



НОВЫЕ ТРУБНЫЕ
ТЕХНОЛОГИИ

ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ
«НОВЫЕ ТРУБНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ»

141320, Московская обл., г.о. Сергиево-Посадский, д. Коврово, д. 50, помещ. 2,
тел/факс: +7(499) 940-14-04, e-mail: info@ntt.su

УТВЕРЖДАЮ

Генеральный директор ООО «НТТ»

А.Д. Маслов

декабря 2023 г.



ОТЧЕТ

**О результатах испытания эффективности
технологии очистки фильтратов объектов
обращения с отходами производства и
потребления
(проект)**

Москва 2023 г.

Содержание

АННОТАЦИЯ	2
УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ	3
ВВЕДЕНИЕ	4
1. ЗАДАЧИ И ЦЕЛИ АПРОБАЦИИ ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ ФИЛЬТРАТОВ НА СТАНЦИИ ОЧИСТКИ	5
2. ОЦЕНКА СВОЙСТВ СЫРЬЯ И МАТЕРИАЛОВ – ФИЛЬТРАТА ТКО	6
2.1. СОСТАВ И ГЕНЕЗИС ФИЛЬТРАТОВ ПРИ АПРОБАЦИИ	6
2.1.1 ИССЛЕДУЕМЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ФИЛЬТРАТА ТКО И ОЧИЩЕННОЙ ВОДЫ	6
2.1.2 ПОЛИГОН УТИЛИЗАЦИИ ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ «ВОСТОЧНЫЙ»	6
3. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ИСПЫТАНИЯ	11
3.1 КРИТЕРИИ ЭФФЕКТИВНОСТИ И ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ	11
3.2 ОБОРУДОВАНИЕ	15
3.2.1 ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА ТЕХНОЛОГИИ	15
3.2.2 ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИСПЫТАНИЙ	21
3.3 НАЛАДКИ БЛОКОВ И КОНТРОЛИРУЕМЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА	31
3.4 КОНТРОЛЬ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА ОЧИСТКИ АКТИВНЫМ ИЛОМ	31
3.5 ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА ФИЛЬТРАТА	32
3.6 МЕТОДИКИ ИЗМЕРЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА	33
3.7 ПРОГРАММА ИСПЫТАНИЙ	35
3.8 ПРОВЕДЕННЫЕ ИСПЫТАНИЯ	35
4. РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОВЕДЕНИЯ АПРОБАЦИИ	40
4.1 ПОЛУЧЕНИЕ НЕПОСРЕДСТВЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ АНАЛИЗА ОТОБРАННЫХ ПРОБ	40
4.2 ВЫВОДЫ	59
ЛИТЕРАТУРА	60
ПРИЛОЖЕНИЯ	63

АННОТАЦИЯ

Описана установка очистки фильтратов полигона утилизации твердых бытовых отходов, изготовленная на основе проектной и конструкторско-технологической документации. Представлен реализуемый комплексный технологический процесс очистки фильтратов.

Разработана технологическая схема апробации при очистке фильтратов. Технологическая схема реализовалась в два этапа: апробация и подготовка к проведению оптимизации эффективности станции очистки фильтратов.

При апробации СОФ выявлено выполнение в полной мере нормативов показателей качества воды при очистке фильтратов в широком интервале варьирования.

На этапе подготовки к оптимизации технологического процесса выявлен относительные критерии эффективности и их зависимости от исходного показателя качества. Установлена принципиальность наличия общей универсальной зависимости и констант, позволяющих успешно в дальнейшем моделировать по технологическим критериям блоки модулей технологического процесса и весь процесс в целом, оптимизировать параметры режимов проведения операций техпроцессов очистки и формировать информационную основу систем автоматизированного управления производственной установкой.

Подтверждено представление о возможности создания ранжированных рядов подверженности (улучшению) конкретных показателей качества, а также возможность создания информационной основы теории разработки установок очистки фильтратов в виде периодических таблиц информационной системы, в которых период соответствует десятичному разряду.

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

А – аэрирование;
Р, ДР – реагент и дозатор реагента;
ИР – известковый раствор;
КВ – концентрация воздуха, мг/дм³;
П – показатель качества;
Т – время обработки, мин.;
V – скорость осаждения, м/ч;
t – температура, °С;
ε – эффективность (степень) очистки, усл. доля;
η – коэффициент динамической вязкости исходной воды, Па·с;
БП1 – блок приготовления и дозирования раствора извести;
БП2 – блок приготовления и дозирования раствора коагулянта;
БП3 – блок приготовления и дозирования гипохлорита натрия и лимонной кислоты;
БП4 – блок приготовления антискаланта;
БП5 – блок приготовления и дозирования раствора флокулянта;
НС – насосная станция;
ЭРЛ – насос рециркуляции ила;
РТВ – резервуар технической воды;
ПБ – промежуточный бак после очистки;
ФТО – тонкослойный отстойник;
МБР – мембранный биореактор;
ПММ – погружной мембранный модуль;
ДБР – денитрификатор;
МД – мешалка денитрификатора;
НБР – нитрификатор;
ДА – дисковый аэратор;
ПЕ – подземная емкость концентрата;
ШО – шнековый обезвоживатель;
УО – уплотнитель осадка;
БМУ – блочно-модульная установка;
СОФ – станция очистки фильтратов;
БФХО – блок физико-химической очистки;
ББО – блок биологической очистки;
БДО – блок доочистки;
БОО – блок обратного осмоса;
БМО – блок механического обезвоживания;
ОУ – озонаторная установка
УФО – установка ультрафиолетового обеззараживания;;
РО – реагентное осаждение;
БМ – биомембранная очистка;
ОО – обратно-осмотическая очистка;
КП – коэффициент превышения норматива показателя состава

