



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра метеорологии, экологии и природопользования

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА**  
(бакалаврская работа)  
по направлению подготовки 05.03.06 Экология и природопользование  
(квалификация – бакалавр)

На тему «Анализ эффективности очистки сточных вод от иловых осадков»

Исполнитель Меденцева Кристина Александровна

Руководитель к.с.-х.н., доцент Цай Светлана Николаевна

«К защите допускаю»

Заведующий кафедрой

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

Цай Светлана Николаевна

«24» января 2023 г.

Филиал Российского государственного гидрометеорологического университета в г. Туапсе	
НОРМОКОНТРОЛЬ ПРОЙДЕН	
«18» 01 2023 г.	
ПОДПИСЬ	РАСШИФРОВКА ПОДПИСИ

Туапсе

2023

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	3
1 Характеристика сточных вод их состав и свойства.....	5
1.1 Виды и классификация осадков .....	5
1.2 Химический состав иловых осадков сточных вод.....	11
2 Динамика химического состава примесей сточных вод и их иловых осадков.....	17
2.1 Химико-биологический анализ примесей сточных вод.....	17
2.2 Результаты оценки воздействия иловых площадок и их содержания на окружающую среду.....	23
3 Эффективность некоторых видов методов очистки иловых осадков .....	28
3.1 Методы обработки осадков сточных вод.....	28
3.2 Определение эффективности метода пиролиза .....	39
Заключение .....	48
Список использованной литературы.....	50

## Введение

Одной из основных проблем на современном этапе развития человеческого общества является проблема охраны природы от загрязнений и рационального использования природных ресурсов.

Защита водных ресурсов от истощения и загрязнения и их разумного использования для нужд народного хозяйства - одна из наиболее важных задач, требующих безотлагательного решения.

Одним из активно осваиваемых источников воды для технических нужд на сегодняшний день являются поверхностные сточные воды, которые образуются в селитебных зонах и на площадках промышленных предприятий в результате выпадения атмосферных осадков, полива и уборки территории.

Состав поверхностного стока с территории предприятия определяется характером производства и может содержать вредные примеси от органических соединений до тяжелых металлов, которые могут нанести непоправимый ущерб не только человеку, но и производственному оборудованию.

Водным законодательством РФ запрещается сбрасывать в водные объекты неочищенные до установленных нормативов дождевые, талые и поливочные воды, так как попадание неочищенного поверхностного стока в водные объекты приводит к деградации водоемов. Поступление поверхностных вод, не прошедших очистку на локальных очистных сооружениях, в городской коллектор способствует загрязнению канализационной сети и уменьшению ее проходимости, что неизбежно повлияет на увеличение числа аварийных ситуаций. Сброс данных вод в городские канализационные сети также регулируется законодательством [14, с. 17].

Внедрение системы очистки поверхностных стоков на промышленном предприятии позволит использовать их на производственные нужды, для сокращения водопотребления на полив зеленых насаждений и уборку территории, подпитку обратной системы водоснабжения и пополнение пожарных резервуаров. Таким образом, реализация данного экологического

проекта является наиболее целесообразным решением, позволяющим существенно снизить уровень негативного воздействия на окружающую среду и затраты на природоохранные мероприятия.

Актуальность проблемы заключается в том, что стоки с площадок городских территорий и предприятий природопользования, являются одним из интенсивных источников загрязнения окружающей среды, которые должны найти вторичное их применение или сокращение до минимума.

Объект исследования – иловые осадки сточных вод

Предмет исследования – характеристика химического состава и примесей сточных вод

Цель исследования — изучение видов сточных вод и оценка современных методов очистки сточных вод

Для достижения поставленной цели необходимо решить ряд задач:

- дать комплексную характеристику понятия сточных вод;
- изучить взаимосвязь химического состава примесей сточных вод и их иловых осадков;
- обобщить результаты исследования оценки воздействия иловых площадок и их содержания на окружающую среду;
- дать оценку различным системам очистки сточных вод предприятия;
- провести анализ эффективности современных методов очистки и возможности их использования на практике.

# 1 Характеристика сточных вод их состав и свойства

## 1.1 Виды и классификация осадков

Сточные воды это растворенные загрязненные вещества, образовавшиеся на различных очистных сооружениях, которые в конечном итоге после определенной обработки превращаются в густой осадок.

По своему агрегатному состоянию они представляют собой комплекс органических веществ отличающихся по химическому и минеральному составу различного происхождения, и естественно образуются в процессе их механической, биологической или физико-химической очистки (реагентной) с объемной концентрацией полидисперсной твердой фазы от 0,5 до 10% (рисунок 1.1).

По химическому составу осадки делят на [3, с. 47]:

минеральные (песок, глинистые частицы, масла, кислоты, щелочи, соли и т.п.);

органические – с зольностью менее 10% (бытовые отходы, фекалии, растительные масла, нефтепродукты, волокна растений и т.п.);

смеси органических и минеральных веществ, зольность изменяется от 10 до 60%.

Рисунок 1.1 - Основной фракционный состав иловых осадков сточных вод

Характерным фактом оказывается, незначительное различие между загрязнителями сточных вод и образовавшегося осадка, за исключением более высокой концентрации этих веществ и их структуры, что напрямую связано с их обезвоживанием. Потому что это осадок с решеток, песколовков, из

первичных отстойников, и содержат избыточный активный ил или избыточную биопленку, после реагентной обработки воды и др.).

В зависимости от технологической схемы очистки сточных вод, можно выделить несколько видов осадков, показанных на рисунке 1.2 [13, с. 31]:



Рисунок 1.2 — Виды иловых осадков образующиеся от условий формирования

В зависимости от условий формирования и особенностей отделения различают осадки первичные и вторичные.

К первичным относятся грубодисперсные примеси, которые находятся в твердой фазе и выделены из воды соответствующими методами. Это фракции после первичных методов очистки, в частности: процеживания, седиментации, фильтрации, флотации, осаждения в центробежной функции.

Последующие примеси это частицы мелкодисперсные в виде молекул и ионов и других коллоидов, образовавшиеся после биологической или физико-

химической очистки воды и представляют собой максимально твердую фазу. Общая классификация осадков приведена в таблице 1.1.

Таблица 1.1 — Классификация осадков сточных вод [8, с. 73]

Группа	Типы осадков		Источники образования осадки		Гранулометрический состав, %
Первичные осадки					
I	Осадки (отбросы)	грубые	Решетки, сита		Частицы более 10 мм – 93%, менее 10 мм – 7%
II	Осадки тяжелые		Песколовка		Размеры частиц 0,5–3 мм
III	Осадки плавающие		Жироловки	Отстойники	
IV	Осадки сырые после механической очистки		Отстойники первичные, осветлители		Частицы более 7–10 мм – 5–10%, 7–9 – 33%, менее 1 мм – 50–88%
Вторичные осадки					
V	Активный ил		Вторичные отстойники после аэротенков, биофильтров,		Частицы менее 1 мм – 98%, 1–3 – 1,5–1,8%, более 3 мм – 0,4–0,6%
VI	Осадки сброженные, прошедшие обработку в анаэробных и в аэробных стабилизаторах		Мегантенки, осветлители-перегиватели, септики		Частицы менее 1 мм – 85%, более 1 мм – 15%
			Аэробные анализаторы	Стабилизаторы	Частицы размером менее 1 мм – 98–98,5%; 1–3 мм – 1,2–1,6%; более 3 мм – 0,1–3%
VII	Уплотненные осадки, сгущенные до влажности 90–98%		Уплотнители: термогравитационные, флотационные, сепараторы		Частицы размером менее: 0,15 мм – 90%, 0,15–1 мм – 10%
VIII	Осадки сгущенные до влажности 80–40%		Иловые площадки, вакуум-фильтры, центрифуги, фильтрпрессы и т.д.		
IX	Осадки сухие, после термической сушки до влажности 5–40%		Сушилки: барабанные, вальцовые, склящим слоем, встречными струями		-

Методы обработки, объемы, состав и свойства осадков из первичных и вторичных отстойников зависят от вида, количества и состава очищаемых на очистных сооружениях сточных вод (бытовых, производственных, дождевых).

Более подробный анализ грубых отбросов указывает на то, что крупные — это большей частью взвешенные и плавающие вещества, преимущественно органического происхождения: содержащие бумаги – 68,5%, тряпок – 26,6%, дерева, соломы – 2,0%, кухонных отбросов – 2,7%, костей – 0,3% [25, с.55].

Количество отбросов на решетках с прозорами 16 мм составляет на 8 л/чел. год – при влажности 80% и объемной массе 750 кг/м<sup>3</sup>.

Эта категория осадков по нынешним условиям прессуются в пресс-транспортерах, и в герметичных контейнерах вывозится на утилизацию. Последующие действия зависят от конечной цели ее предназначения, зачастую после метантенков, и пиролизных установок, вместе с другими осадками отправляют на компостирование для получения различных удобрений.

Объем задерживаемого песка – 0,02–0,03 л/сут., объемная масса – 1,5 т/м<sup>3</sup>, влажность 60%.

Осадки плавающие, задерживаемые жироловками или всплывающие в отстойниках. Количество 2 л/год при влажности 60% и объемной массе 0,6 т/м<sup>3</sup>.

Осадки сырые задерживаются первичными отстойниками. В бытовых сточных водах эти осадки представляют собой студенистую, вязкую суспензию с кисловатым запахом, не утратившую еще своей структуры. Органические вещества в них составляют 75–80% и быстро загнивают, издавая неприятный запах. В осадках встречаются различные бактерии (рисунок 1.3).

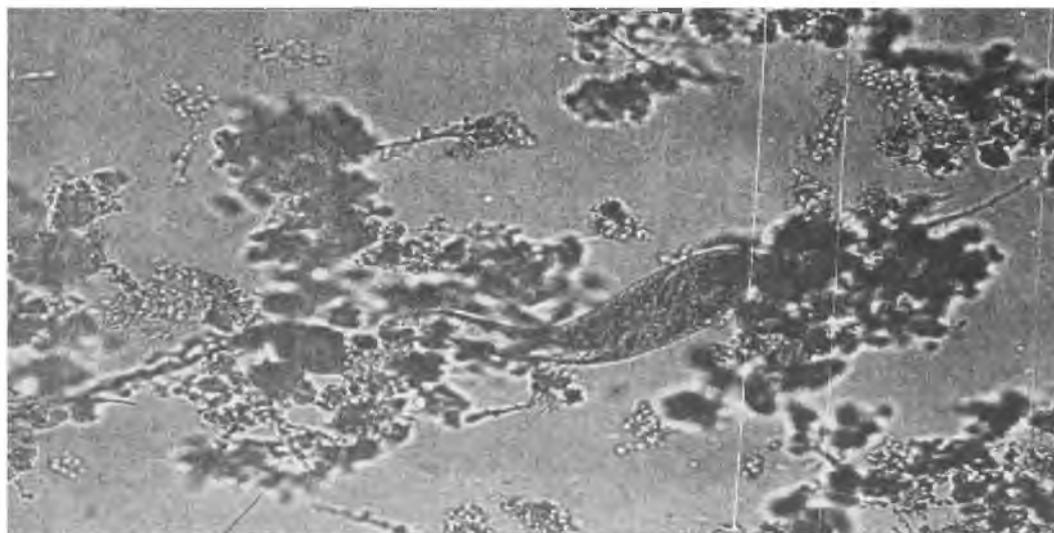


Рисунок 1.3 — Биологический вид в осадке

Влажность осадка при самотечном удалении после двухчасового отстаивания принимается 95–96%, а при удалении из отстойника плунжерными насосами – 94–95% [8, с. 81].

Установлено что в основном большинстве случаев, состав осадков из первичных отстойников отличается видимой неоднородностью. В частности

они сильно разнятся по размерам отдельных частиц от 10 мм и более до частиц коллоидной и молекулярной дисперсности.

По механическому составу активный ил относится к тонким суспензиям и состоит на 98% по массе из частиц размерами меньше 1мм. Влажность активного ила, выгружаемого из вторичных отстойников после аэротенка, составляет 99,2–99,6%, после биофильтров – 96–96,5% [8, с. 81].

Активный ил, уплотненный в илоуплотнителях вертикального типа, имеет среднюю влажность 98%, радиального типа – 97%, флотационного уплотнителя – от 96 до 97%, термогравитационного уплотнителя – от 95 до 96%, других специальных уплотнителей – до 90% [8, с. 82].

Осадки сброженные в метантенках, двухъярусных отстойниках и других сооружениях анаэробного сбраживания, приобретают почти черный или темно-серый цвет, т.е. ближе к почве, выделяют запах сургуча или асфальта, характеризуются образованием газа (метан) и относительно высокой влажностью до 93% - 97% [16, с. 31].

