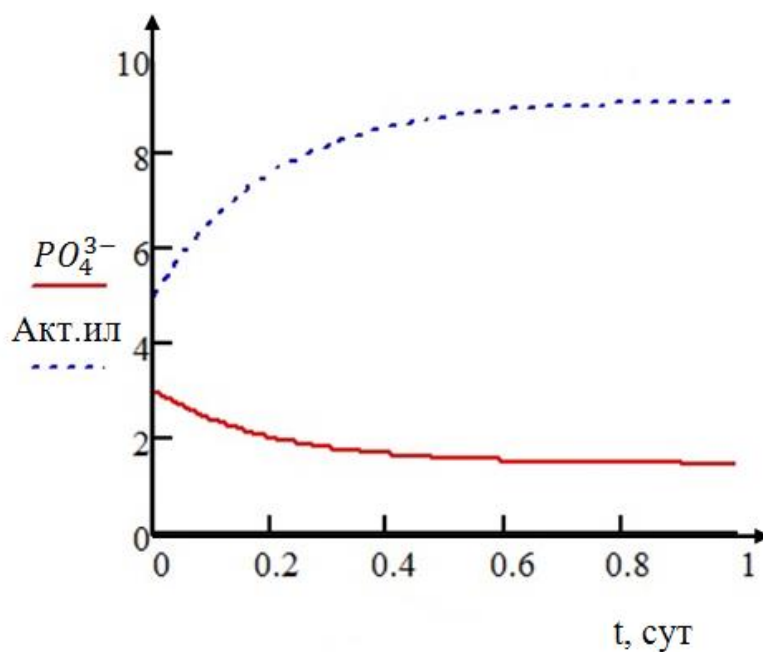


Рисунок 2.14 – Зависимость концентраций фосфатов и биомассы активного ила от времени

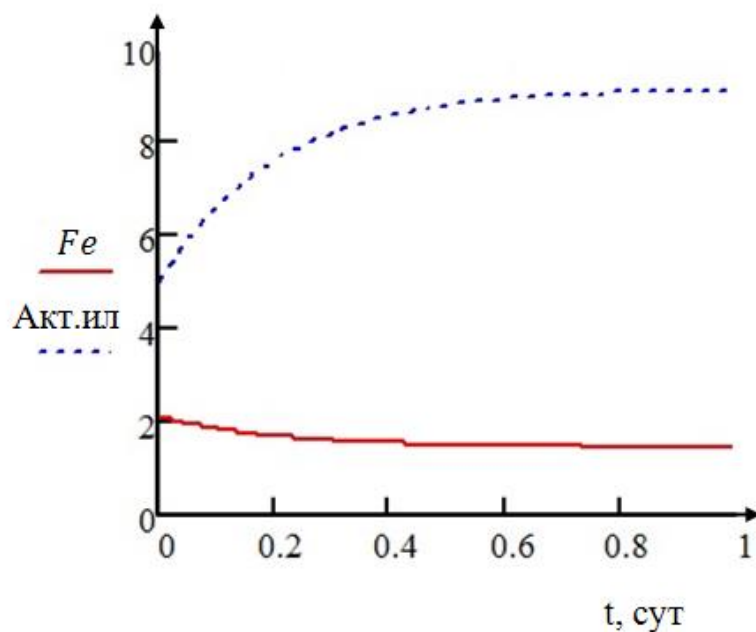


Рисунок 2.15 – Зависимость концентраций общего железа и биомассы активного ила от времени

В данной главе разработана модель, отражающая динамику процессов биохимического окисления. С её помощью можно выявлять отклонения концентраций загрязняющих веществ в стоках, поступающих на очистку, не допуская критических значений, при которых биоценоз активного ила может быть подвергнут губительному воздействию токсичных веществ или пострадать от недопустимо высокой нагрузки. В результате таких процессов биомасса активного ила деградирует, могут возникнуть крайне нежелательные процессы вспухания и выноса активного ила, вследствие чего значительно ухудшается качество сточных вод на выходе, общая эффективность очистки.