ВВЕДЕНИЕ

«Накопление, сбор, транспортирование, обработка, утилизация, обезвреживание, захоронение твердых коммунальных отходов» осуществляются в соответствии с правилами обращения с твердыми коммунальными отходами, утвержденными Правительством Российской Федерации (Федеральный закон № 89-ФЗ от 24.06.1998 «Об отходах производства и потребления» ст. 24.6. пункт 2). Согласно статье 1 этого закона «твердые коммунальные отходы — отходы, образующиеся в жилых помещениях в процессе потребления физическими лицами, а также товары, утратившие свои потребительские свойства в процессе их использования физическими лицами в жилых помещениях в целях удовлетворения личных и бытовых нужд. К твердым коммунальным отходам также относятся отходы, образующиеся в процессе деятельности юридических лиц, индивидуальных предпринимателей и подобные по составу отходам, образующимся в жилых помещениях в процессе потребления физическими лицами». Значительная часть твердых коммунальных отходов (далее - ТКО) содержит органические отходы (до 80 %) в виде остатков продуктов питания, бумаги, картона, дерева, листвы, веток, травы и других компонентов. ТКО представляют опасность для человека и окружающей среды тем, что могут быть загрязнены потенциально опасными микроорганизмами, например, кишечной палочкой, фекальными стрептококками и другим, содержать токсичные элементы в виде производных тяжелых металлов и т.п. Поэтому ТКО должны обезвреживаться, т. е. должны изменяться их биологические, химические и физические свойства, уменьшаться их масса для снижения степени негативного воздействия на здоровье человека и окружающую среду. Для обезвреживания ТКО могут захораниваться, сжигаться или утилизироваться с последующим использованием для производства вторичной продукции, выполнения работ, оказания услуг, в том числе повторного применения отходов по прямому назначению (рециклинг), а также извлечения полезных компонентов для их повторного применения (рекуперация).

Стоимость захоронения отходов существенно выросла согласно Постановлению Правительства РФ от 13 сентября 2016 года, № 913 «О ставках платы за негативное воздействие на окружающую среду и дополнительных коэффициентах».

С 2019 года в Российской Федерации в соответствии с Федеральным законом от 25 декабря 2018 г. № 483-ФЗ «О внесении изменений в статью 29.1 Федерального закона «Об отходах производства и потребления»

внедряется система обращения с ТКО, нацеленная на максимально возможную утилизацию отходов, в том числе органических.

Одной из эффективных и малозатратных технологий утилизации органических ТКО является переработка и нейтрализация фильтратов на специальных установках с применением биомембранных реакторов.

Однако в России технологии с применением биомембранных реакторов недостаточно детально разработаны. Кроме того, одним из недостатков комплексных установок очистки фильтратов является превышение нормативов показателей качества, которые строго регламентируются.

Одним из современных способов уменьшения значений показателей качества является организация комплексной технологии очистки.

Апробация новой комплексной технологии очистки фильтратов проводилась на территории: Общество с ограниченной ответственностью «Новые Трубные Технологии» Московская область, г.о. Сергиево-Посадский, д. Коврово, д. 50, помещ. 2.

Условия проведения - в соответствии с ТУ-28.29.12-006-99675234-2019.

1. ЗАДАЧИ И ЦЕЛИ АПРОБАЦИИ ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ ФИЛЬТРАТОВ НА СТАНЦИИ ОЧИСТКИ

Апробация проведена для оценки характеристик эффективности новой технологии очистки и технических характеристик комплексной очистки сточных вод при обработке фильтратов ТКО, изготовленных по техническим условиям ТУ-28.29.12-006-99675234-2019.

При апробации новой технологии комплексной очистки в комплексных установках достигаются следующие цели:

Изготовление опытно-промышленной установки очистки сточных вод для оценки эффективности блочно-модульных установок очистки сточных вод, изготовленных по техническим условиям ТУ-28.29.12-006-99675234-2019 очистки фильтрата ТКО.

Испытание эффективности работы новой комплексной технологии очистки на блочно-модульной установке для фильтрата ТКО, поступающего с полигона, расположенного в средней полосе России.

Для реализации выше поставленных целей апробации технологии очистки фильтрата ТКО решались следующие задачи:

- Смоделировать процесс очистки фильтратов на БМУ;
- Определить наличие вредных веществ сверх нормативных требований;
- Оценить возможность повышения эффективности очистки на БМУ;
- Исследовать свойства очищенного фильтрата с целью подтверждения его безопасности для окружающей среды.

- Доработка технологической схемы очистных сооружений в случае выявления несоответствия характеристик очищенного фильтрата представленным требованиям.

Результаты апробации технологии очистки фильтрата ТКО позволят получить экспериментальные данные, характеризующие качество получаемого компоста, и оценить возможность реализации данной технологии для использования на очистных сооружениях фильтрата ТКО.

2. ОЦЕНКА СВОЙСТВ СЫРЬЯ И МАТЕРИАЛОВ – ФИЛЬТРАТА ТКО

2.1. Состав и генезис фильтратов при апробации

2.1.1 Исследуемые показатели фильтрата ТКО и очищенной воды

Показатели качества выходящего после очистки фильтрата ТКО при испытаниях и их нормативные значения указаны в таблице 2.1. Предельные значения состава фильтрата полигона ТБО и ПДК для водоёмов рыбохозяйственного назначения указаны в приложении П1.