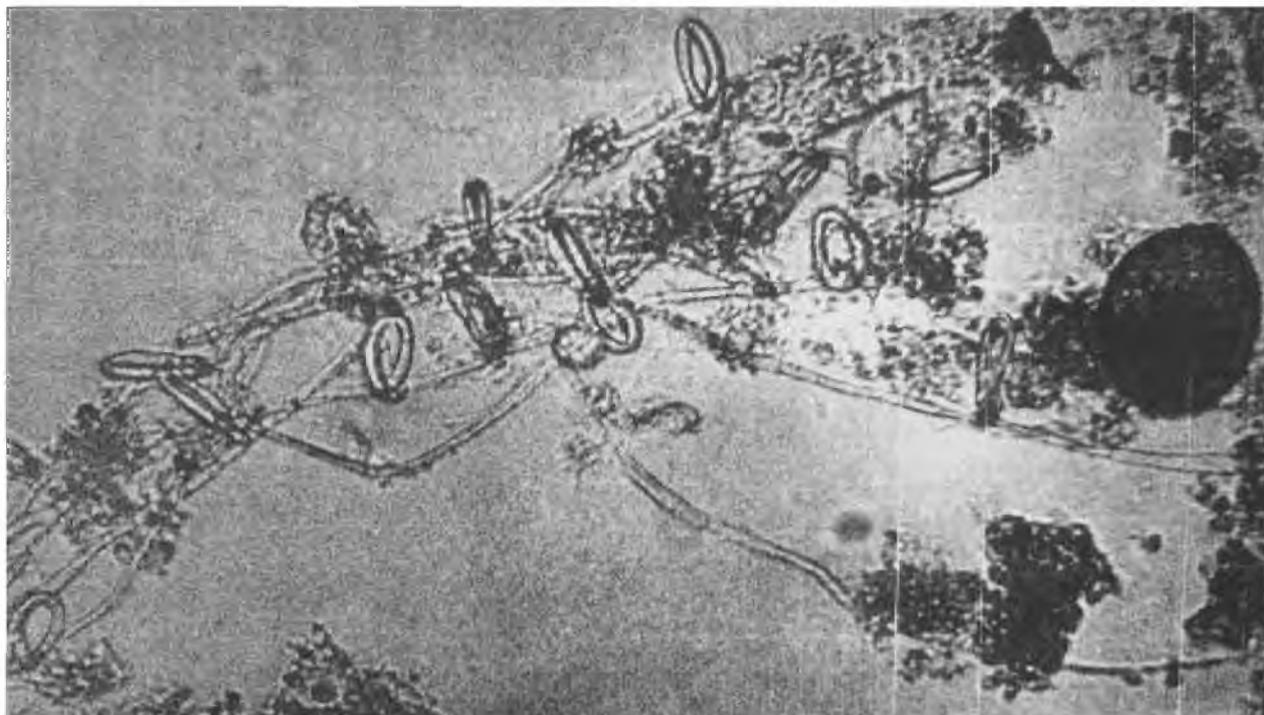


Рисунок 1.4 — Хищные грибы с ловчими петлями

Затем при уплотнении осадков в отстойниках на протяжении 5–15 ч сохраняется влажность до 96–98%. В этих осадках встречаются дрожжевые и

плесневые грибы, простейшие; из патогенных бактерий – возбудители желудочно-кишечных и других заболеваний, яйца гельминтов и т.д. В этой связи они опасны в санитарно-эпидемиологическом отношении и требуют обеззараживания.

Нельзя оставлять без внимания, что зачастую осадки содержат канцерогенные и токсичные вещества, соли тяжелых металлов, синтетические ПАВ.

Обособленное место в этой характеристике представляют осадки производственных сточных вод которые можно разделить: на инертные и токсичные, стабильные и нестабильные (загнивающие).

Следующая особенность их отнесения к определенному классу опирается на факторы и степени воздействия на окружающую среду, при котором рассматривают четыре класса осадков в процессе очистки производственных сточных вод на промышленных предприятиях (рисунок 1.5) [10, с.26].

Токсические нестабильные органические и минеральные осадки наиболее опасны для окружающей среды, так как они имеют бинарное отрицательное воздействие на биосферу.

Токсичные стабильные минеральные осадки, твердая фаза которых отличается высокой активностью в биологическом отношении (токсичной) и тем, что даже в малых количествах создает определенную опасность для биологических объектов окружающей среды.

Инертные нестабильные органические осадки отличаются умеренной токсичностью, состоят преимущественно, легко поддающихся различным биохимическим пре вращением в биосфере, обычно загниванию.

Инертные стабильные минеральные осадки – это увлажненная твердая фаза, содержащая нетоксические (инертные) минеральные вещества, служат питательным материалом для гнилостных микроорганизмов.

Рисунок 1.5 — Классы опасности осадков

С точки зрения источника образования, внешнего вида и консистенции

подразделяют на четыре класса токсичности и по степени опасности: чрезвычайно опасные, высокоопасные, умеренно опасные, малоопасные.

Кроме того, зачастую рассматривается классификация опасности химических веществ в водной и воздушной среде на основе ПДК, а в почве по расчетному индексу токсичности.

Однако, отнесение их к конкретной классификации не может быть однозначной, потому, что многие производственные технологии несовершенны и, соответственно, состав сточных вод и их осадки гораздо сложнее. Как правило, они разнообразны по качественному составу и представляют собой смесь веществ различных классов.

Сталкиваясь на практике с подобного рода фактами, при выборе способов обработки и особенно утилизации таких осадков, встречаются определенные трудности. Естественно, чем больше разнородных по происхождению компонентов, тем сложнее выбрать технологии разделения взаимосвязанных продуктов.

## 1.2 Химический состав иловых осадков сточных вод

Шлам и осадок сырой с первичных отстойников хозяйственно-бытовых сточных вод и избыточный активный ил промышленных сточных вод утилизируются на иловых площадках.

Иловые площадки являются наиболее распространенным методом утилизации отработанного активного ила. Основная часть сооружения — спланированные участки земли (площадки), окруженные земляными валами, по которым проходят иловые желоба для подачи осадка.

Сырой осадок из отстойников периодически накапливается небольшим слоем на иловых площадках (рисунок 1.6) и подсушивается, в результате чего содержание воды в нём уменьшается на 20—25%, он приобретает структуру влажной земли [19, с. 54].

К сожалению, огромные территории пригодных для других целей

площадей оказываются занятыми под иловыми осадками городских сточных вод после механической и биологической обработки.



Рисунок 1.4 – Иловые карты очистных сооружений

С определенной периодичностью их погружают на автотранспорт или вагонетку и вывозят на полигоны или на дальнейшую переработку, состав которого после первичного отстойника приведен в таблице 1.2.

Таблица 1.2 — Состав илового осадка и шлама [19, с. 59]

<u>Наименование</u>	<u>% масс</u>	<u>мг на 1 кг</u>
<u>Биомасса</u>	22,36	223600
<u>Вода</u>	76	760000
<u>Непредельные углеводороды</u>	0,5	5000
<u>Ca</u>	0,5	5000
<u>Fe</u>	0,1	1000
<u>Mg</u>	0,07	700
<u>Al</u>	0,03	300
<u>Pb</u>	0,08	800
<u>Ni</u>	0,08	800
<u>Mg</u>	0,003	30
<u>Cu</u>	0,002	20
<u>Cr обш</u>	0,0006	6
<u>P обш</u>	0,07	700
<u>Ti</u>	0,057	570
<u>NH<sub>3</sub> по азоту</u>	0,144	1440

По данным таблицы 1.2 иловый осадок содержит большое количество биомассы, по сути это большей частью патогенная микрофлора, представленная болезнетворными вирусами, кишечными палочками и палочками Коха, а также дурно пахнущие вещества. Угрозу создают поступления в грунтовые и поверхностные воды, в почву токсичных органических соединений и соединений тяжелых металлов (таблица 1.3).

Таблица 1.3 – Физические показатели илового осадка и шлама [19, с. 62]

Наименование	Значение
Агрегатное состояние	Пастообразный
Растворимость	Не растворим
Летучесть	Не летуч
Плотность	1,1 г/см <sup>3</sup>
<u>Пожароопасность</u>	<u>Пожароопасен</u>
Класс опасности	4

Способ утилизации илового осадка путем накопления его на иловых картах, является опасным, так как негативно влияет на окружающую среду. В связи с этим, существует острая необходимость в разработке и применении новых способов и методов подготовки полигонов, а так же эффективного решения для утилизации иловых осадков.

Таблица 1.4 — Общий химический состав осадков, % к сухому веществу

Типы осадков	Зола	<u>Альфа-целлюлоза</u>	<u>Гемми-целлюлоза</u>	Белки, гумматы*	Жиры	<u>Общий азот</u>	<u>Фосфор</u>
Первичные сырые	15-35	5,5-5	5-7	15-21	18-26	3,2-3,8	1,4-2,5
<u>Первичные сброженные в метантенках:</u>							
- <u>мезоф. процесс</u>	28-40	2,8-9	5,8-9	35	7,6-99	3-4,3	2,4-4,8
- <u>термоф. процесс</u>	40-42	1,6	6,0	28		3,8	4,9
<u>Активный или из вторичных отстойников после аэротенков</u>	25-30	0,8-2	2,6-2,2	30-35	7,11-14	7,3-6,8	5,4

Химический состав минеральной части осадков представляет собой окислы металлов и металлоидов, а также оксид кремния (таблица 1.5).

Таблица 1.5 — Химический состав минеральной части осадков, % к абсолютно сухому веществу

Наименование окислов	Содержание окислов, % по типам осадков		
	из первичных отстойников	активный ил	сброженная смесь осадка первичных отстойников и активного ила
SiO <sub>2</sub>	8,4-55,9	7,6-33,8	27,3-35,7
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,3-18,9	7,3-26,9	8,7-9,3
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3,0-13,9	7,2-18,7	11,4-13,6
CaO	11,8-35,9	8,9-16,7	12,5-15,6
MgO	2,1-4,3	1,4-11,4	1,5-3,6
K <sub>2</sub> O	0,7-3,4	0,8-3,9	1,8-2,8
Na <sub>2</sub> O	0,8-4,2	1,9-8,3	2,6-4,7
SO <sub>3</sub>	1,8-7,5	1,5-6,8	3,0-7,2
ZnO	0,1-0,6	0,2-0,3	0,1-0,3
CuO	0,1-0,8	0,1-0,2	0,2-0,3
NiO	0,2-2,9	0,2-3,4	0,2-1,0
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,8-3,1	0,0-2,4	1,3-1,9

Наибольший объем (около 60 %) в осадках занимают окислы кремния, алюминия, кальция и железа.

В сырых осадках в основном присутствуют белковые вещества, а в сброженных — гуминовые соединения показатели которых даны в таблице 1.6.

Основная часть сухого вещества осадка из первичных отстойников (в среднем 60–75%) и активного ила (в среднем 70–75%) составляют органические вещества.

Органическая часть активного ила в основном состоит из веществ белкового происхождения (до 50%) при содержании жиров и углеводов, соответственно, до 30–10%.

В сыром осадке из первичных отстойников белков примерно в 2 раза меньше, а углеводов в 2,5–3 раза больше, чем в активном иле. Здесь содержится 90–99% влаги, которая состоит из свободной, коллоидно-связанной и

гигроскопической воды.

Таблица 1.6 — Показатели осадков станций очистки городских сточных вод

Вид осадка	Количество осадка на 1 чел. в сутки		Влажность, %	Зольность сухого вещества, %	Удельное сопротивление $\times 10^{-10}$ см/т
	по сух. веществ у, г	по объему влажного осадка, л			
Отбросы с решеток	4-6	0,02	70-80	7-8	-
Песок из песколовки	3	0,02	60	80-90	-
Сырой осадок первичных отстойников	25-40	0,5-0,8	93-95	15-30	50-500
Сброженный осадок первичных отстойников в мезофильных условиях	30	0,4-0,7	93-96	28-40	350-1800
Сырой активный ил (уплотненный)	20-32	0,7-1,1	97	25-30	150-5000
Сброженный в мезофильных условиях активный ил	15-25	0,3-0,6	94-96	35-40	2300
Смесь осадка первичных отстойников и активного ила (уплотненного)	45-70	0,6-2,3	93-97	20-30	200-1200
То же, сброженный в мезофильных условиях	30-45	0,4-2,2	92-98	35-40	1200-1600
То же, в термофильных условиях	30-45	0,75-1,5	96-97	40	1400-10000
Аэробно стабилизированный активный ил (уплотн.)	15-25	0,3-0,6	97	30-35	4000-6000

Органика разлагается с выделением, а твердые частицы удаляются при сушке на машинах под определенным давлением, доводя до обезвоживания.

Коллоидно-связанная вода, к сожалению, может быть удалена только при довольно высоких температурах.

Что касается химически связанной воды (всего 4–10% от всей массы), то она испаряется только при сжигании осадка.

Состав химически вредных веществ в сухом остатке представлен на рисунке 1.5.

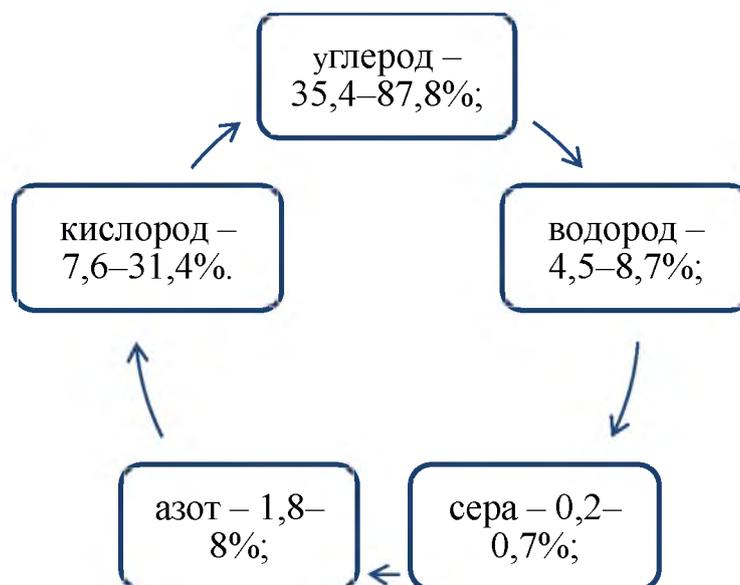


Рисунок 1.5 — Состав сухого осадка

На водоотдачу осадков также влияет гранулометрический состав осадков, т.е. зависит от размера частиц их твердой фазы.

Чем мельче частицы, тем хуже водоотдача осадков. Искусственное или естественное изменение состава и свойств осадков приводит к изменению их водоотдачи. Поскольку состав очищаемых сточных вод различен, то и водоотдача осадков различна для разных очистных станций.

## 2 Динамика химического состава примесей сточных вод и их иловых осадков

### 2.1 Химико-биологический анализ примесей сточных вод

Согласно статистическим данным в России на 100 млн. городского населения, по теоретическим подсчетам, образуется сточных вод в виде осадков около 4,4 млн. тонн в год (по сухому веществу) [12, с.27].

Надо понимать, что для экологически безопасного их хранения требуется значительные финансовые вложения, а, самое главное, необходимы свободные производственные площади (рисунок 2.1).



Рисунок 2. 1 — Аэротэнки с иловым осадком

Определенную сложность дальнейшего обращения с этими образованиями, создает неоднородность их консистенции и структуры, хотя

установлено . что при отстаивании в аэротэнках, могут образовываться осадки двух видов (рисунок 2.2).

зернистые, частицы которых имеют более или менее гладкую поверхность, выпадают на дно независимо друг от друга с постоянной скоростью и представляет собой, главным образом, примеси минерального происхождения (песок, угольная пыль и рудничный шлам);

хлопьевидные частицы, имеющие слизистую поверхность, по мере выпадения соединяются друг с другом. Хлопьевидный осадок содержит большое количество воды и органических веществ животного и растительного происхождения.