Чтобы не допустить появления описанных процессов крайне важно отслеживать и регулировать концентрацию загрязняющих веществ на входе в очистные сооружения, приостанавливать впуск воды при наличии отклонений состава и параметров стоков, которые могут появиться вследствие залповых сбросов вод предприятий-абонентов, увеличении количества стоков из-за изменения технологического процесса какого-либо производства или какой-либо поломке оборудования.

2.6 Практическое использование математической модели при очистке сточных вод

Для более эффективной работы модели необходимо разработать алгоритм автоматизации системы очистки стоков.

При наличии датчиков, отслеживающих состав и параметры стоков на входе в очистные сооружения предприятия, появляется возможность регулировать выпуск воды, наличие превышений загрязняющих веществ в которой может негативно повлиять на биоценоз активного ила. Оборудованием для устранения возможных отклонений параметров поступающей на очистку воды может служить дополнительный резервуар для разбавления стоков, способный выравнивать концентрации загрязнений и температурные параметры до необходимых значений.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Низкая эффективность очистки производственных и коммунальных сточных вод подвергает риску как естественный биоценоз водоема, куда производится сброс стоков, так и жизнь, и здоровье населения, проживающего в районе сброса или около него. Страдают гидробионты, наземные обитатели флоры и фауны и, конечно же, сам человек, деградирует экосистема в целом. Чтобы свести к минимуму негативные последствия, необходимо совершенствовать системы очистки и вовремя устранять неполадки.

На основе анализа существующего технологического процесса очистки стоков в цехе водоснабжения и водоочистки ЗАО «Тольяттисинтез» были выявлены проблемы обеспечения требуемого качества очистки и предложена математическая модель процесса биологической очистки, позволяющая регулировать процессы вспухания активного ила.

Предложенная в работе модель позволяет улучшить качество очистки воды, решая проблему вспухания и выноса ила из вторичных отстойников, что позволит стабильно очищать сточную воду до требуемых показателей.

Таким образом, актуальность исследуемой проблемы доказана, поставленные задачи выполнены, цель дипломного проекта достигнута.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Алексеев, Л. С. Контроль качества воды. - М.: ИНФРА-М, 2004.
2. Алиева Р.М., Илялетдинова А.Н. Реализация экологического принципа в микробиологической очистке сточных вод. Изв. АН СССР. 1986, № 4.
3. Архипченко И.А. Микробиологические аспекты очистки сточных вод. Известия АН СССР, Сер. Биол. 1983, № 4.
4. Беляев. А.Б. Биотехнология. М., 1984.
5. Бодров В.И., Попов Н.С., Арзамасцев А.А. Определение гидродинамической структуры водных объектов в нестационарных условиях // Химия и технология воды. 1984. Т. 6. № 5.
6. Вавилин В.А. Время оборота биомассы и деструкция органических веществ в системах биологической очистки. М., Наука, 1986.
7. Вавилин В.А., Васильев В.Б. Математическое моделирование процессов биологической очистки сточных вод активным илом. М.: Наука, 1978.
8. Варваров В.В., Брындина Л.В., Ильина Н.М. Биологическая очистка сточных вод. Экология и безопасность жизнедеятельности, 1996, № 1.
9. Гляденов С.Н. Очистка производственных и поверхностных сточных вод / Экология и промышленность России. – 2001. – № 8.
10. Гляденов С.Н. Очистка сточных вод: традиции и новации / Экология и промышленность России. – 2001. – № 2.
11. Голубовская Э.К. Биологические очистки сточных вод. М.: Высшая школа, 1978.
12. Гринин, А. С. Математическое моделирование в экологии : учеб. пособие для вузов / А. С. Гринин, Н. А. Орехов, В. Н. Новиков. - М. : ЮНИТИ- ДА-НА, 2003. - 269 с. : ил.; 21 см. - (Oikos). Библиогр.: с. 269 (18 назв.).- ISBN 5-283-00440-0 : 94.00.
13. Громов Б.В. Строение бактерий. Учебное пособие. Л., Изд-во ЛГУ, 1985.