2.1.2. Полигон утилизации твердых бытовых отходов «Восточный»¹

Месторасположение: средняя полоса России.

Климатический район: II район (подрайон II В).

Климатические условия: умеренно континентальный, характеризуется тёплым летом, холодной зимой и хорошо выраженными переходными периодами — весны и осени.

Полигон ТБО состоит из двух карт. Первая карта законсервирована в 2020г. Ведутся работы по строительству второй карты полигона, вместимостью 385 000 тонн/год. На полигоне устраивается гидроизоляционная система, дренажная система сбора и отведения фильтрата, очистные сооружения.

Дренажная система сбора и отведения фильтрата, высланная на гидроизоляции, защищена слоем грунта. Фильтрат собирается в пруд-накопитель, заполнение которого сейчас составляет примерно 84 500м³.

По периметру действующей карты полигона организована система лотков и каналов для сбора и отведения дождевых вод, дно котлована покрыто глиняным замком, а поверх него гидроизоляционная пленка, которая без разрывов может растягиваться до 8 раз.

На дне котлована установлен защитный экран, который препятствует попаданию отходов в почву. Он состоит из нескольких слоев: это

¹ Информация из открытых источников интерната

специальный гидроизоляционный материал из геомембраны и геотекстиля, затем – песок и щебень.

Для второй карты предусмотрена дегазация и очистка свалочных газов. На первой карте эта система уже смонтирована и запущена в работу.

Режим работы очистных сооружений: непрерывный, круглосуточный, 365 рабочих дней в году. Производительность установки очистки фильтрата 150 м³/сутки (6,25 м³/час). Размещение сооружений – наземное в здании станции очистки фильтратов (СОФ).

Концентрация загрязнений исходного фильтрата, планируемого к поступлению, представлена в приложении П1.

Таблица 2.1

**Показатели качества выходящего после очистки фильтрата при испытаниях
и их нормативные значения**

№ п/п	Наименование показателя	Ед. изм.	Диапазон изменений	Численное значение	Погрешность (неопределённость)	Методика исследования	Норматив
1	2	3	4	5	6	7	8
Физико-химические исследования							
1	Группа «Фенолы»*						
2	Неорганические вещества						
2.1	Гидрокарбонаты	мг/дм ³		4610	± 37	ГОСТ 31957-2012 метод А2	-----
2.2	Кремний	мг/дм ³		22	± 0,57	НДП 10.1:2.3.100-2008	-----
2.3	Нитраты	мг/дм ³		0,1		ПНД Ф 14.1.175-2000/2014г.	Не более 40 (1)
2.4	Нитриты	мг/дм ³	50-500	12	± 0,49	НДП 10.1:2.3.91-2006/2014г.	Не более 0,08 (1)
2.5	Сульфаты	мг/дм ³	10-420	355	± 18	ПНД Ф 14.1.175-2000/2014г.	Не более 100 (1)
2.6	Сульфиды (HS-H ₂ S-S ₂ -)	мг/дм ³		0,016	± 0,0007	ПНД Ф 14.1:2.4.178-2002/2010г.	-----
2.7	Фосфор общий (в расчёте на PO ₄)	мг/дм ³		82	± 0,28	ПНД Ф 14.1:2.4.248-2007/2016г.	-----
2.8	Фториды	мг/дм ³		1,15	± 0,14	ПНД Ф 14.1:2.4.270-2012	Не более 0,75 (1)
2.9	Хлориды	мг/дм ³		1900	± 10	ПНД Ф 14.1.175-2000/2014г.	Не более 300 (1)
2.10	Карбонаты	мг/дм ³				ГОСТ 31957-2012 метод А2	-----
2.11	Полифосфаты (в расчёте на PO ₄)	мг/дм ³				ПНД 14.1:2.4.248-2007/2016г.	Не более 0,12 (1)
2.12	Фосфаты	мг/дм ³				ПНД Ф 14.1:2.4.248-2007/2016г.	Не более 0,61 (1)
2.13	Цианиды	мг/дм ³				ПНД Ф 14.1:2.56-96/2015г. результат - ср. арифм. знач., n=2	Не более 0,05 (1)
2.14	Сульфиты	мг/дм ³				ПНД Ф 14.1:2.4.163-2000/2009г.	Не более 1,9 (1)
2.15	Азот аммонийный	мг/дм ³		513		ПНД Ф 14.1:2.4.276-2013	Не нормируется
2.16	Аммоний-ион	мг/дм ³		578		ПНД Ф 14.1:2.4.276-2013	Не нормируется
3	Металлы						
3.1	Алюминий	мг/дм ³			± 0,013	ПНД Ф 14.1:2.4.143-98/2011г.	Не более 0,04 (1)
3.2	Железо	мг/дм ³			± 0,04	ПНД Ф 14.1:2.4.143-98/2011г.	Не более 0,1 (1)
3.3	Железо (Fe ²⁺)	мг/дм ³	3-180			ПНД Ф 14.1:2.4.259-10	-----
3.4	Калий	мг/дм ³	10-2500		± 2,1	ПНД Ф 14.1:2.4.143-98/2011г.	Не более 50 (1)
3.5	Кальций	мг/дм ³	20-600		± 9,9	ПНД Ф 14.1:2.4.143-98/2011г.	Не более 180 (1)