Рисунок 2.2 — Виды осадков после отстаивания

Существуют строго установленные нормативы, в частности обезвоживание осадка в течение 2 ч при пересчете на сухое вещество должно быть не более — 40 г.

Кроме того, размеры не должны превышать 0,1—0,001 мкм, а по составу это органика из белков, жиров и углеводов, и продуктов физиологической переработки.

Есть нормы концентраций минеральных веществ: азота аммонийных солей — 8 г, хлоридов—9 г, фосфатов—3,3 г., мг/л, что касается сточных вод играет важную роль показатели уровня разбавления водой: чем выше норма водоотведения, тем ниже концентрация [21, с.55].

В связи с широким применением в различных отраслях радиоактивных веществ появились сточные воды, которые содержат радиоактивные примеси. Большая или меньшая степень опасности этих вод зависит от природы радиоактивных элементов и их концентрации.

Для санитарно-химического анализа при анализе состава и оценке

качества очистки применяются следующие параметры (рисунок 2.3).

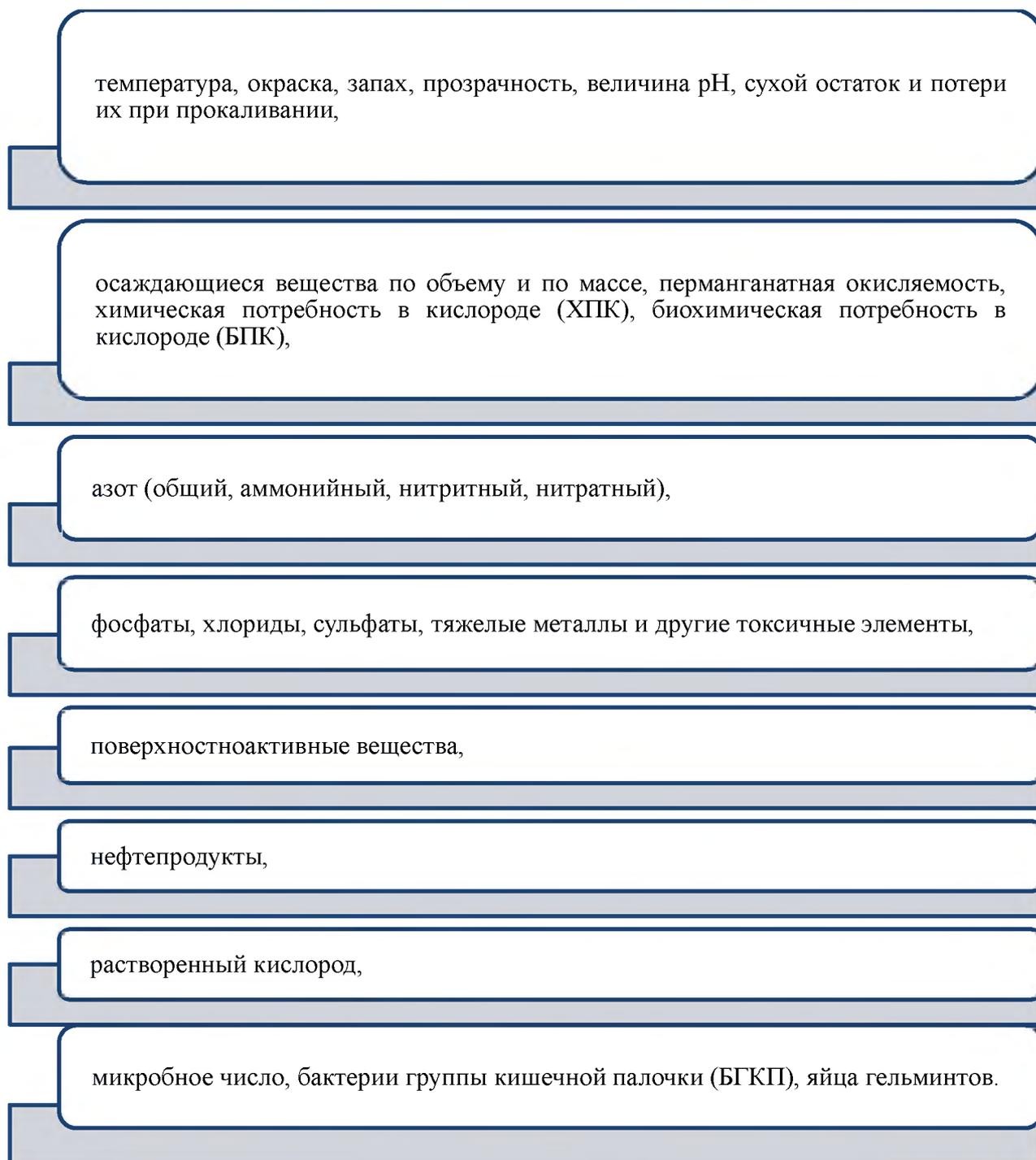


Рисунок 2.3 — Основные показатели анализа илового осадка

Характер содержания примесей, сильно меняется от времени отбора. И вообще, в иные дни недели максимум превышает в разы значения минимумов.

В примесях, как правило, встречается многообразие бактерий.

Особую опасность представляют биологические виды микробов и бактерий к которым следует применять особые технологии очистки от них.

Особенность состава активного ила (рисунок 2.4 – 2.5), что он преимущественно состоит из множества микроорганизмов. причем отличаются они по многим параметрам: как по численности так и по биологическим видам: *Vorticella campanula*, *Vorticella microstoma*, *Colpidium*, *Coleps*, *Arcella*, *Ciliata* и др.

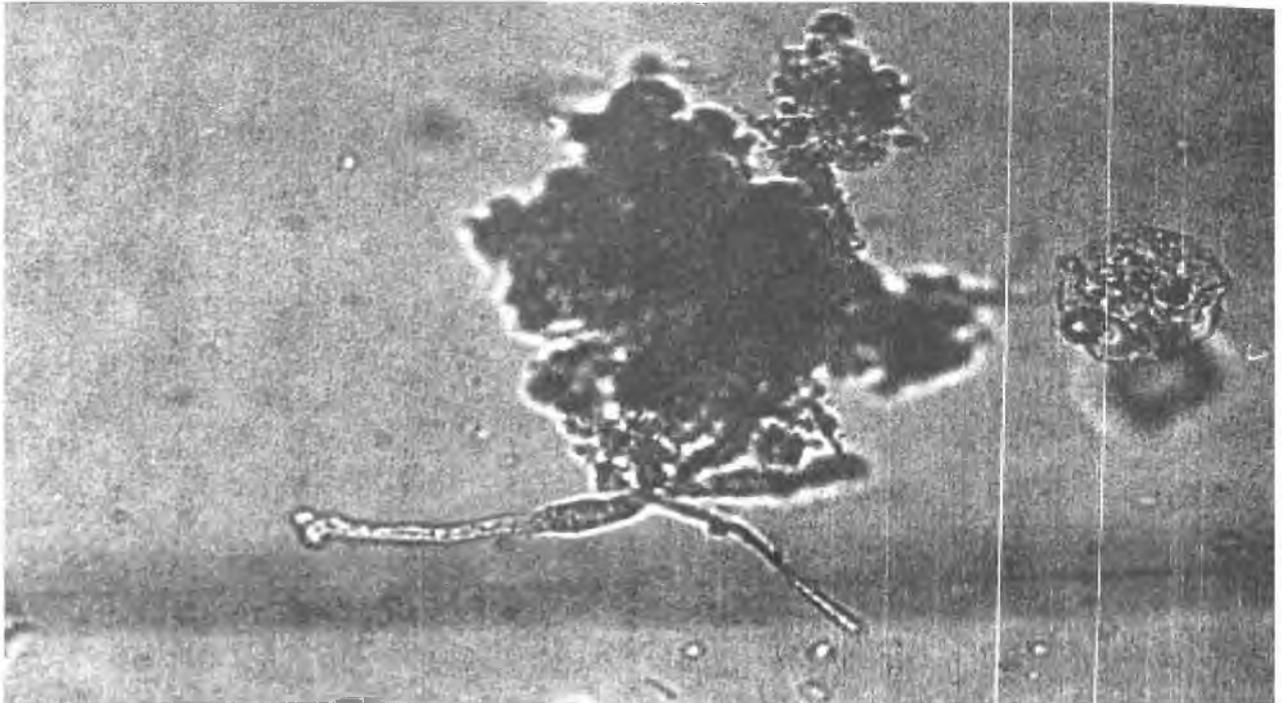


Рисунок 2.4 — Ciliata в иловых осадках [1, с. 16]

 <i>Lepidomitus lacteus</i>	 1. <i>Hexamitus fissus</i> 2. <i>Rotifer vulgaris</i>	 <i>Tobifox rivularum</i>	 <i>Chironomus thummi</i>	 <i>Eristalis lenax</i>	 1. <i>Zoeoglea ramigera</i> 2. <i>Oscillatoria lenax</i>	 1. <i>Oscillatoria giricaps</i> 2. <i>Ohermidium autumnale</i>	 1. <i>Cyclotella meneghiniana</i> 2. <i>Chlamydomonas debaryana</i> 3. <i>Navicula crylocephala</i>	 <i>Navicula rhynchocephala</i>	 <i>Hantzlia amphioxys</i>	 <i>Astasia klebsii</i>
 <i>Euglena viridis</i>	 <i>Stratiomys chamaelon</i>	 <i>Cleidium citrinus</i>	 <i>Cryptomonas erosa</i>	 <i>Petomyxa paradoxa</i>	 <i>Anthoaghyssa vegalans</i>	 <i>Sphaerium carneum</i>	 <i>Sphaerium carneum</i>	 <i>Vorticella campanula</i>	 <i>Cladophora glomerata</i>	 <i>Coleps hirtus</i>
 <i>Loxophyllum fasciculatum</i>	 <i>Paramaecium aurelia</i>	 <i>Stentor raeseli</i>	 <i>Aspidisca lunceus</i>	 <i>Halteria grandinella</i>	 <i>Dinuglia pyriformis</i>	 <i>Mallomonas akrodesmus</i>	 <i>Phacus longicauda</i>	 <i>Scenedesmus quadricauda</i>	 <i>Scenedesmus acuminatus</i>	 <i>Aekistrodesmus taicalis</i>
 <i>Podiatrum simplex</i>	 <i>Padiatum duplex</i>	 <i>Ceratum birundinella</i>	 <i>Peridinium aciculiferum</i>	 <i>Glenodinium oculatum</i>	 <i>Rholosphenella curvata</i>	 <i>Surirella lineata</i>	 <i>Spirigra elongatum</i>	 <i>Ulothrix zonata</i>	 <i>Dileptus anser</i>	 <i>Strobilidium gyrans</i>
 <i>Tetracyclus braunii</i>	 <i>Ulothrix limnetica</i>	 <i>Rivularia bacmatites</i>	 <i>Anagropila sauteri</i>	 <i>Pinnularia borealis</i>	 <i>Tetracyclus braunii</i>	 <i>Cyclotella bodanica</i>	 <i>Surirella spiralis</i>	 <i>Diploida frequentsissima</i>	 <i>Opbydium versatile</i>	 <i>Vorticella similis</i>

Рисунок 2.5 — Биоценоз активного ила [2, с. 18]

Бактерии в осадках в зависимости от сезона года варьирует по видам. Численность *Vorticella campanula* в течение года варьирует в пределах от 1 балла до 4 (рисунок 2.6), что составляет в количественном соотношении 1-40 особей в  $0,1\text{см}^3$  пробы с максимумом в феврале и сентябре, минимумом в мае-июле.

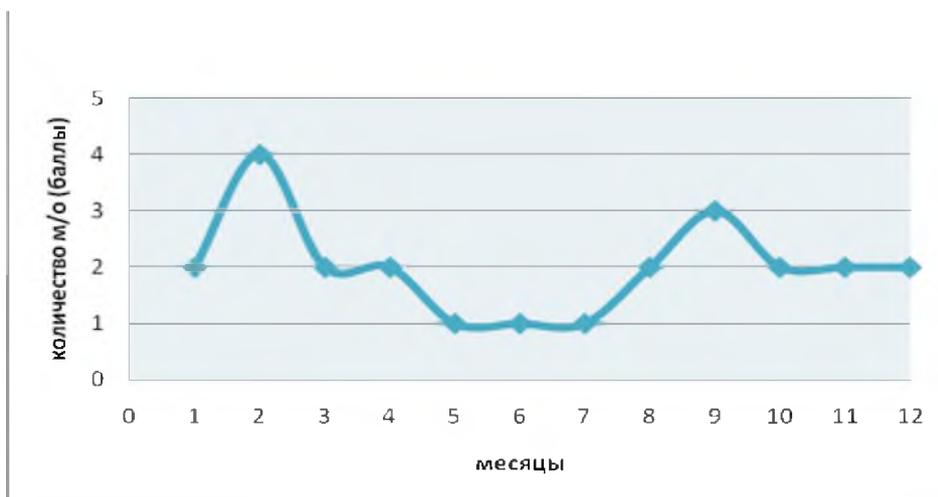


Рисунок 2.6 — Годовая динамика численности *Vorticella campanula*

Связано это, надо полагать, с недогруженностью ила и низкими температурными значениями в холодные месяцы года. Например, виды *Vorticella microstoma* варьирует в пределах от 1 до 3 баллов или 1-20 особей в  $0,1\text{ см}^3$  пробы с максимумом в феврале и сентябре, минимумом в апреле, июне и июле (рисунок 2.7).