14. Громов Б.В., Павленко Г.В. Экология бактерий. Учебное пособие. Л., Изд-во ЛГУ. 1989.
15. Гюнтер Л.И. Влияние технологических параметров работы аэротенков на формирование биоценозов и биохимические характеристики активного ила. Научн.тр. Академии коммун, хозяйства им. К.Д. Памфилова, 1976.
16. Гюнтер Л.И. Рост и развитие гетерогенной популяции микроорганизмов активного ила в процессе очистки сточных вод. Научн.тр. Академии коммун, хозяйства им. К.Д. Памфилова, 1974.
17. Данилович Д.А., Козлов М.Н., Мойжес (Харькина) О.В., Шотина К.В. Технологические мероприятия эксплуатации сооружений биологической очистки в аварийных и экстремальных условиях: Сб. статей и публикаций / МГУП Мосводоканал. М., 2008.
18. Дворецкий Д.С., Дворецкий С.И., Муратова Е.И., Ермаков А.А. Компьютерное моделирование биотехнологических процессов и систем. Тамбов: Изво Тамб. гос. ун-та. 2005.
19. Денисов А.А. Повышение эффективности и надежности биологической очистки сточных вод. М. ВНИИТЭИАгропром, 1989.
20. Документация цеха водоснабжения и водоочистки ЗАО «Гольяттисинтез».
21. Емельянов, А.Г.: Основы природопользования. - М.: Академия, 2011.
22. Жмур Н.С. Технологические и биохимические процессы очистки сточных вод на сооружениях с аэротенками. М.:Акварос, 2003.
23. Жмур Н.С. Управление процессом и контроль результата очистки сточных вод на сооружениях с аэротенками. М.:Луч, 1997.
24. Каинума М., Харасава Х., Найто М. О выборе структуры процесса очистки сточных вод // Канке гидзюцу. 1986. Т. 15. № 10.
25. Карелин А.Я., Жуков Д.Д., Журов В.Н., Репин Б.Н. Очистка производственных сточных вод в аэротенках. М., Стройиздат, 1983.
26. Кафаров В.В., Винаров А.Ю., Гордеев Л.С. Моделирование и системный анализ биохимических производств. М.: Лесная промышленность, 1985.

27. Кириллов, А. Н. Моделирование динамики малого предприятия и оптимальная схема кредитования / А. Н. Кириллов, Н. В. Смирнов // Ученые записки Петрозаводского государственного университета. Сер. «Естественные и технические науки». — 2012.
28. Кичигин В.И. Водоотводящие системы промышленных предприятий. Учебное пособие. – М.: Издательство АСВ, 2011. - 656 с. ISBN 978-5-93093-761.
29. Козлов М.Н., Харьковина О.В., Пахомов А.Н., Стрельцов С.А., Хамидов М.Г., Ершов Б.А., Белов Н.А. Опыт эксплуатации сооружений биологической очистки сточных вод от соединений азота и фосфора // Водоснабжение и санитарная техника. 2010. № 10. Ч. 1.
30. Малыгин Е.Н., Немтинов В.А. Автоматизированное проектирование на основе системного подхода // Экология и промышленность России. 2001.
31. Малыгин Е.Н., Немтинов В.А., Егоров С.Я. Автоматизированный синтез сооружений биохимической очистки сточных вод // Теоретические основы химической технологии. 2002.
32. Мамаева Н.В. Изменения состава и численности организмов активного ила в зависимости от условий очистки сточных вод. В сб.ст «Простейшие активного ила». Л., Наука, 1983.
33. Марчук Г.И. Математическое моделирование в проблеме окружающей среды. М.: Наука, 1982.
34. Мойжес О.В., Шотина К.В. / Динамическое моделирование - перспективный подход к проектированию сооружений биологической очистки сточных вод. Экология и промышленность России. 2009. № 2.
35. Мурыгина В.П. Роль нитчатых микроорганизмов в процессах пенообразования на сооружениях очистки сточных вод / В.П. Мурыгина, С.В. Калюжный // Успехи современной биологии. – 2004. – Т. 124, № 1.
36. Найденко В.В., Кулакова А.П., Скирдов И.В. Методы оптимального проектирования систем очистки сточных вод // Водоснабжение и санитарная техника. 1984.