Продолжение таблицы 2.1

1	2	3	4	5	6	7	8
3.6	Магний	мг/дм ³	0,03-65		± 3,3	ПНД Ф 14.1:2:4.143-98/2011г.	Не более 40 (1)
3.7	Марганец	мг/дм ³	40-350			ПНД Ф 14.1:2:4.143-98/2011г.	Не более 0,01 (1)
3.8	Медь	мг/дм ³	4-1400		± 0,004	ПНД Ф 14.1:2:4.140-98/2013г.	Не более 0,001 (1)
3.9	Мышьяк	мг/дм ³			± 0,0012	ПНД Ф 14.1:2:4.140-98/2013г.	Не более 0,05 (1)
3.10	Натрий	мг/дм ³	50-4000		± 12,9	ПНД Ф 14.1:2:4.138-98/2017г.	Не более 120 (1)
3.11	Никель	мг/дм ³			± 0,007	ПНД Ф 14.1:2:4.140-98/2013г.	Не более 0,01 (1)
3.12	Свинец	мг/дм ³			± 0,00010	НДП 20.1:2:3.132-2015	Не более 0,006 (1)
3.13	Стронций	мг/дм ³			± 0,04	ПНД Ф 14.1:2:4.143-98/2011г.	Не более 0,4 (1)
3.14	Хром (Cr ³⁺)	мг/дм ³	30-1600		± 0,0011	ПНД Ф 14.1:2:4.140-98/2013г.	Не более 0,07 (1)
3.15	Хром общий	мг/дм ³			± 0,0011	ПНД Ф 14.1:2:4.140-98/2013г.	-----
3.16	Цинк	мг/дм ³	0,03-4,0		± 0,013	ПНД Ф 14.1:2:4.143-98/2011г.	Не более 0,01 (1)
3.17	Ртуть	мг/дм ³	8-1020			ПНД Ф 14.1:2:4.140-98/2013г.	Не более 0,00001 (1)
3.18	Хром (Cr ⁶⁺)	мг/дм ³				НДП 20.1:2:3.34-04/2018г.	Не более 0,02 (1)
4	Органические вещества						
4.1	ЛЖК	мг/дм ³			± 1,88	НДП 10.5.123-2012	-----
4.2	Формальдегид	мг/дм ³				ПНД Ф 14.1:2:4.84-96/2018г.	Не более 0,1 (1)
5	Обобщённые показатели						
5.1	Азот общий	мг/дм ³	50-5000	632		ПНД Ф 14.1:2:4.277-2013	-----
5.2	БПК5	мг/дм ³	20-550	9900	± 2,01	НДП 10.1:2:3.131-2016	Не более 2,1 (1)
5.3	Взвешенные вещества	мг/дм ³		13300	± 36	ПНД Ф 14.1:2:4.254-2009/2017г.	----- (2)
5.4	Взвешенные прокалённые вещества	мг/дм ³		9580	± 30	ПНД Ф 14.1:2:4.254-2009/2017г.	-----
5.5	Водородный показатель рН	ед. рН	7,5-9,0	8,59	± 0,20	ПНД Ф 14.1:2:3.4.127-97 (издание 2018 г.) результат - ср. арифм. знач., n=2	----- (3)
5.6	Жёсткость общая	°Ж		36	± 0,48	ПНД Ф 14.1:2:3.98-97 (издание 2016 г.) результат - ср. арифм. знач., n=2	-----
5.7	Прокалённый остаток	мг/дм ³		5400	± 40	ПНД Ф 14.1:2:4.261-2010 (издание 2015 г.)	-----
5.8	СПАВ анионные	мг/дм ³		1	± 0,03	ПНД Ф 14.1:2:4.15-95 (издание 2011 г.)	Не более 0,1 (1)

Окончание таблицы 2.1

1	2	3	4	5	6	7	8
5.9	СПАВ неионогенные	мг/дм ³		0,6021	± 0,18	ПНД Ф 14.1:2.247-2007/2016г.	Не более 0,25 (1)
5.10	Сухой остаток (общая минерализация)	мг/дм ³		9750	± 169	ПНД Ф 14.1:2:4.261-2010/2015г.	(4)
5.11	ХПК	мг/дм ³	500-4500	15100	± 26	ПНД Ф 14.1:2:4.210-2005/2013г.	-----
5.12	Щёлочность	ммоль/дм ³		75,6	± 0,61	ГОСТ31957-2012 метод А2	-----
5.13	Нефтепродукты общие	мг/дм ³				НДП 20.1:2:3.40-08/2015г.	Не более 0,05 (1)
5.14	Цвет ^{**}					НДП 10.1:2:3.20-97	-----
5.15	Щёлочность свободная	мг-экв/дм ³		5,1		ГОСТ31957-2012 метод А2	-----

Ссылка Нормативный документ

- (1) Нормативы качества воды объектов рыбохозяйственного значения, Приказ Минсельхоза России от 13.12.2016 № 552
- (2) Зависит от фонового содержания и категории объекта
- (3) Нормативы качества воды объектов рыбохозяйственного значения, Приказ Минсельхоза России от 13.12.2016 № 552: должен соответствовать фоновому значению
- (4) Зависит от категории водопользования

3. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ИСПЫТАНИЯ

3.1 Критерии эффективности и показатели качества продукции

Критерии эффективности модульной установки очистки фильтратов ТКО сформированы в виде системы, предоставленной на рис 3.1.

1. Основной технологический критерий эффективности – производительность Q оценивается из выражения

$$Q = P_{opt}, \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (1)$$

где P_{opt} - оптимальный расход фильтрата при его варьировании, при котором достигается значение показателя качества меньше требуемого по нормативам.