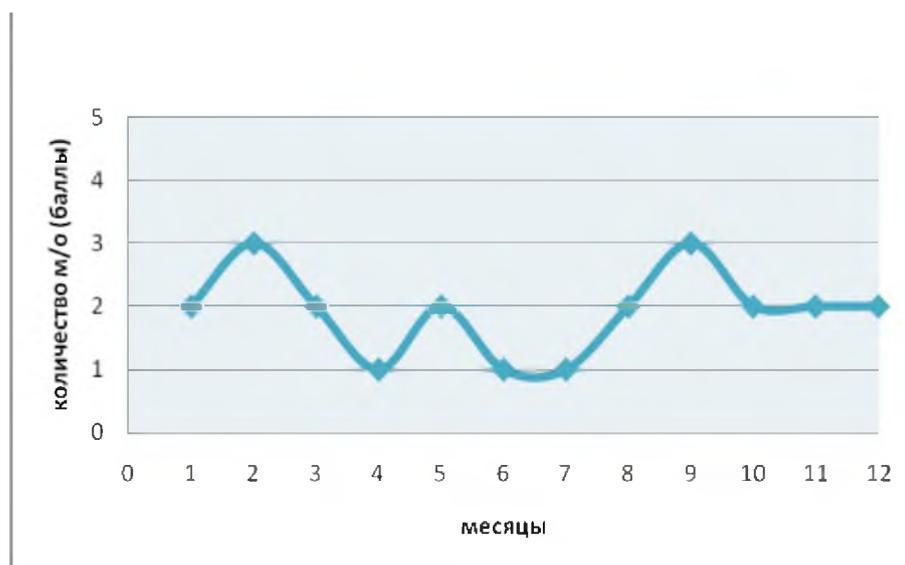


Рисунок 2.7 — Годовая динамика численности *Vorticella microstoma*

Следует заметить, что ценность этого вида обусловлена его индикаторными способностями, увеличение его в массе происходит при перегруженности ила.

Содержание рода *Coleps* в течение года колеблется очень сильно в пределах от 0 до 3 баллов 0-20 особей в 0,1см<sup>3</sup> пробы с максимумом в июне и сентябре, минимумом в апреле, июне (рисунок 2.8).

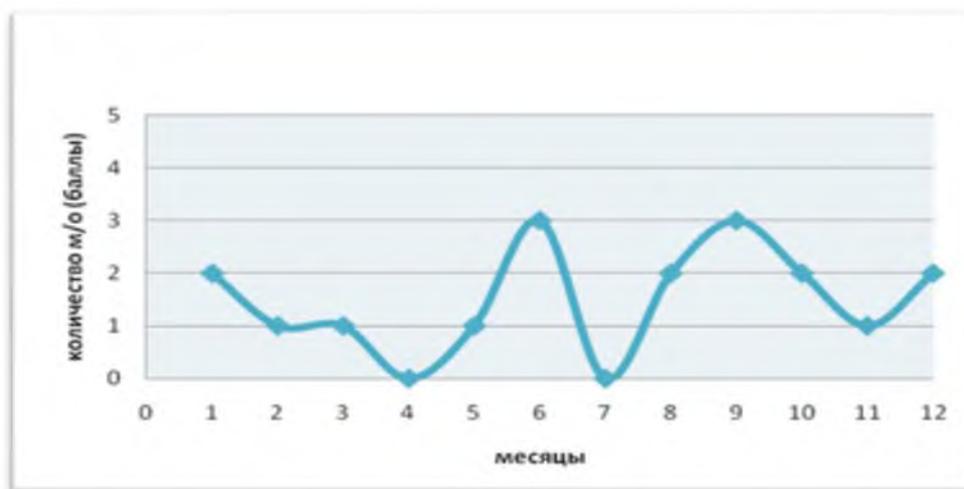


Рисунок 2.8 — Годовая динамика численности рода *Coleps*

Ученые биологи полагают, что будучи узкоспециализированным хищником, особи его могут увеличиваться с увеличением конкретных видов бактерий (рисунок 2.9).

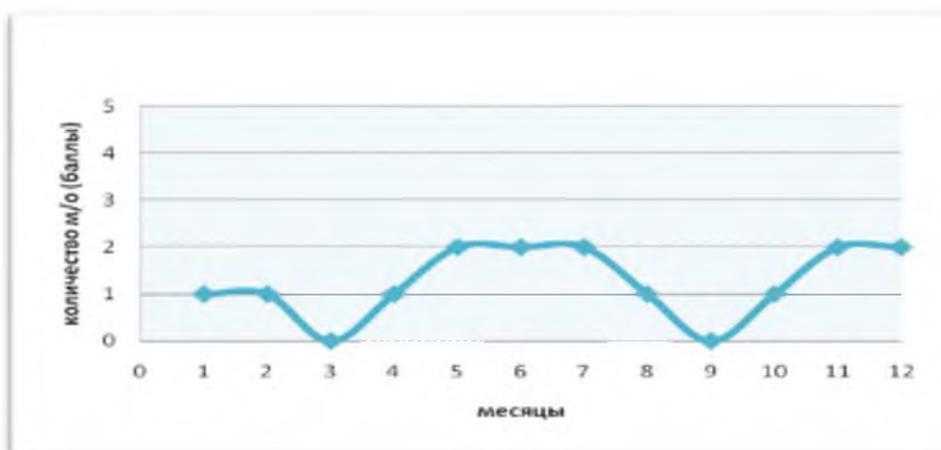


Рисунок 2.9 — Годовая динамика численности рода *Colpidium*

В отличие от всех остальных род *Colpidium*, имеет возможность

размножаться только при относительно высоких температурах, поэтому число их в холодный период незначителен от 0-10 особей в 0,1см<sup>3</sup> пробы с максимумом с мая по июль, минимумом — в холодный период года.

Численность рода Arcella в течение года варьирует в пределах от 1 до 4 баллов (рисунок 2.10), что составляет в количественном соотношении 1-100 особей в 0,1см<sup>3</sup> пробы с максимумом в марте и апреле.

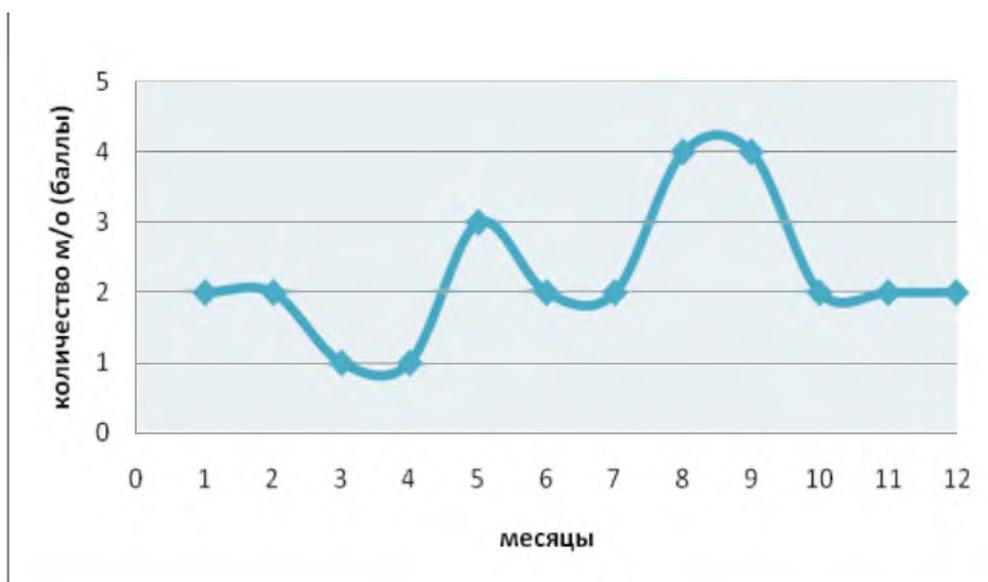


Рисунок 2.10 — Годовая динамика численности рода Arcella

На состояние очистки очистных сооружениях существенным образом влияет температура активного ила. рН колеблется в незначительной степени.

## 2.2 Результаты оценки воздействия иловых площадок и их содержания на окружающую среду

Фильтрат с иловых площадок, проходя через толщу отходов, обогащается токсичными веществами, входящими в состав отходов или являющимися продуктами их разложения (тяжелыми металлами, органическими, неорганическими соединениями).

В связи с эти можно говорить об экологических рисках. Анализ экологических рисков при использовании иловых площадок представлен на рисунке 2.11.

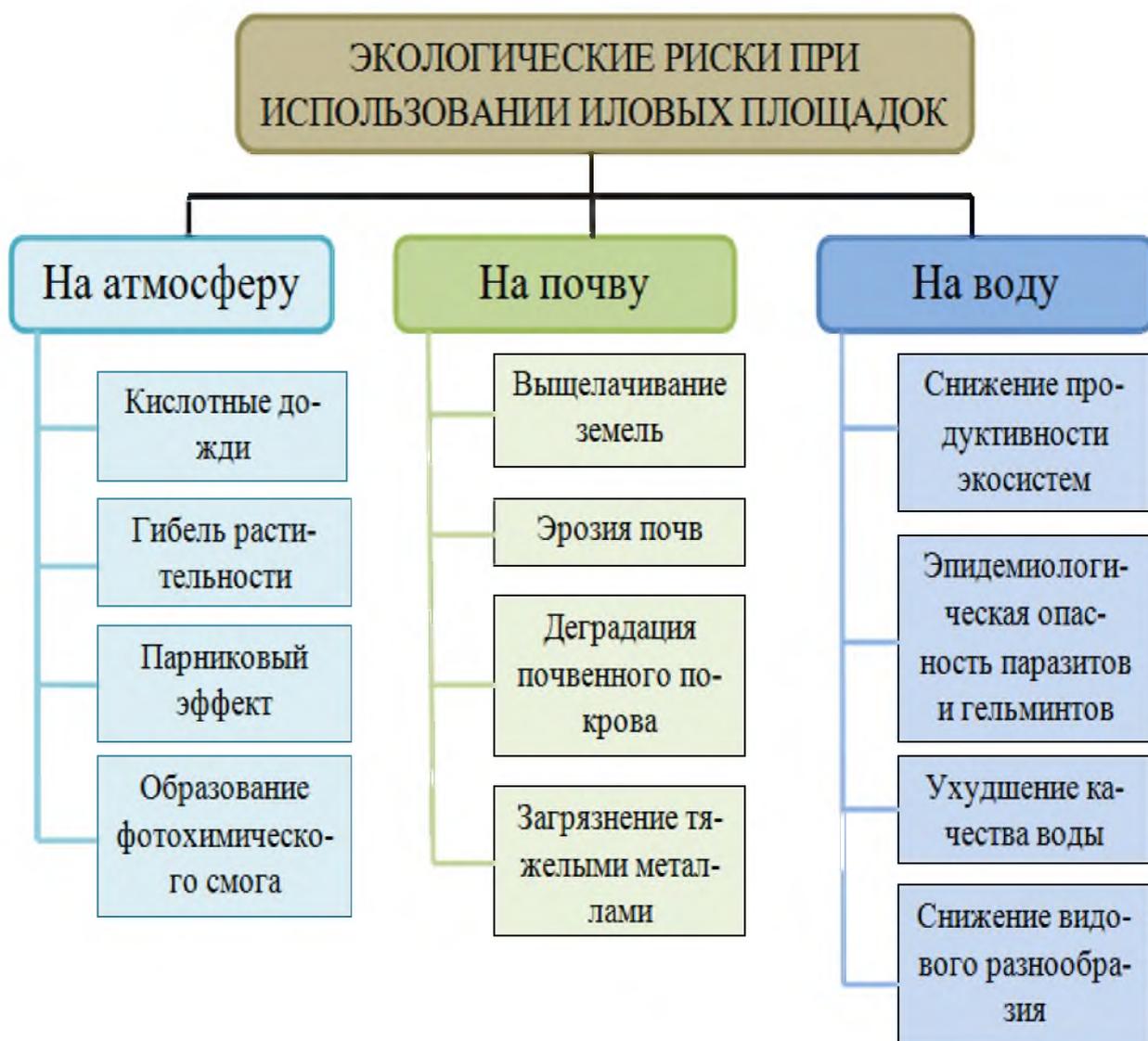


Рисунок 2.11 — Экологические риски при использовании иловых площадок [4, с.113]

В связи с изменением законодательства в процессе водопользования и водоотведения в последние годы возникли проблемы по утилизации осадков сточных вод.

На свалках, сооруженных без соблюдения правил охраны окружающей среды (не имеющих противодиффузионного экрана, системы отвода и очистки фильтрата), фильтрат свободно стекает по рельефу, попадает в почву, грунтовые и подземные воды [17, с.8].

Особую опасность для растений, а потом по цепочке для животных и человека вызывают накопившиеся в почве тяжелые металлы (таблица 2.1).

Таблица 2.1 — Воздействие тяжёлых металлов на человека и окружающую среду

Элемент	Воздействие на человека	Воздействие на окружающую среду
Медь	Хронический избыток меди приводит к замедлению и остановке роста, гемолизу и снижению гемоглобина в крови, к нарушению тканей в почках, печени, мозге. Быстро выводится из организма.	Вызывает токсичность в окружающей среде.
Никель	Попадая в организм ингаляционным путем в виде Ni(CO) <sub>4</sub> , никель может вызвать тяжелые последствия, откладываясь в легких, почках, мочевом пузыре, сердечной мышце. Они могут быть канцерогенными, зафиксированы случаи повышения риска раковых заболеваний дыхательных путей.	Ограничивает перераспределения железа от корней к верхушкам растения, вызывающее хлороз.
Свинец	Главной мишенью свинцового токсикоза является кроветворная инервная системы. Период полувыведения а из организма составляет 10-20 лет.	Доза свинца, равная 100 мг/кг сухого веса корма, считается летальной для животных.
Цинк	Неприятный вкус цинка в воде чувствуется при его концентрации 15 мг/л, а очень заметен он при 40 мг/л. В целом цинк малоопасен для человека, а наиболее тяжелое отравление наблюдается, когда его поступление в организм сопровождается другим токсичным элементом – кадмием	Цинк подавляет жизнедеятельность микроорганизмов, и нарушает процессы образования органического вещества в почвах.
Марганец	Токсической дозой для человека считается 40 мг марганца в день, летальная доза - не установлена. При избытке может развиваться тяжелые нарушения психики, в том числе галлюцинации – «марганцевое безумие».	Подавляет метаболизм железа и кальция, вызывая видимые признаки недостатка этих элементов.
Кадмий	Известен, как токсичный элемент. Обладает высокой растворимостью в воде, особенно при слабокислой ре акции среды. Биологический период полувыведения кадмия составляет около 20 лет. Токсичное действие металла проявляется уже при очень низких концентрациях, и отражается на многочисленных органах, включая легкие, сердце, печень, почки	Вызывает торможение фотосинтеза. Кадмий для человека более токсичен, чем для растений

Естественно, это зависит от уровня его содержания. Чем его больше, тем гораздо проблемнее. Высокий уровень накопления его в организме, вызывает снижение активности ферментов, что не исключает негативные последствия для здоровья в целом.

Так, избыток меди и ее соединений отличается очень сильным токсическим действием на все живые организмы. Совершенно не случайно, что ПДК его мизерное — до 0,001 мг/л.