37. Нечаев А.П., Славинский А.С. и др. Интенсификация доочистки биологически очищенных сточных вод. Водоснабжение и санитарная техника – М.: «Наука», 1991г.
38. Огольцов И.И., Шеваль В.В. / Особенности компьютерного моделирования автоматизированных комплексов очистки сточной воды / Справочник. Инженерный журнал с приложением. Издательский дом "Спектр". – 2010. - №8.
39. Понкратова С.А., Сироткин А.С., Нуруллина Е.Н., Ипполитов К.Г., Имитационный комплекс для управления очистными сооружениями в системах экологического мониторинга. – Математические методы в технике и технологиях: Сборник трудов XV Международной научной конференции, Тамбов, 2002.
40. Попов Н.С., Немтинов В.А. Система автоматической аварийной защиты и управления станцией биохимической очистки сточных вод // Автоматизация и роботизация химических производств: Межвузовский сб. науч. тр. М., 1989.
41. Попов Н.С., Немтинов В.А., Мокрозуб В.Г. Методика автоматизированного моделирования процессов самоочищения реки с малым расходом воды в условиях неопределенности // Химическая промышленность. 1992.
42. Попов Н.С., Немтинов В.А., Толстых С.С. Методика идентификации математической модели реки с малым расходом для целей прогноза // Охрана от загрязнения сточными водами водоемов бассейнов внутренних морей: Тез. докл. Всесоюз. конф. Тбилиси, 1987.
43. Попов Н.С., Толстых С.С. Расчет аэротенков с рассредоточенной подачей воды и рециркуляцией активного ила / Тамб. ин-т хим. машиностр. Тамбов, 1985. 36 с. Деп. в ИНИИТЭХИМ 20.06.85, № 613 XII-85 Деп.
44. Родзиллер И.Д. Прогноз качества воды водоемов – приемников сточных вод. М.: Стройиздат, 1984.
45. ПАО «СИБУР Холдинг». [Электронный ресурс] <http://www.sibur.ru> [Дата обращения 28.03.2016].
46. Сироткин А.С., Понкратова С.А., Шулаев М.В., Современные технологические концепции аэробной биологической очистки сточных вод. - Казань: КГТУ, 2002.

47. Смирнов Д.И., Дмитриев А.С. Автоматизация процесса очистки сточных вод химической промышленности. М.: Химия, 1972.
48. Смирнов, Н. В. Математическое моделирование процесса биологической очистки сточных вод / Н. В. Смирнов // Ярославский педагогический вестник. Сер. «Естественные науки». — 2012. —Т. 3, № 3.
49. Фирсов А.И. Формирование и очистка поверхностных стоков промышленных предприятий / Вода и экология. Проблемы и решения. – 2002.
50. Цыганов С.П., Тарасенко Н.Ф. и др. Динамика численности микроорганизмов активного ила при аэробной биологической очистке сточных вод. Микробиологический журнал, 1985.
51. Чернобережский Ю.М. Основы микробиологии и химии воды. М., Наука, 1988.
52. Шевцов В.Н., Верещагина Л.М. Особенности расчета производительности очистных сооружений поверхностных сточных вод / Водоснабжение и санитарная техника. – 2006.
53. Щетинин А. И. Особенности моделирования процессов биологической очистки при помощи имитационной программы «ЭкоСим»: Сб. докл. «ЭТЭВК–2001». – Ялта, 2001.
54. Щетинин А. И., Реготун А. А. Определение возможного качества очистки сточных вод активным илом при помощи программы «ЭкоСим» // Водоснабжение и сан. техника. 2000. № 12, ч. 2.
55. Щетинин А.И. Особенности реконструкции городских очистных сооружений канализации в настоящий период / Вода и экология. Проблемы и решения. № 2 / 2002.
56. Яковлев С.В. Биохимические процессы в очистке сточных вод / С.В. Яковлев, Т.А.Карюхина. – М.: Стройиздат, 1980.
57. Яковлев С.В., Воронов Ю.В. Водоотведение и очистка сточных вод. - М.: АСВ, 2004 – 704 с.; ISBN 5-93093-119-4.
58. Malygin E., Nemtinov V., Nemtinova Yu. Construction Principles of the System for Solving Industrial