Показатель качества выбирается на основе априорной информации.

2. Степень трансформации показателя качества, характеризующая удаление загрязняющего вещества, определяется по формулам

$$\varepsilon_i = \frac{\Pi_i - \Pi_{i+1}}{\Pi_i}, \text{ усл.ед.}, \quad (2)$$

$$\varepsilon_c = \frac{\Pi_1 - \Pi_n}{\Pi_1}, \text{ усл.ед.}, \quad (3)$$

где Π_i, Π_{i+1} – соответственно значение показателя качества фильтрата до и после очистки; Π_1, Π_n – значение показателя на входе и выходе.

При $\varepsilon < 1$ – степень очистки; $\varepsilon > 1$ – степень загрязнения очищенного продукта.

3. Кратность очистки (улучшения) показателя μ по формулам

$$\mu_i = \frac{\Pi_i}{\Pi_{i+1}}, \text{ крат}, \quad (4)$$

$$\mu_c = \frac{\Pi_1}{\Pi_n}, \text{ крат}, \quad (5)$$

где Π_i, Π_{i+1} – соответственно значение показателя качества фильтрата до и после очистки; Π_1, Π_n – значение показателя на входе и выходе БМУ.

При $\mu > 1$ - кратность очистки, при $\mu < 1$ – кратность загрязнения.

4. Интенсивность очистки m по формуле

$$m = \frac{\mu}{\Pi_1}; m = \frac{1}{\Pi_c}, \text{ крат, мг} \quad (6)$$

где Π_1, Π_c - значение показателя на входе и выходе БМУ.

5. Коэффициент превышения нормативов величины показателя состава фильтрата

$$K_{\Pi} = \frac{\Pi_{\text{С}}}{\Pi_{\text{Н}}} \quad \text{или} \quad K_{\Pi} = \frac{\Pi_{\text{П}}}{\Pi_{\text{Н}}} \quad (7)$$

где $\Pi_{\text{Н}}$ – нормативное значение показателя, мг/дм³.

6. Удельная производительность q

$$q = \frac{Q}{S_{\text{уст}}} ; \text{ (м}^3\text{/ч)/м}^2, \quad (8)$$

где Q – производительность, м³/ч; $S_{\text{уст}}$ – площадь, м².

7. Удельная масса $M_{\text{уд}}$

$$M_{\text{уд}} = \frac{M_{\text{уст}}}{Q}, \text{ кг/(м}^3\text{/ч)}, \quad (9)$$

где Q – производительность, м³/ч; $M_{\text{уст}}$ – масса, кг.

8. Удельные энергозатраты $\text{Э}_{\text{уд}}$

$$\text{Э}_{\text{уд}} = \frac{N}{Q}, \text{ кВт/(м}^3\text{/ч)}, \quad (10)$$

где N – мощность, кВт; Q – производительность, м³/ч.

9. Удельный расход воздуха $\text{СВ}_{\text{уд}}$

$$\text{СВ}_{\text{уд}} = \frac{Q_{\text{СВ}}}{Q}, \text{ (м}^3\text{/ч)/(м}^3\text{/ч)}, \text{ м} \quad (11)$$

где $Q_{\text{СВ}}$ – расход воздуха, м³/ч; Q – производительность, м³/ч.

10. Удельная трудоемкость обслуживания $\text{ТР}_{\text{уд}}$

$$\text{ТР}_{\text{уд}} = \frac{\text{ТР}}{Q}, \text{ нч/(м}^3\text{/ч)}, \quad (12)$$

где ТР – трудоемкость, нч; Q – производительность, м³/ч.

11. Удельная себестоимость очистки $\text{С}_{\text{уд}}$

$$\text{С}_{\text{уд}} = \frac{C}{Q}, \text{ тыс. руб/(м}^3\text{/ч)}, \quad (13)$$

где C – себестоимость, тыс. руб; Q – производительность, м³/ч.

12. Удельные капиталовложения $\text{К}_{\text{уд}}$

$$\text{К}_{\text{уд}} = \frac{K}{Q}, \text{ тыс. руб/(м}^3\text{/ч)}, \quad (14)$$

где K – капвложения, тыс. руб; Q – производительность, м³/ч.

13. Срок окупаемости капиталовложений $\text{T}_{\text{уд}}$

$$T_{\text{уд}} = \frac{K}{K_{\text{аморт}}}, \text{ лет,} \quad (15)$$

где K – капвложений, тыс. руб.;

$K_{\text{аморт}}$ – амортизация капвложений, тыс. руб. год.

Критерии ε , μ и m предложены для удобства анализа и ранжирования эффективности очистки при большом количестве показателей качества фильтратов. При этом критерий конкретизируется с помощью индекса, сокращенно символизирующего показатель, этап, операцию и т.д..

Критерии ε , μ , m , $K_{\text{п}}$ удобны при относительной оценке эффективности в связи с колебанием величины исходного показателя качества фильтрата.

Оценка критериев эффективности “У” соответствующих значению параметров управления “Х” по существу и является основой формирования таблиц (эмпирических зависимостей критериев качества “У” (“Х”) от показателей или каких-либо параметров процесса очистки), анализ которых и позволяет производить оптимизацию той или иной операции очистки.

При апробации БМУ ОФ в основном определяется соответствие показателей качества фильтратов после очистки нормативным требованиям (таблица 2).

При исследованиях эффективности очистки фильтратов на предмет выявления резервов (потенциала) обеспечения соответствия показателей качества требованиям и оптимизации СОФ целесообразно использовать ε , μ , m , $K_{\text{п}}$.