Для определения концентрации меди были приготовлены растворы, изображенные на рисунке 2.11.



Рисунок 2.11 – Анализируемые растворы

На основании полученных данных оптической плотности был построен градуировочный график (рисунок 2.12).

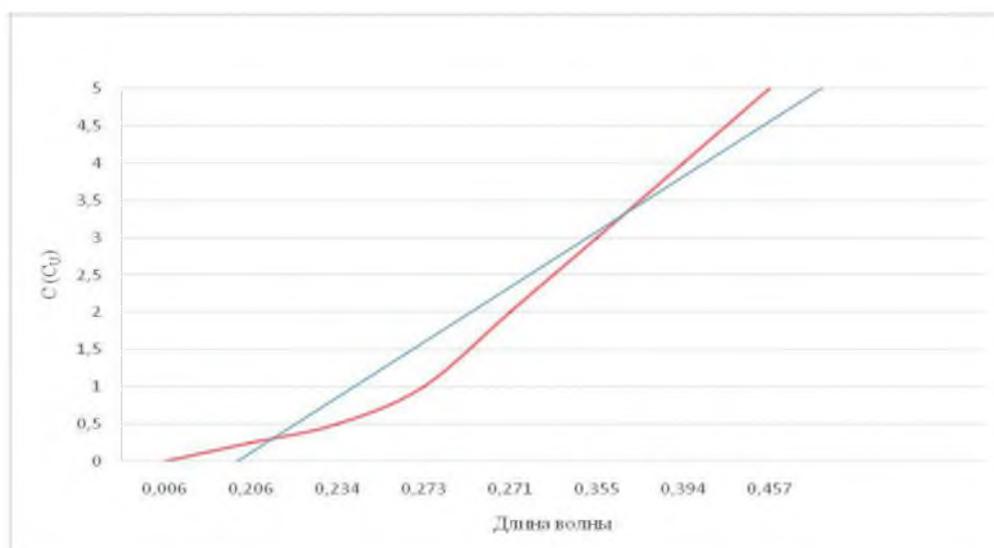


Рисунок 2.12 – Градуировочный график зависимости оптической плотности от концентрации меди

Количество меди в воде равняется 0,002 мг/дм<sup>3</sup>. В результате

лабораторные исследований были подтверждены превышения содержания меди в очищенных сточных вода.

В таблице 2.2 представлены результаты лабораторных исследований пробы сырого осадка.

Таблица 2.2 — Результат лабораторных исследований

№ п/п	Определяемые показатели	Результаты испытаний, мг/кг
1	Нефтепродукты	18500,0±4625,0
2	Медь	181,0±45,0
3	Цинк	820,0±164,0
4	Никель	69,0±21,0
5	Фосфор	<25,0
6	Калий	410,0±41,0
7	Хром	48,0±14,0
8	Свинец	18,8±5,6
9	Кадмий	<0,50
10	Ртуть	0,54±0,13
11	Мышьяк	2,2±1,3
12	Марганец	1450,0±290,0

В таблице 2.3 представлены результаты лабораторных исследований пробы илового осадка, взятой с иловых карт.

Таблица 2.3 – Результат лабораторных исследований пробы илового осадка

п/п	Определяемый показатель	Результат измерений, мг/кг
1	Медь	165,0±41,0
2	Цинк	523,0±105,0
3	Никель	73,0±22,0
4	Фосфор	<25,0
5	Калий	784,0±78,0
6	Хром	43,0±13,0
7	Свинец	21,2±6,4
8	Кадмий	2,0±0,7
9	Ртуть	0,45±0,11
10	Мышьяк	0,46±0,27

Определенный интерес к иловым осадкам в сточных водах вызван установлением факта возможности после дополнительной очистки, применения их в зависимости от их химического состава в сельско-хозяйственном производстве в виде удобрений.

### 3 Эффективность некоторых видов методов очистки иловых осадков

#### 3.1 Методы обработки осадков сточных вод

На городские очистные сооружения наиболее часто встречаются: азот аммонийный, азот нитритный, азот нитратный, фосфаты (по Р), СПАВ, в соответствии с этими показателями предприятию были выданы нормативы допустимого сброса загрязняющих веществ в Черное море. Анализ эффективности работы очистных сооружений, представлены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 — Эффективность очистки хозяйственно-бытовых сточных вод

Наименование вещества	До очистки (среднегодовые), мг/л	После очистки, мг/л	Эффективность, %
Нефтепродукты	1,82	0,091	95
Взвешенные вещества	129,9	7,37	94
БПК <sub>полн</sub>	130,7	9,26	93
Железо	1,71	0,26	85
Азот аммонийный	26,71	3,46	-
Азот нитритный	0,016	0,09	-
Азот нитратный	0,11	8,9	-
Фосфат ион (по Р)	1,41	1,67	18
СПАВ	2,06	0,028	99

Ранжирование качества условий очистки по их степени, различных загрязняющих химических соединений составил от 18 % до 99%. Большой степени подверглись по синтетически – поверхностно- активным веществам, до 99%, и низкому уровню подверглись фосфат ионы (поР) - 18%.

Как известно из камеральных и научных исследований, городские сточные воды наиболее разнообразны по своему происхождению. Они зависят от температурного режима, дождевых осадков или талых вод текущих с гор, от делювиальных отложений, геологического насыщения поверхностных и глубинных пород и многих других не учтенных факторов.

Так, в г. Туапсе сточные воды, принимаемые на очистные сооружения

можно разделить на три группы (таблица 3. 2) [11, с. 37].

Таблица 3.2 — Количество принимаемых сточных вод на очистные сооружения МУП «ЖКХ города Туапсе» (м<sup>3</sup>)

Период	Объем стоков, принятый от населения	Объем стоков, принятый от пром. предприятий и прочих юр. лиц	Ливневые стоки
2018год			
Зима	497 033,21	1 499 270,00	261 418,00
Весна	518 707,20	1 365 225,00	18 526,40
Лето	571 966,49	1 169 258,00	0,0
Осень	535 700,39	1 289 848,00	17 224,20
Итого	2 123 407,29	5 323 602,00	297 169,00
2019год			
Зима	550 524,00	899 133,00	601 134,00
Весна	549 933,00	929 844,00	450 104,00
Лето	597 907,00	741 995,00	247 363,00
Осень	538 482,44	916 447,30	520 337,00
Итого	2 236 846,44	3 487 419,00	1 818 938,00
2020год			
Зима	554 908,00	1 161 427,00	714 611,00
Весна	571 220,00	865 021,00	332 658,00
Лето	628 191,00	782 032,00	383 394,00
Осень	593 248,00	1 061 775,00	783 981,00
Итого	2 347 567,00	3 870 255,00	2 214 644,00

Сравнение показателей за три исследованных года показали, что максимум по объему поступлений от промышленных предприятий пришелся на 2018год (5 323 602,0 м<sup>3</sup>). Можно предположить, что последующее снижение объема принятых стоков связано с закрытием отдельных предприятий, или сокращением режима работы во время пандемии.

Опираясь на детально полное полевое исследование и сравнение с климатическими условиями этого же периода, ливневых стоков обнаружено гораздо меньше и приурочить это можно с относительно засушливым годом, когда количество в 2019 году составило - 247 363 м<sup>3</sup>, напротив нулевой отметки в 2018 году.

При изучении сезонной динамики содержания взвешенных веществ установлено, что минимальная концентрация до очистки наблюдалась осенью

2019года – 92,13 мг/дм<sup>3</sup>, а максимальная зимой 2018года – 153,27 мг/дм<sup>3</sup>, что вызвано большим количеством осадков и от таяния снега (таблица 3.3).

Таблица 3.3 — Фактически сброс взвешенных веществ в среднем за 2018-2020годы

Показатель	год	До очистки				Проектные показатели	После очистки			
		Зима	Весна	Лето	Осень		Зима	Весна	Лето	Осень
Взвешенные вещества (мг/дм <sup>3</sup> )	2018	153,7	112,1	122,2	113,4	325	6,4	6,07	7,43	7,49
	2019	124,9	130,5	136,3	92,13		6,73	6,1	7,6	7,67
	2020	106,8	140,8	149,9	109,8		6,6	6,03	6,67	5,1

Несколько меньше, чем в зимний период но выше средних показателей наблюдалось летом 2019года – 136,33 мг/дм<sup>3</sup> и 2020года – 149,94 мг/дм<sup>3</sup>, что вызвано большим количеством отдыхающих.

В сточных водах азот выступает в трех основных формах: в виде иона аммония NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, нитрит-ионов NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, нитрат-ионов NO<sub>3</sub><sup>-</sup>.

Азот аммонийный попадает в окружающую среду, как из бытовых, так и из промышленных стоков. Наибольшим источником загрязнения вод ионами аммония являются промышленные предприятия, прежде всего, пищевой и химической отрасли [9, с. 38 ].

Содержание аммоний-иона на входе в городские очистные сооружения может составлять от 20 до 50 мг/дм<sup>3</sup>.

Нитрит-ионы (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) представляют собой промежуточную ступень в цепи бактериальных процессов окисления аммония до нитратов и, напротив, восстановления нитратов до азота и аммиака.

Подобные окислительно-восстановительные реакции характерны для станций аэрации.

Содержание нитрат-ионов на входе в очистные сооружения невелико, большое количество нитратов (до 50 мг/дм<sup>3</sup> и выше) образуется за счет

преобразования аммонийного азота в процессе нитрификации.

В городских сточных водах содержание нитрит-ионов незначительно (в большинстве случаев менее 1 мг/дм<sup>3</sup> (таблица 3.4)

Таблица 3.4 — Результаты измерений концентраций иона аммония за период 2018-2020 годы

Показатель	год	До очистки				После очистки			
		Зима	Весна	Лето	Осень	Зима	Весна	Лето	Осень
Азот аммонийный (мг/дм <sup>3</sup> )	2018	15,42	20,37	20,95	21,92	2,61	2,98	3,05	2,65
	2019	25,43	27,58	42,63	28,04	3,93	4,37	6,85	2,73
	2020	22,98	28,15	49,02	22,27	3,64	4,06	2,31	1,84

Значительно больше их летом чем, в другие периоды, потому что он продукт жизнедеятельности человека. Наглядно результаты анализа представлены на рисунке 3.1.



Рисунок 3. 1 — Анализ поступления азота аммонийного

Процесс аммонификации белковых соединений приводит к образованию аммония. Максимум, по нашим данным, установлен летом 2019 года – 6,85 мг/дм<sup>3</sup> дополнительно связано с нестабильностью работы системы аэрации.

Это обусловлено тем, что на очистных сооружениях ведутся работы по замене системы аэрации и секциях аэротенков и минерализаторов очистных сооружений канализации (таблица 3.5).

Таблица 3. 5 — Концентрации нитрит-ионов за период 2018-2020 годы

Показатель	год	До очистки				После очистки				НДС
		Зима	Весна	Лето	Осень	Зима	Весна	Лето	Осень	
Нитриты мг/дм <sup>3</sup>	2018	0,05	0,02	0,05	0,03	0,16	0,06	0,09	0,06	0,044
	2019	0,05	0,02	0,02	0,01	0,08	0,09	0,26	0,19	
	2020	0,04	0,01	0,01	0,02	0,08	0,1	0,05	0,04	

Самые высокие превышения нитритов были замечены летом 2019года – 0,26 мг/дм<sup>3</sup> в 5,91 раз; весной в 2020году– 0,1 мг/дм<sup>3</sup> в 2,27; зимой в 2018году – 0,16 мг/дм<sup>3</sup> в 3,64; что является признаком промышленных загрязнений стоков канализации г. Туапсе и нарушения технологии биологической очистки сточных вод (рисунок 3.2).

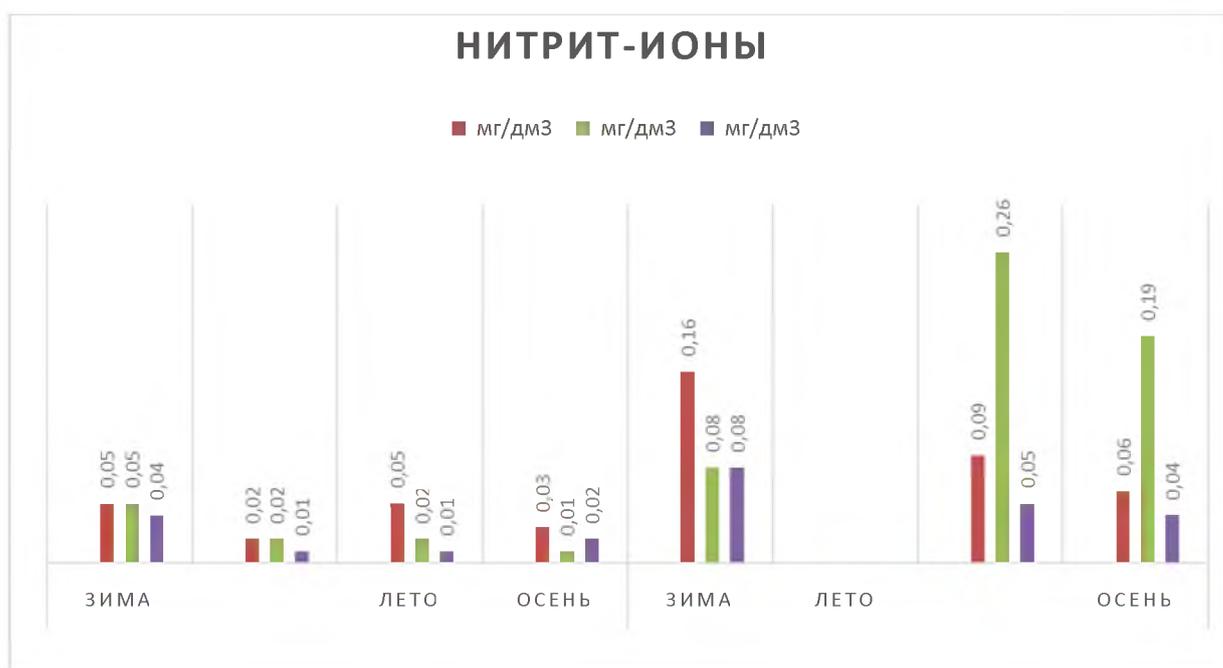


Рисунок 3.2 — Результаты исследований поступления нитрит-иона

В хозяйственно-бытовых сточных водах до их очистки азот в окисленных формах — нитриты и нитраты — как правило, отсутствует. Только присутствие окисленных форм азота, свидетельствуя о полной завершенности процесса [24, с. 28].