59. Painter H.A. A review of literature on inorganic nitrogen metabolism in microorganism // Water Res.1970. N 4.
60. Anderson H.M., Edwarg R.W. A finite differing scheme for the dynamic simulation of continuous sedimentation // AIChE Symposium Sers. Water-80. 1980. V. 77. N 209.
61. Cristensen M.H. Biological denitrification of sewage: A literature review // Progr. Wat. Tech.,Pergamon Press. 1977. V. 8. N 4/5.
62. Ecology Problems // Transactions of the Tambov State Technical University. 2001. V. 7. N 2.
63. Grigorieva. V., Khalov E. N. Optimal control of a waste water cleaning plant // Eighth Mississippi State – UAB Conference on Differential Equations and Computational, Simulations. Electronic Journal of Differential lEquations, Conf. 19. 2010.
64. Henze M., Guer W., Matsuo T., Van Loosdrecht M. Activated Sludge Models ASM1, ASM2, ASM2d and ASM3 // Scientific and Technical Reports. IWA Publishing, London, UK. 2000.

ПРИЛОЖЕНИЕ

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Таблица А.1 - Регламент поиска

Предмет поиска(тема, объект, его составные части)	Цель поиска информации(для решения технической проблемы или обеспечение каких показателей)	Страна поиска	Классификационные индексы		Ретроспективность	Наименование источников информации, по которым проводится поиск
			УДК	МПК(МКИ, НКИ, МКПО)		
1	2	3	4	5	6	7
Способ подавления вспухания активного ила	Выбор метода борьбы с вспуханием активного ила, улучшения его седиментационных свойств	РФ(СССР)	628.355.2	C02F3/00	35 лет	Открытые базы данных ФИПС и реферативные журналы, espatent

Таблица А.2 - Справка о поиске. Поиск проведения по следующим материалам

Предмет поиска(объект, его составные части)	Страна поиска(начиная с СССР)	Классификационные индексы	По фонду какой организации проведен поиск (ГПНТБ, ВПТБ, ТПФ, отраслевой фонд, фонд организаций)	Источники информации	
				Научно-техническая документация, наименование, дата публикации, выходные данные с указанием предела просмотра «от и до»	Патентная документация, наименование патентного бюллетеня, журналов, охранных документов, номера и даты их публикации с указанием пределов «от и до»
1	2	3	4	5	6
Подавление вспухания активного ила	РФ	МПК C02F3/34, C02F3/12 УДК 628.355.2	ВПТБ	Нет сведений	2078738, 10.05.1997
Подавление вспухания активного ила	РФ	МПК C02F3/34, C02F3/12 УДК 628.355.2	ВПТБ	Нет сведений	2078738, 10.05.1997
Подавление вспухания активного ила	СССР	МПК C02F 3/32, C02F 3/34 УДК 628.356(088.8)	ВПТБ	Нет сведений	3852317, 07.07.1986. Бюл.№25
Способ биологической очистки сточных вод	СССР	МПК C02F 3/32 УДК 628.355.2	ВПТБ	Нет сведений	3472205, 07.12.1983
Подавление вспухания активного ила	СССР	МПК C12N1/20, C02F 3/34 УДК 628.355.2	ВПТБ	Нет сведений	4304574/13, 10.04.1998