При апробации необходимо проводить в соответствии с региональными требованиями и требованиями ГН анализ показателей качества рекомендуемыми методами. Состав показателей качества регламентируется в соответствии с рекомендациями по ограниченному перечню.

Оцениваемые показатели качества и критерии эффективности относятся к различным группам показателей:

- обобщённые показатели.
- неорганические вещества;
- металлы;

При анализе проб используются индикаторы - показатели качества, представлены в таблице 3.1.

Таблица 3.1

**Индикаторы (показатели) качества П
и интервалы критерия эффективности $\mu_{П}$ для фильтратов ТКО**

№ п/п	Наименование показателя – индикатора	Размерность	Интервал варьирования критерия эффективности $\mu_{П}$, крат	
			макс	мин
1	Обобщенные показатели			
1.1	Азот аммонийный	мг/дм ³	1000	88
1.2	БПК 5	мг/дм ³	14262	1507
1.3	Взвешенные вещества	мг/дм ³	4336	26,7
1.4	Водородный показатель	ед. рН	8,91	6,68
1.5	Жесткость	°Ж	15,0	-
1.6	Нефтепродукты	мг/дм ³	54	6,5
1.7	Сухой остаток	мг/дм ³	15460	2003
1.8	1ХПК	мг/дм ³	35225	3280
1.9	Щелочность общая	ммоль/дм ³	200	13,2
2.	Неорганические вещества			
2.1	Нитриты	мг/дм ³	0,30	0,064
2.2	Нитраты	мг/дм ³	22,0	0,31
2.3	Сульфаты-анионы	мг/дм ³	354	17,5
2.4	Фосфат-ионы	мг/дм ³	25	0,34
2.5	Фториды-анионы	мг/дм ³	18,5	2,6
2.6	Хлориды-ионы	мг/дм ³	2419	248
2.7	АПАВ	мг/дм ³	1,2	0,1
3.	Металлы			
3.1	3.1 Железо общее	мг/дм ³	25,8	0,26
3.2	3.2 Кадмий	мг/дм ³	0,003	0,0001
3.3	3.3 Кальций	мг/дм ³	186	-
3.4	3.4 Кобальт	мг/дм ³	0,109	0,0029
3.5	3.5 Магний	мг/дм ³	68	-
3.6	3.6 Марганец	мг/дм ³	9,28	0,066
3.7	3.7 Медь	мг/дм ³	0,17	0,016
3.8	3.8 Натрий	мг/дм ³	3316	342
3.9	3.9 Никель	мг/дм ³	0,640	0,019
3.10	3.10 Свинец	мг/дм ³	0,073	0,002
3.11	3.11 Хром общий	мг/дм ³	0,3	0,01
3.12	3.12 Цинк	мг/дм ³	0,2	0,051



Рисунок 3.1. Схема классификации критериев эффективности блочно-модульных установок очистки фильтров ТКО

3.2 Оборудование

3.2.1 Обоснование выбора технологии

Особенности химического состава фильтрата

Химический состав фильтрата зависит от морфологии депонированных отходов и этапа жизненного цикла полигона, для каждого из которых характерны определенные химические реакции и состав микроорганизмов, участвующих в разложении отходов. Фильтрат полигонов ТКО содержит повышенные концентрации органических веществ, в том числе биологически трудно окисляемую органику, например, галогенорганические соединения (ГОС), тяжелых металлов и соединений минерального происхождения.

Обычно фильтрат подразделяют на «молодой» (после 2–7 лет складирования отходов) и «старый». Для «молодого» фильтрата характерны высокие значениями ХПК(500–60000 мгО₂/л) и БПК₅ (200–40000 мгО₂/л). Окисление органических соединений приводит к образованию кислот, способствующих растворению металлов и переходу их в фильтрат. Со временем уменьшается содержание органического углерода и для «старого»

фильтрата характерны значения ХПК около 3000–4000 мгО₂/л и БПК₅ около 100–400 мгО₂/л, однако повышается доля биорезистентных компонентов. Также протекает связывание ионов металлов с образованием карбонатов или гидроксидов металлов, вследствие чего снижаются их концентрации в фильтрате. С течением жизни полигона происходит и снижение концентрации сульфат-иона в фильтрате от 1000 до 200 мг/л за счет восстановления сульфатов до сульфидов и серы. Концентрация хлоридов может изменяться в пределах 200–5000 мг/л, концентрация ионов аммония – от 300 до 3000 мг/л. Общая минерализация достигает 10000 мг/л [4–9].

Технологии очистки фильтрата полигона ТКО

Непосредственно методы, которые могут быть использованы для очистки фильтрата, можно разделить на механические, биологические и физико-химические. Как правило, каждый из способов направлен на очистку от определенных загрязнителей. Например, для удаления органических примесей используют биологические методы. Для извлечения ионов тяжелых металлов, магния, кальция и других, используют физико-химические: осадительные, ионообменные или мембранные методы. Для доочистки используют адсорбционные или мембранные технологии. Обеззараживание воды осуществляют хлорированием, озонированием или ультрафиолетовым облучением [5; 11; 14; 15].

Существует практика сброса фильтрата в канализационные сети для очистки вместе с городскими бытовыми стоками. В Германии подобная очистка разрешается, если объем фильтрата составляет не более 5 % от общего объема стоков, подаваемых на городские очистные сооружения [10]. При увеличении объемов фильтрата ухудшаются процессы отстаивания сточных вод во время механической очистки и возрастает их коррозионная активность. Также это способствует накоплению ионов тяжелых металлов в активных илах и исключает традиционную возможность их использования в качестве удобрения в сельском хозяйстве, биотоплива или субстрата для рекультивации нарушенных земель [11].