Таблица 3.6 — Результаты измерений концентраций нитрат-ионов за период 2018-2020 годы

Показатель	год	До очистки				После очистки				НДС
		Зима	Весна	Лето	Осень	Зима	Весна	Лето	Осень	
Нитраты мг/дм <sup>3</sup>	2014	0,27	0,09	0,16	0,09	8,61	8,73	9,00	9,17	9,00
	2015	0,16	0,28	0,10	0,10	9,03	9,14	8,92	9,20	
	2016	0,22	0,06	0,10	0,06	8,83	9,00	7,2	7,44	

В частности летом, азот служит питательной средой для многих микробов и бактерий, его содержание увеличивается, что приводит к повышению сине-зеленых водорослей (цветение воды). Результаты исследований поступления нитрат-иона представлены на рисунке 3.3

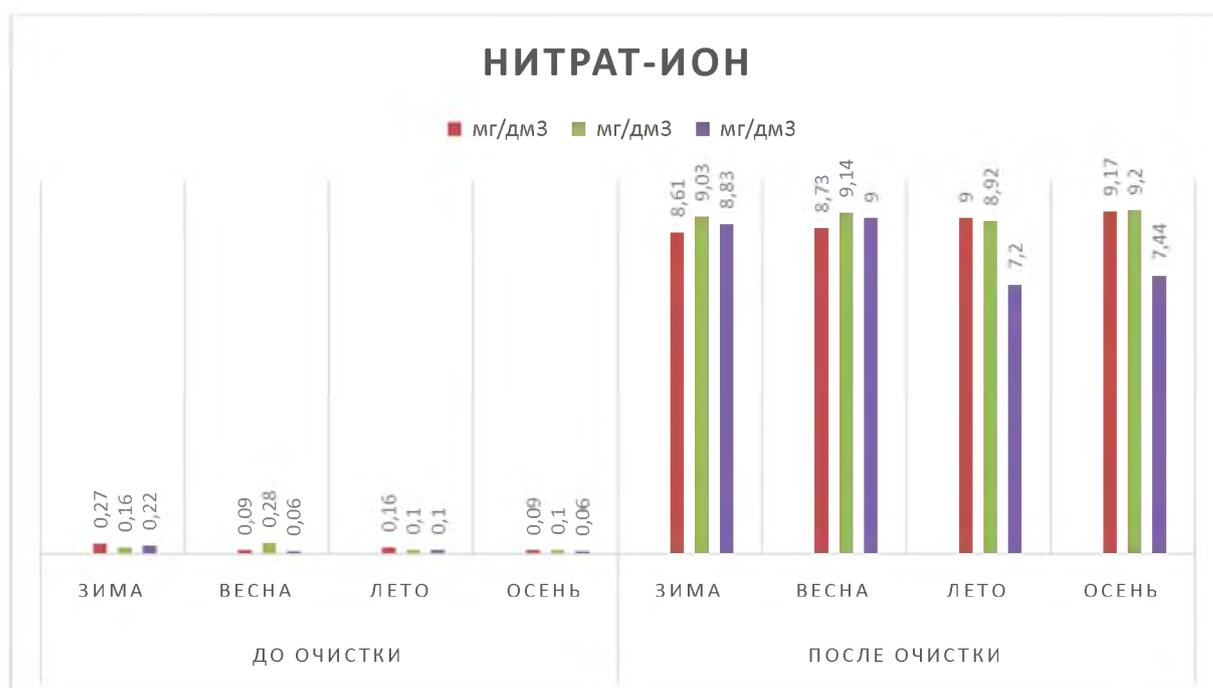


Рисунок 3.3 — Результаты исследований поступления нитрат-иона

Самое высокое содержание нитратов обнаружено осенью 2019 года – 9,20 мг/дм<sup>3</sup>, а низкое летом 2020года – 7,2 мг/дм<sup>3</sup>, зимой и весной занимало промежуточное значение от 8,61 до 9,14 мг/дм<sup>3</sup>.

Фосфор в сточные воды чаще всего попадает со сточными водами от сельскохозяйственных полей.

Данные анализа измерений концентраций фосфатов (по Р) представлены в таблице 3.7 за период 2018-2020 годы.

Таблица 3. 7 — Результаты измерений концентраций фосфатов (по Р) за период 2018-2020 годы

Показатель	год	До очистки				После очистки				НДС
		Зима	Весна	Лето	Осень	Зима	Весна	Лето	Осень	
Фосфат (по Р) мг/дм <sup>3</sup>	2018	0,99	1,55	1,54	1,34	1,14	1,65	1,8	1,87	1,57
	2019	1,21	1,04	1,69	1,51	1,53	1,28	1,52	1,67	
	2020	0,92	1,46	2,01	1,24	1,18	1,72	1,59	1,18	

На рисунке 3.4, видно, что наибольшее поступление фосфата (по Р) наблюдалось осенью 2018года – 1,87 мг/дм<sup>3</sup>, зимой это показатель заметно меньше.

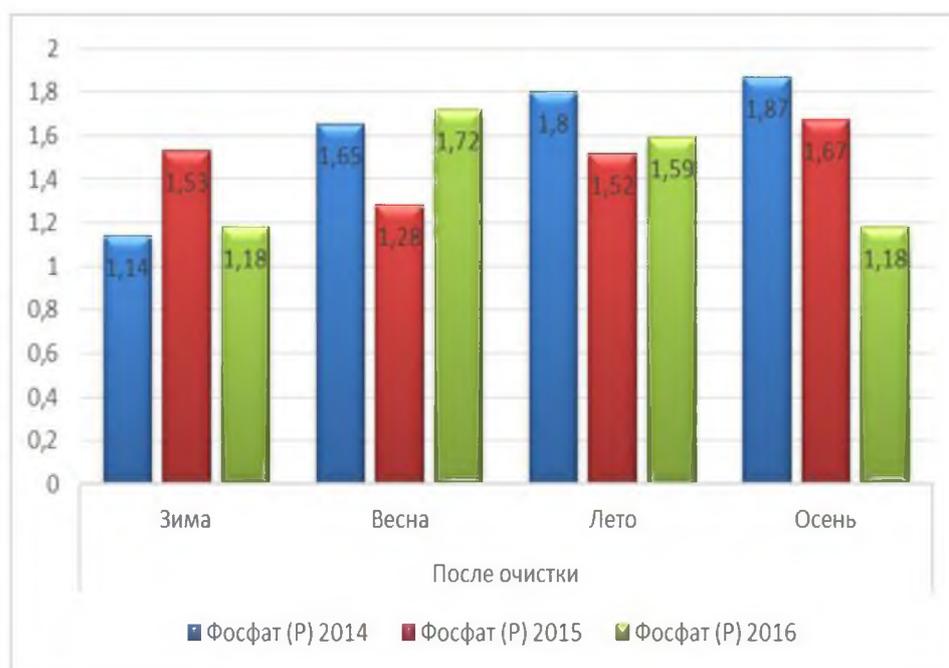


Рисунок 3. 4 — Результаты исследований поступление фосфата (по Р)

Количественная оценка загрязненности сточных вод будет далеко неполной, если не владеть данными легкоокисляемыми органическими БПК как в натуральной (взболтанной) пробе (таблица 3.8).

Бытовые и промышленные сточные воды являются одним из источников

поступления тяжелых металлов в природные водоемы.

Все промышленные примеси, присутствующие в сточных водах, в той или иной мере неблагоприятно воздействуют на нормальное функционирование и жизнеспособность активного ила.

Таблица 3.8 — Фактически измеренные концентрации БПК<sub>пол</sub> на ОСК МУП ЖКХ г. Туапсе за период 2018 - 2020годы

Показатель	год	До очистки				Проектные показатель	После очистки				НДС
		Зима	Весна	Лето	Осень		Зима	Весна	Лето	Осень	
БПК <sub>пол</sub> мг/дм <sup>3</sup>	2014	120,46	120,56	120,12	137,15	200	7,82	7,94	7,77	9,57	10,35
	2015	04,02	19,32	50,74	26,90		8,46	7,28	7,81	8,62	
	2016	36,60	75,35	10,32	00,47		9,11	8,62	8,92	5,23	

В процессе биохимической очистки часть ионов тяжелых металлов аккумулируется илом. При этом происходит образование комплексов ионов с белком активного ила, следствием чего является, с одной стороны, накопление соединений металлов в осадках, а с другой - снижение качества очистки сточных вод, так как сорбированные металлы концентрируются в активном иле и с возвратным илом неоднократно попадают в аэротенк, где значительная часть подаваемого кислорода воздуха затрачивается не на эффективное биологическое окисление загрязнений, а на восстановление свойств активного ила после токсического повреждающего воздействия.

Особую проблему представляют токсичные (ядовитые) соли тяжелых металлов в сточные воды, убивающие активный ил (таблица 3.9).

Таблица 3.9 — Фактически измеренные концентрации железа (общего) на ОСК МУП ЖКХ г. Туапсе за период 2018-2020годы

Показатель	год	До очистки				После очистки				ДС
		Зима	Весна	Лето	Осень	Зима	Весна	Лето	Осень	
Железо (общее) мг/дм <sup>3</sup>	2014	2,61	1,52	1,45	1,20	0,53	0,18	0,16	0,15	0,46
	2015	1,83	1,15	0,90	1,07	0,15	0,12	0,15	0,22	
	2016	1,72	1,19	1,48	2,47	0,17	0,12	0,34	0,26	

Тяжелые металлы ингибируют активный ил при концентрациях 1-5 мг/дм<sup>3</sup>.

Степень удаления тяжелых металлов в процессе биологической очистки на очистных сооружениях зависит от природы металла, его начальной концентрации в неочищенных сточных водах, дозы ила, времени контакта сточных вод с илом и эффективности сорбции соединений металлов, в которой активно участвует все тот же полисахаридный гель активного ила.

Таблица 3. 10 — Показатели качества сточных вод, поступающих на очистные сооружения (мг/дм<sup>3</sup>)

Показатель	Год			НДС
	2018	2019	2020	
Нефтепродукты	0,04	0,04	0,05	0,55
Взвешенные вещества	6,84	7,03	6,1	11,50
БПК полн.	8,27	8,29	7,96	10,35
Железо	0,25	0,16	0,22	0,46
Азот аммонийный	2,83	4,47	2,96	0,90
Азот нитритный	0,09	0,16	0,07	0,044
Азот нитратный	9,87	10,13	8,12	9,00
Фосфаты (по Р)	1,61	1,49	1,42	1,57
СПАВ	0,03	0,02	0,02	9,00

Так же превышения по группе азота связаны с тем, что предприятию МУП «ЖКХ города Туапсе» были установлены нормативно допустимый сброс для водоемов рыбохозяйственного назначения (таблица 3.11).

Таблица 3. 11 — Санитарно-микробиологические показатели качества сточной воды за период с 2018 по 2020год

Показатели по видам микроорганизмов	Размерность	Фактический сброс микроорганизмов
2	3	4
Общие колиформные бактерии	(КОЕ/100 мл)	Менее 5
Колифаги	(КОЕ/100 мл)	Не обнаружено
E.coli	(КОЕ/100 мл)	Менее 5
Энтерококки	(КОЕ/100 мл)	Менее 5
Стафилококки	(КОЕ/100 мл)	Не обнаружено
Жизнеспособные яйца гельминтов	кл/25л.	Не обнаружено

Продолжение таблицы 3.11

Жизнеспособные патогенных простейших	цисты кишечных	кл/25л.	Не обнаружено
Патогенные бактерии группы	кишечной	в 1л.	Не обнаружено

Для обеззараживания очищенных сточных вод применяется жидкий хлор, который при помощи хлоратора «АДВАНС» ТТ-2000 преобразуется в хлорную воду и по хлоропроводу Д-80мм подается в камеру смешения очищенных сточных, производительностью до 10кг/час жидкого хлора. Обеззараживание производится во время сброса сточных вод в море по самотечному коллектору Д=900 мм и по глубоководному выпуску в море – 1,6 км от берега. В основном большинстве иловые осадки это не что иное как вторичные отходы. Основные процессы, применяемые для обработки сточных вод, представлены на рисунке 3.5. Обезвоживание осадков сточных вод предназначено для получения осадка (кека) влажностью 50–80%. При проектировании цеха механического обезвоживания иловые площадки предусматриваются как аварийные.

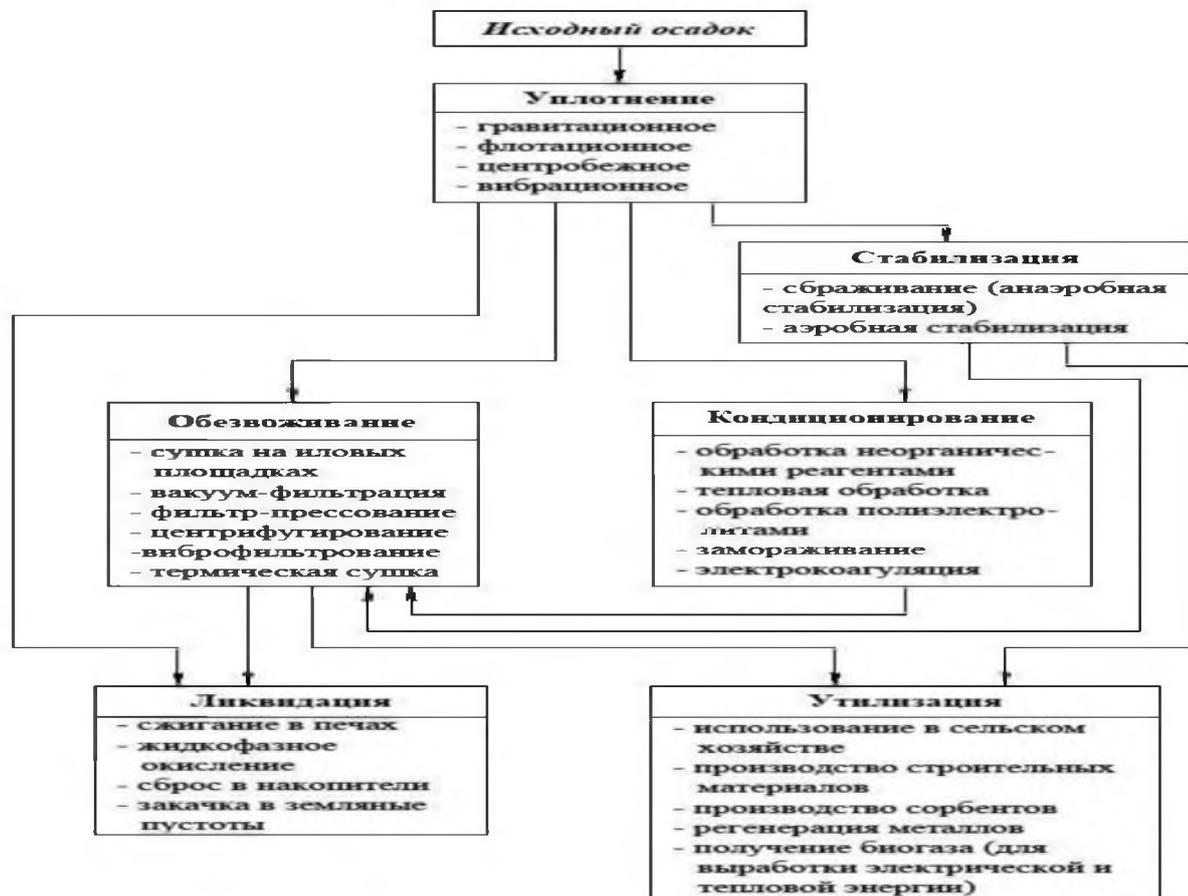


Рисунок 3.5 — Основные процессы, применяемые для обработки осадков

В таблице 3.12 приведены наиболее распространенные методы обработки осадков, которые следует рассматривать как отдельные процессы в схеме полной обработки осадков.