Таблица А.3 - Патентная информация, отобранная для последующего анализа

Предмет поиска(объект, его составные части)	Страна выдачи, вид и номер охранного документа, классификационный индекс	Заявитель с указанием страны, номер заявки, дата приоритета, конвенционный приоритет, дата публикации	Сущность заявленного технического решения и цели его создания(по описанию изобретения или опубликованной заявке)	Сведения о действии охранного документа или причина аннулирования
1	2	3	4	5
<p>Подавление вспухания активного ила</p>	<p>РФ Заявка: 94028293/13</p>	<p>РФ Жмур Н.С., Лапшин</p>	<p>С целью подавления вспухания, создаются максимально благоприятные условия для жизнедеятельности антагонистов нитчатых бактерий путем одновременной установки в аэротенках смешанной системы аэрации, объемных конструкций-носителей биомассы и обработки активного ила нитрозоалкилмочевинной. Аэротенки оснащаются смешанной системой аэрации в пропорции 60% мелкопузырчатой, 40% среднепузырчатой. Носители биомассы устанавливаются в количестве, обеспечивающем увеличение концентрации активного ила в 1, 5-2 раза от имеющейся. Активный ил в количестве 0,0001-0,0002% от общего содержания в аэротенках обрабатывается нитрозоалкилмочевинной в концентрации 0,04-0,08% в течение 3-4 часов, подращивается 10-12 часов на разбавленных сточных водах, повторно обрабатывается парааминобензойной кислотой в концентрации 0,05-0,07% и подращивается 3-5 часов, после него вносится в аэротенк в зоне поступления возвратного активного ила.</p>	<p>нет сведений</p>

Продолжение таблицы А.3

1	2	3	4	5
<p>Подавление вспухания ак- тивного ила</p>	<p>СССР Ваявка: 1058900 МПК: C02F3/34</p>	<p>СССР Макеева Е.Н., Горемыкина Л.Ф., Шлыгина Г.С. Номер заявки: 3852317 Дата публикации: 07.07.1986</p>	<p>Способ осуществляется путем введения микроорганизмов. С целью повышения степени подавления и экономичности процесса в качестве микроорганизмов используют илистых червей Aelosoma, которых вводят во вспухающий ил с активным илом, в котором они выращены. Массовое соотношение вспухающего активного ила и активного ила, содержащего илистых червей Aelosoma от 3:1 до 2:1. Соотношение 2:1 является оптимальным, т.к. при указанном соотношении иловый индекс снижается в 4,6 раза, при соотношении 3:1 – в 1,5 раза.</p>	<p>нет сведений</p>
<p>Способ биоло- гической очист- ки сточных вод</p>	<p>СССР Ваявка: 3472205 МПК: C02F 3/32</p>	<p>СССР Гырыгина Г.И., Винников А.И., Бабенко Ю.С. Номер заявки: 3472205 Дата публикации: 07.12.1983</p>	<p>Способ включает отстаивание сточных вод в первичных отстойниках, обработку активным илом при аэрации в аэротенках с последующим отделением воды от осадка. С целью повышения эффективности процесса путем повышения минерализующей способности активного ила и предотвращения его вспухания в аэротенки вводят биомассу бактерий рода Achromobacter штамм 182.</p>	<p>нет сведений</p>
<p>Подавление вспухания ак- тивного ила</p>	<p>СССР Ваявка: 4304574/13 МПК: C12N 1/20, C02F 3/34</p>	<p>СССР Якушева О. И, Ворожейкин А. П, Наумов А. В, Боронин А. М, Гугушева Х. Б, Зарипова С. К, Номер заявки: : 4304574/13 Дата публикации: 10.04.1998</p>	<p>Изобретение относится к микробиологической промышленности и касается нового штамма бактерий, который может быть использован для биологической очистки сточных вод нефтехимических производств. Цель изобретения - штамм бактерий Rhodococcus Sp., способный повышать эффективность очистки сточных вод за счет улучшения структурных и седиментационных свойств активного ила и устойчивый к токсическим загрязнениям производств нефтехимического синтеза.</p>	<p>нет сведений</p>