Механические методы

К методам механической очистки вод относят отстаивание, фильтрацию, сепарацию. Данные методы применяются в качестве подготовки фильтрата (удаление нерастворенных загрязнений) к дальнейшей глубокой очистке, основанной на других методах.

Биологические методы

Биологическими методами обезвреживания сточных вод являются аэробная и анаэробная очистки. Процесс очистки основан на способности микроорганизмов использовать растворенные органические и некоторые неорганические вещества в качестве питательных в процессе жизнедеятельности.

Аэробная очистка происходит за счет аэробных микроорганизмов, для жизнедеятельности которых необходим кислород. Интенсивная аэробная очистка фильтрата может приводить к снижению на 90 % БПК и на 80 % ХПК [12; 16;17].

Существуют системы аэробной очистки с прикрепленной микрофлорой – биофильтры. На поверхности загрузочных материалов формируется биопленка, биоценоз которой подобен биоценозу активного ила аэротенков. В качестве загрузки выступают инертные материалы – пластмасса, керамзит, щебень. Недостатком эксплуатации биофильтров является осаждение на загрузочных материалах карбонатов и фосфатов металлов, препятствующих дальнейшему протеканию биоокисления [19].

Анаэробная очистка происходит за счет анаэробных микроорганизмов, жизнедеятельность которых протекает без доступа кислорода. Использование данного метода целесообразно для «молодого» фильтрата с высоким ХПК (более 6000 мгО₂/л) и последующей утилизацией образовавшегося биогаза в качестве энергетического ресурса. Анаэробные методы эффективны при температуре выше 30 °С и величине рН = 7,2–8,5. В метантенках степень очистки фильтрата по ХПК составляет 40–50 %[17; 20], что говорит о необходимости отправлять воду после метантенков на доочистку.

Присутствие солей меди, хрома и других тяжелых металлов подавляет работу анаэробных бактерий. Часто при очистке фильтрата полигонов ТКО предлагается применение последовательной анаэробной и аэробной очистки. Данный способ позволяет снизить содержание органических соединений на 50–60 % [21; 22].

Новым направлением очистки фильтрата является использование ферментов класса оксигеназ, которые применяются для интенсификации процессов разложения трудноокисляемых органических соединений. Данный метод позволяет достигать значительного снижения содержания цинка, хрома, меди, полного удаления смол, мазута, абразива, пластиковой стружки [23].

Физико-химические методы

К физико-химическим методам очистки относят коагуляцию, флокуляцию, флотацию, ионный обмен, сорбцию, микро- и ультрафильтрацию, обратный

осмос, озонирование, электрохимическое окисление, фотохимическое окисление, ультрафиолетовое излучение.

При коагуляции фильтрата для осаждения загрязняющих веществ обычно используют известь, глинозем, сульфаты железа и алюминия. В результате происходит некоторое осветление, выделяется большое количество осадка, а ХПК снижается не более чем на 40 %[14; 24].

Химическое окисление с помощью Cl_2 , $Ca(ClO)_2$, $KMnO_4$ или O_3 приводит к лучшему осветлению и снижает ХПК до 48 % [19; 25]. Однако использование галогенов приводит к образованию опасных галогенированных соединений.

Метод электрохимической очистки фильтрационных вод ТКО предусматривает обработку воды в диафрагменном электролизере. Использование электрокоагуляции позволяет значительно снизить содержание взвешенных и коллоидных веществ, а также ионов тяжелых металлов [26].

Метод адсорбции чаще всего применяется в качестве доочистки фильтрата. Недостатком является необходимость частой регенерации стержней с адсорбентами [27].

Распространенными в последнее время являются мембранные технологии очистки фильтрата, а именно – обратный осмос. Для использования данного метода необходима механическая и химическая предочистка фильтрата. Недостатками обратного осмоса являются необходимость замены мембран и образуемый токсичный концентрат (в количестве до 50 %), который, как правило, возвращают в тело полигона, что в последующем может влиять на состав образуемого фильтрата и, соответственно, снижать эффективность его очистки.

Упрощенная схема предочистки фильтрата при использовании обратного осмоса, заключающаяся в обработке серной кислотой и фильтрации на песочном фильтре, реализована в г. Новокузнецк и нескольких странах Европы (Эстония, Литва). Уменьшение ступеней очистки достигается использованием диск-трубчатых модулей обратного осмоса, разработанных компанией «ROTREAT».

В ряде городов России (г. Сочи, г. Нариманов, г. Нягань, г. Адлер, г. Владимир, г. Дмитров) используется установка, запатентованная ООО «БМТ» [30]. Установка разработана на основе следующей технологии: фильтрат проходит предочистку путем электрохимической обработки и фильтрации, после чего поступает на обратноосмотический модуль и подвергается доочистке на сорбенте. Применение электрохимической обработки приводит к переводу биологически неокисляемых азотсодержащих веществ аммонийной

формы в нитросоединения. Одновременно с этим происходит и глубокое обеззараживание воды образующимся в ней активным хлором [31].