Таблица 3.12 — Методы обработки осадков

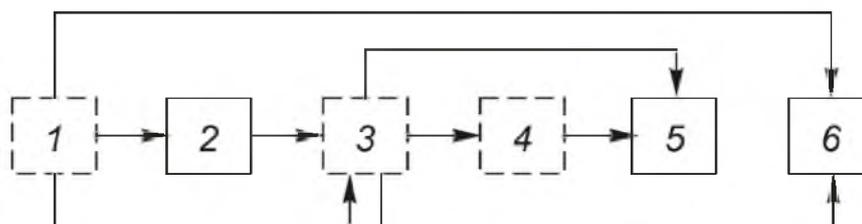
Метод	Результат обработки		
	обезвоживание	стабилизация	обеззараживание
Гравитационное уплотнение	+	–	–
Флотация	+	–	–
Анаэробное сбраживание:			
– мезофильное	–	+	–
– термофильное	–	+	+
Аэробная стабилизация	–	+	–
Компостирование	–	+	+
Сушка на иловых площадках	+	–	–
Вакуум-фильтрация	+	–	–
Фильтр-прессование	+	–	–
Центрифугирование	+	–	–
Тепловая обработка	–	+	+
Термическая сушка	+	+	+
Сжигание	+	+	+

Выбор технологических схем обработки осадков следует производить по результатам технико-экономических расчетов с учетом их состава и свойств, физико-химических и теплофизических характеристик и с учетом последующих методов использования или размещения в окружающей среде.

Минеральные осадки обрабатываются проще органических. На рисунке 3.6 представлена схема обработки минеральных осадков, на различные варианты обработки органических осадков.

Эффективность биологической очистки сточных вод может быть оценена только по состоянию работы активного ила, для чего проводится полный анализ характеристик исследуемых проб. За период 2009 года нами был проведен гидробиологический анализ и проанализированы данные проб активного ила по следующим показателям: доза ила по объему, доза ила по

весу, иловый индекс, рН, температура, цвет осадка, видовое разнообразие, количественный учет численности микроорганизмов.



1 – уплотнение; 2 – кондиционирование; 3 – механическое обезвоживание; 4 – термическая сушка; 5 – утилизация; 6 – сброс в шламонакопители или отвалы

Рисунок 3.6 — Схема обработки минеральных примесей

Гидробиологический анализ проб проводили 2-3 раза в месяц, точками отбора служили аэротенки и регенераторы двух секций (I, II).

В противном случае наблюдался бы темный, землянистый ил с оттенком черноты, это признак залеживания и загнивания ила. Значения рН в течение года колеблются незначительно, в пределах от 7,06 до 7,54. Это говорит о стабильности биологической очистки.

Видовой состав достаточно разнообразный, присутствуют представители фауны многоклеточных (коловратки, черви), это говорит о высокой степени развития биоценоза активного ила.

Имеется несколько трофических уровней. Все описанные организмы активны и находятся в подвижном состоянии.

### 3.2 Определение эффективности метода пиролиза

Для создания условий, необходимых для проведения эксперимента была разработана установка, схема которой представлена на рисунке 3.7.

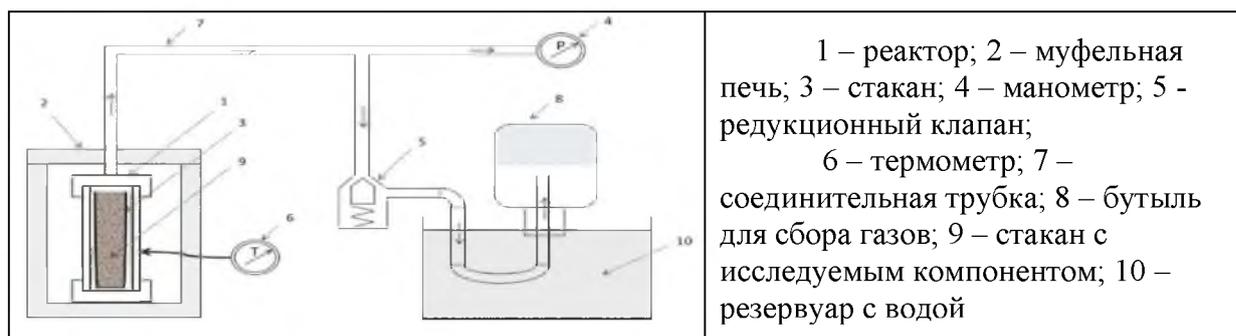


Рисунок 3.7 – Схема экспериментальной установки

Полученный сухой осадок представлял собой темно-коричневую ультрадисперсную массу с нейтральным запахом. Свойства полученной массы были сходны со свойствами золы, при контакте с водой масса смачивалась и частично оседала на дно. При пропускании через бумажный однослойный фильтр, полученная взвесь почти полностью проходит через него.

Для определения состава газов, был использован прибор Testo t350 S. Результаты данного анализа приведены в таблице 3.13. Концентрация окислов азота и углекислого газа не поднималась выше 0,1%.

Таблица 3.13 — Результаты анализа газов, образовавшихся в процессе пиролиза

№ пробы	Влажность, %	Температура, °С	Состав газов, %		
			CO	H <sub>2</sub>	C <sub>x</sub> H <sub>y</sub>
1	83	440	6	38	56
2	92	450	2	4	94
3	83	465	15	15	70
4	50	480	26	11	63
5	67	510	7	13	80
6	67	520	13	45	42

Утилизация осадков сточных вод методом пиролиза является достаточно эффективной за счет содержания большого количества биомассы в осадке, что дает повышенную калорийность получаемого газа.

В результате литературного обзора были выявлены 2 наиболее перспективные установки: «Fortan-80», «Цивилизация-20». Сравнительная характеристика данных установок представлена в таблице 3.14.

Таблица 3.14 — Сравнительная характеристика пиролизных установок

Название установки	Производительность установки т/сутки	Потребляемая мощность установок, кВт	Температура эксплуатации установок	Необходимость дополнительного оборудования	Цена установки, млн. рублей
Fortan – 80	80	50	От +35°С до -15 °С	Для обеспечения загрузки/выгрузки реторты по требуется грузоподъемный механизм, необходим источник воды (скважина, колодец и т.д.) с объёмом по дачи около 10м <sup>3</sup> .	От 82

Продолжение таблицы 3.14

Цивилизация - 20	54	23	От +35°C до -35 °C	Необходим источник воды (скважина, колодец и т.д.) с объемом подачи около 10м <sup>3</sup> .	От 40
------------------	----	----	--------------------	--	-------

Анализ показал, что наилучшими характеристиками обладает пиролизная установка «Цивилизация -20».

Исходное сырьё, влажностью от 70% загружается в сушилку кипящего слоя при температуре 135°C. В процессе сушки исходное сырьё обезвоживается до необходимого показателя, после чего направляется в реактор быстрого пиролиза, температура в котором достигает 750 °C.

В процессе конденсации образуется синтетическая нефть, синтезгаз и горячая вода.

Схема установки быстрого пиролиза «Цивилизация – 20» представлена на рисунке 3.8.

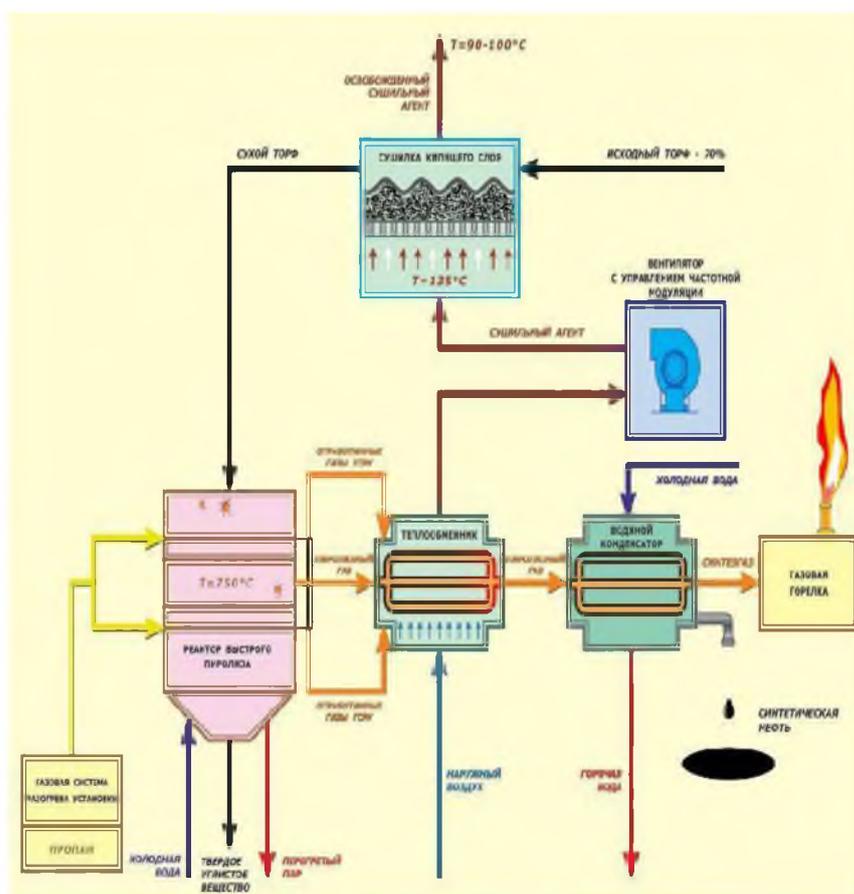


Рисунок 3.8 – Схема установки быстрого пиролиза «Цивилизация – 20»

При автономном использовании установки возможна реализация схемы с использованием электроэнергии от собственной генерации после выхода установки в рабочий режим эксплуатации. Время выхода в рабочий режим 2,5-5 часов. Для запуска установки потребуется 1 баллон с газом типа пропан и дизельный генератор на 20 кВт.

Вопрос сбора воды из пара от сушилки не рассматривался. Для автономной работы нужно предусмотреть источник воды (скважина, колодец и т.д.) с объёмом подачи около 10м<sup>3</sup>/сутки.

Технические характеристики установки быстрого пиролиза представлены в таблице 3.15.

Таблица 3.15 – Технические характеристики установки быстрого пиролиза «Цивилизация-20»

Техническая характеристика	Значение
Потребление сырья, т/год	20 000
Суммарная производительность по газу, млн. м <sup>3</sup> /год	8 - 24
Выход газа, м <sup>3</sup> с 1 кг сырья	0,5 – 1,2
Калорийность газа, ккал/ м <sup>3</sup>	3 500 – 8 000
Потребление электроэнергии за год, кВт	200 000
Потребление воды за год, м <sup>3</sup>	3 600
Потребление пропана за год, кг	1 000
Выход углеродистого материала, т/год	2 000
Выход синтетической нефти, т	2 400 – 4 400
Занимаемая площадь, м <sup>2</sup>	25

Продуктами быстрого пиролиза являются:

- высокоуглеродистый материал;
- пиролизный газ;

– синтетическая нефть.

Параметры пиролизного газа и высокоуглеродистого вещества представлены в таблицах 3.16 и 3.17 соответственно.

Таблица 3.16 – Параметры пиролизного газа

Компонент	Значение, % масс
H <sub>2</sub>	10,0 – 35,0
O <sub>2</sub>	4,0 – 10,0
N <sub>2</sub>	3,0 – 6,0
CH <sub>4</sub> , C <sub>2</sub> , C <sub>3</sub> , C <sub>4</sub>	30,0 – 55,0
CO	15,0 – 25,0
Теплотворная способность	5700 – 7700 ккал

Таблица 3.17 – Параметры высокоуглеродистого материала

Характеристика	Значение
Размер частиц	0,5 – 1,5 мм
Массовая доля углерода	До 95,5%
Массовая доля водорода	До 0,8%
Массовая доля кислорода	До 0,7%
Массовая доля азота	До 1,1%
Теплотворная способность	6900 – 7400 ккал

Для эффективной работы пиролизного оборудования, влажность исходного сырья не должна превышать 70%, а в большинстве случаев, осадок сточных вод на очистных сооружениях имеет влажность до 97%. В связи с этим возникает необходимость установки обезвоживающего оборудования. Параметры высокоуглеродистого материала для обезвоживания приведены в таблице

Обезвоживание является неотъемлемой частью обработки осадков сточных вод.

Повышенная влажность осадка приводит к увеличению его массы, а также

ускоряет процессы гниения, что приводит к распространению неприятных запахов. Так же обезвоживание позволит увеличить эффективность дальнейшей переработки.

На сегодняшний день существует два основных метода переработки (рисунок 3.9).

Естественное обезвоживание на иловых площадках - представляет собой высушивание осадков на дренажных подложках или без них. Преимуществом данного метода является низкая стоимость, а минусом большие площади сооружений, и негативное воздействие на окружающую среду, ввиду чего их применение в настоящее время представляется неэффективным.

Механическое обезвоживание наиболее часто применяемый и обширный по аппаратному оформлению способ, используемый для обработки осадков.

Рисунок 3.9 — Методы переработки

Основными методами механического обезвоживания являются: шнековый пресс, винтовой пресс, ленточный пресс, центрифуга и фильтр пресс.

Классификация установок механического обезвоживания представлена на рисунке 3.10.

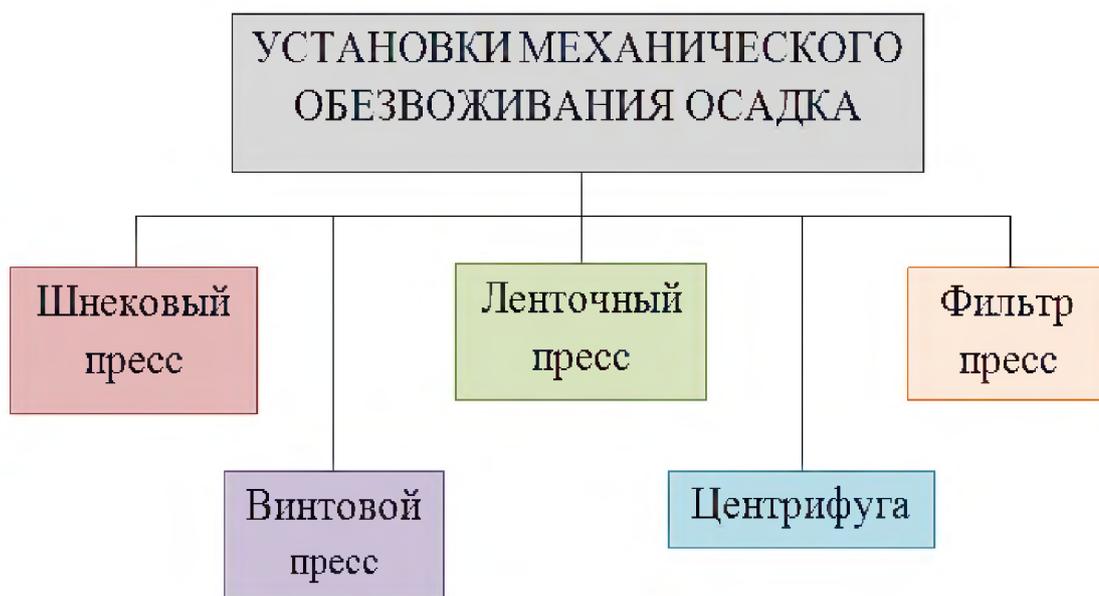


Рисунок 3.10 – Установки механического обезвоживания осадка

На основании литературного обзора был проведен сравнительный анализ существующих установок, представленный в таблице 3.18.

Таблица 3.18 – Сравнительный анализ существующих установок

Наименование установки	Шнековый пресс	Ленточный пресс	Винтовой пресс	Центрифуга	Фильтрпресс
1	2	3	4	5	6
Обезвоживание осадка с низкой концентрацией	Да	Нежелательно	Нежелательно	Да	Нет
Присутствие масла	Да	Нет	Нет	Нежелательно	Нет
Количество промывочной воды	Низкое	Высокое	Среднее	Низкое	Среднее
Энергопотребление	Низкое	Среднее	Среднее	Высокое	Высокое
Возможность непрерывного процесса	Да	Нет	Да	Нет	Нет
Шум	Низкий	Высокий	Высокий	Высокий	Средний
Вибрация	Низкая	Средняя	Высокая	Средняя	Средняя
Наличие илоуплотнителя	Не требуется	Требуется	Не требуется	Требуется	Не требуется
Занимаемая площадь	Маленькая	Большая	Средняя	Большая	Средняя
Цена	Низкая	Высокая	Низкая	Низкая	Высокая

Проанализировав рынок данной продукции был выбран шнековый обезвоживатель «КИТ ОШ» производства Средневолжского машиностроительного завода. В соответствии с объемом и концентрацией была выбрана модель «КИТ ОШ 200/2» (рисунок 3.11).



Рисунок 3.11 – Шнековый обезвоживатель «КИТ ОШ»

Агрегат состоит из обезвоживающего барабана, дозирующей емкости, емкости флокуляции, контрольной панели.

Обезвоживающий барабан, представленный на рисунке 3.12, состоит из шнека, вращающегося с постоянной скоростью в цилиндрическом корпусе. Корпус состоит из ряда чередующихся неподвижных колец, плавающих колец и прокладок-зазоров. Шаг витков шнека уменьшается от зоны сгущения к зоне обезвоживания.

Одна часть барабана предназначена для сгущения осадка, другая для его обезвоживания. В зоне сгущения, изготовленной из высококачественного пластика, фильтрат вытекает под действием силы тяжести. В зоне обезвоживания, изготовленной из нержавеющей стали, шаг витков шнека уменьшается, увеличивается давление в барабане.

Фильтрат вытекает сквозь зазоры между кольцами. Прижимная пластина, установленная на конце шнека, увеличивает внутреннее давление в барабане.

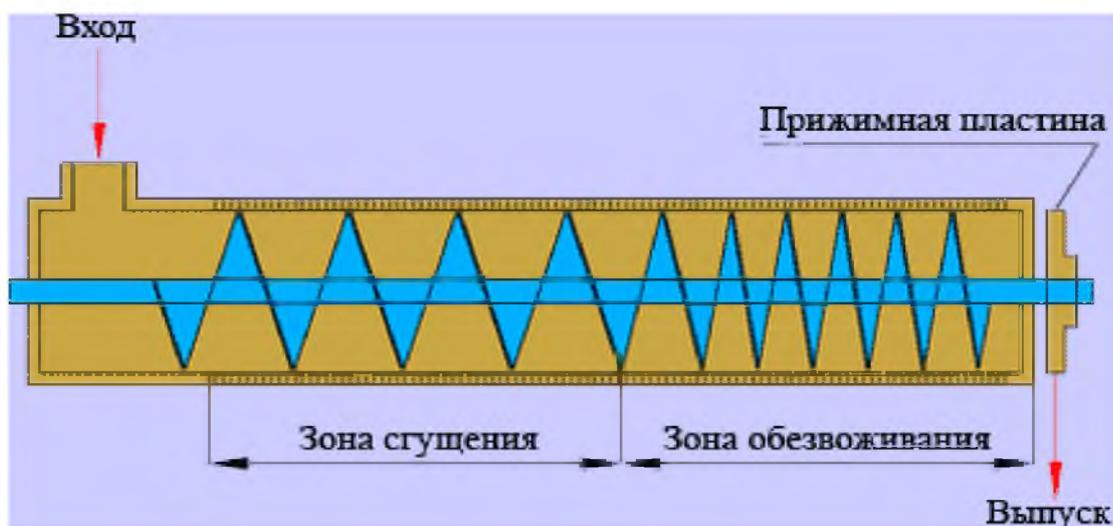


Рисунок 3.12 — Схема обезвоживающего барабана

Дозирующая емкость. Осадок из отстойника подается в дозирующую емкость насосом. Насос включается датчиком уровня, предусмотрен аварийный сток при переполнении. Далее осадок попадает в емкость флокуляции через V – образный переток.

Емкость флокуляции. В этой емкости реагент, подаваемый дозирующим

насосом, смешивается специальным миксером с осадком до образования флоккул (хлопьев). Далее связанный реагентом осадок попадает в обезвоживающий барабан.

Система самоочистки. Конструкция создана таким образом, что вода используется только для смыва осадка с поверхности барабана. Из-за постоянного перемещения колец относительно друг друга барабан не засоряется.

## Заключение

Сточные воды это растворенные загрязненные вещества, образовавшиеся на различных очистных сооружениях, которые в конечном итоге после определенной обработки превращаются в густой осадок.

.Анализ проб активного ила аэротенков и регенераторов очистных сооружений позволил зарегистрировать разнообразие представителей 6 таксономических групп микрофлоры и 9 - микрофауны, что говорит о высокой степени развития биоценоза.

На городские очистные сооружения наиболее часто встречаются: азот аммонийный, азот нитритный, азот нитратный, фосфаты (по Р), СПАВ, в соответствии с этими показателями предприятию были выданы нормативы допустимого сброса загрязняющих веществ в Черное море

Из этого следуют выводы :

1. По своему агрегатному состоянию иловые осадки представляют собой комплекс органических веществ отличающихся по химическому и минеральному составу различного происхождения, и естественно образуются в процессе их механической, биологической или физико-химической очистки (реагентной) с объемной концентрацией полидисперсной твердой фазы от 0,5 до 10%

2. Что касается грубых отбросов это крупные большей частью взвешенные и плавающие вещества, преимущественно органического происхождения: содержащие бумаги – 68,5%, тряпок – 26,6%, дерева, соломы – 2,0%, кухонных отбросов – 2,7%, костей – 0,3%. Количественно отбросов на решетках с прозорами 16 мм составляет на 8 л/чел. год – при влажности 80% и объемной массе 750 кг/м<sup>3</sup>.

3. Эта категория осадков по нынешним условиям прессуются в пресстраспортерах, и в герметичных контейнерах вывозится на утилизацию. Последующие действия зависят от конечной цели ее предназначения, зачастую после метантенков, и пиролизных установок, вместе с другими осадками

отправляют я на компостирование для получения различных удобрений.

4. Характер содержания примесей, сильно меняется от времени отбора. И вообще, в иные дни недели максимум превышает в разы значения минимумов. В примесях, как правило, встречается многообразие бактерий. Особую опасность представляют биологические виды микробов и бактерий к которым следует применять особые технологии очистки от них.

5. Количественный анализ организмов активного ила показал, что численность основного состава биоценоза находится в относительном постоянстве, что позволяет оценить его в качестве стабильного и зрелого.

6. Выявлена годовая динамика численности видов — индикаторов *Vorticella campanula*, *Vorticella microstoma*, *Arcella*, *Colpidium*, *Coleps* в пределах от 1 до 4 баллов, которая коррелирует, в основном, с температурой окружающей среды и иловой смеси; корреляции с показателями гидрохимического анализа не обнаружено, обусловлено малой токсичностью сточных вод.

Установлены среднегодовые значения илового индекса — 257-310 см<sup>3</sup>/г, которые являются стабильными для очистных сооружений и зависят от технологических возможностей своевременной выгрузки осевшего ила из вторичных отстойников.

## Список использованной литературы

1. Банина, Н.Н. Ciliata в очистных сооружениях бытовых и смешанных сточных вод// Простейшие активного ила. — Л.: Наука, — 1983. — 52 с.
2. Банина, Н.Н., Суханова, К.Л. Простейшие в процессах биологической очистки сточных вод // Актуальные вопросы гидробиологии. — Л.: Промрыбзавод, 1984. - 60 с.
3. Беспмятников, Г. П., Кротов, Ю. А. Предельно допустимые концентрации химических веществ в окружающей среде. — С-Пб.: Питер, 1987. — 325 с.
4. Гавич, И.К. Методы охраны внутренних вод от загрязнения и истощения. - М.: Агропромиздат, 2005 - 205 с.
5. Джимова, Н.Д., Читао, С.И. Эколого-фаунистическая характеристика отдельных представителей типа Protozoa, обитающих в активном иле очистных сооружений г. Майкопа, Шовгеновского и Гиагинского районов Республики Адыгея // Труды научно-практической конференции. — Майкоп, 2009 - С. 1-3.
6. Догель, А.В. Зоология беспозвоночных. - М., 2017. —305с.
7. Дуганов, Г.В. Охрана окружающей природной среды. - М: Высшая школа, 2010 — 205 с.
8. Евилевич, А.З. Утилизация осадков сточных вод. - М: Стройиздат, 2009. — 218 с.
9. Жирнова, Е.В. Фауна круглоресничных инфузорий и сезонная динамика их численности в водоемах южной лесостепи Омской области: методика сбора и обработки материала // Вестник Омского государственного педагогического университета. —2006. — №8. — С. 13-18.
10. Жуков, А.И. Монгайт, И.Л., Родзиллер, И.Д. Методы очистки производственных сточных вод - М.: Стройиздат, 2009. — 237 с.
11. Канализация г. Туапсе том-1, часть 1 пояснительная записка. — Туапсе, 2012. — 139 с.

12. Карюхина, Т.А., Чурбанова, И.Н. Контроль качества воды. — М: Стройиздат, 2010. — 132 с.
13. Лукиных, Н.А., Липман, Б.Л., Криштул, В.П. Методы доочистки сточных вод. М.: Стройиздат, 2008. — 105 с.
14. Методика технологического контроля работы очистных сооружений городской канализации. — М: Стройиздат, 2007. — 140 с.
15. Методическое руководство по гидробиологическому и бактериологическому контролю процесса биологической очистки на сооружениях с аэротенками. ПНД Ф СБ 14.1.77-96 — М., 1996. — 130 с.
16. Методическое руководство по гидробиологическому контролю нитчатых микроорганизмов активного ила. ПНД Ф СБ 14.1.92-96 — М., 1996. — 125 с.
17. Правила охраны поверхностных вод (Основные положения). — М., 2011. — 119 с.
18. Рабочий журнал гидробиологического анализа очистных сооружений г. Туапсе. — 2020. — 140 с.
19. Роев, Г.А. Очистные сооружения. Охрана окружающей среды. - М: Недра, 2013. - 218 с.
20. Сладечек, В.В. Атлас сапробных организмов. Унифицированные методы исследования качества вод. - М., 2017. — 172 с.
21. Соколова, В.Н. Охрана производственных сточных вод и утилизация осадков — М.: Стройиздат, 2010. — 114 с.
22. Стандарт ИСО 6341-82 Качество воды. Определение угнетения подвижности *Daphnia magna* Straus (Cladocera, Crustacea). — С. 13-22.
23. Технологический регламент работы очистных сооружений канализации г. Туапсе. — Туапсе, 2019. — 100 с.
24. Туровский, И.С. Обработка осадков сточных вод. — М.: Стройиздат, 2014. — 115 с.
25. Юшманова, О.А. Комплексное использование и охрана водных ресурсов. - М.: Агропромиздат, 2005 — 215 с.