В некоторых странах (Германии, Финляндии, Чехии, Литве) широко используется электроплазменная технология очистки и обеззараживания фильтрата полигонов ТКО. Метод базируется на электрофизических явлениях: на фильтрат действуют импульсные электромагнитные поля, импульсные электрические разряды (плазма), знакопеременные электрические поля. С помощью данного метода в составе фильтрата значительно снижается ХПК и БПК, содержание азота, фосфатов, хлоридов, ПАВ [23].

Авторы [29] описывают электрохемосорбционный метод для очистки фильтрата, который сочетает в себе ряд физико-химических методов: фильтрацию, флотацию, электроокисление и хемосорбцию. Особенностью данного способа очистки является взаимное усиление фактора окисления и сорбции. Окисление под действием электрического тока обеспечивает подготовку фильтрата для сорбции. Сорбент дополнительно выполняет функцию катализатора. Эффективность очистки от неорганических и органических загрязнителей составляет 96,5 %, от взвешенных веществ – 99,9 %.

Иногда применяется технология изменения агрегатного состояния фильтрата ТКО из жидкости в твердый продукт. За рубежом основным связующим в данной технологии выступает цемент [32]. В Европе данную технологию активно используют для утилизации концентрата, образующегося при очистке фильтрата методом обратного осмоса [33; 34]. В России известен способ утилизации фильтрата ТКО совместно с золой от сжигания ТКО [35], заключающийся в смешении фильтрата с золой, цементом и песком в соотношении 1:1,5:1:0,3. Преимуществом данного метода является параллельная утилизация золы. Использование большого количества цемента в данных случаях экономически невыгодно.

Комплексные технологии очистки фильтрата ТКО

В связи с тем, что в фильтрате содержится широкий спектр загрязнителей различного характера, для его очистки необходима комплексная технология, включающая в себя комбинации имеющихся методов очистки.

Технология мембранного биореактора объединяет в себе методы биологической очистки (этапы нитрификации и денитрификации сточных вод) и мембранную сепарацию. За счет мембранных модулей повышается концентрация активного ила в биореакторе, что в свою очередь увеличивает окисляющую мощность сооружений в целом. Очистные установки, разработанные компанией «WEHRLE» на основе данной технологии, применяются в Германии с конца 20-го века [14].

При использовании биофильтров в качестве загрузочных материалов добавляют природные сорбенты, что приводит к одновременному протеканию процессов адсорбции и биологического окисления органических веществ. Авторами [28] представлена конструкция биофильтра для очистки фильтрата, которая состоит из елово-осиновой 5-летней коры, шлака, скопа, недожога окорки древесины (сорбент Н) и гравия крупностью 50–100 мм. Преимуществом данного биофильтра является использование отходов производства в качестве загрузочных материалов. Апробация данного биофильтра выявила невозможность проведения полноценной очистки фильтрата полигонов ТКО, однако данная конструкция может быть успешно реализована в составе комплексной технологии.

На полигонах ТКО Австрии реализована схема очистки фильтрата, состоящая из блока биологической очистки (денитрификатора и нитрификатора), реакторов с озоновоздушной смесью, где протекает доочистка, и блока обеззараживания воды с использованием ультрафиолетового излучения. В схеме применяются биореакторы с прикрепленной микрофлорой [4].

Институтом коллоидной химии и химии воды (г. Киев) разработана схема, в которой предочистка фильтрата перед обратным осмосом осуществляется с помощью анаэробно-аэробной биологической очистки, коагуляции, обеззараживания гипохлоритом натрия, фильтрации, доочистки в Натрионитовых фильтрах и электродиализного обессоливания [4].

На полигонах используют технологию очистки фильтрата, которая включает в себя анаэробно-аэробную биологическую очистку; флокуляцию; очистку в адсорбционном фильтре. Образующийся в ходе очистки шлам поступает на полигон. Подобными очистными сооружениями оснащены практически все крупные полигоны ТКО в Японии [19].

Схема очистки фильтрата, разработанная в Венском техническом университете, состоит из блока биологической очистки (денитрификатор и два нитрификатора) и блока мембранной очистки (ультрафильтрация и обратный осмос) [4].

Заключение

Несмотря на широко развитие технологий на основе обратного осмоса за рубежом, в России подобные установки реализованы на единичных полигонах, что связано, в первую очередь, с высокими эксплуатационными затратами и высоким риском выхода установок из строя. Немаловажным фактором является образование вторичных отходов (в количестве до 50 %) при использовании данных методов очистки, которые, как правило, подлежат захоронению.

Технологии очистки фильтрата, показывающие высокую степень очистки, как правило, представляют собой комбинацию механических, биологических и физико-химических процессов. Наиболее эффективной технологией утилизации органических загрязнений фильтратов ТКО является переработка на специальных установках с применением мембранных биореакторов (МБР).

Мембранные биореакторы (МБР) более 30-лет применяются для очистки фильтратов с полигонов ТКО и мусороперерабатывающих заводов. В мире реализовано несколько сотен очистных установок данного типа в более чем в 30 странах, разработанных специально для фильтрата ТКО. На основе длительной эксплуатации мембранных биореакторов подтвержден устойчивый экономический эффект со стабильными и предсказуемо низкими эксплуатационными расходами. Предварительная физико-химическая очистка фильтрата ТКО обеспечивает стабильность работы МБР. Доочистка с введением озона перед сорбционными фильтрами обеспечивает доокисление сложноразлагаемых загрязнений. А финишная обратноосмотическая обработка гарантирует высокое качество очищенного фильтрата.

Компания ООО «НТТ» подтвердила на практике эффективность, технологичность и универсальность комплексной биомембранной технологии очистки фильтратов ТКО на примере длительных опытно-промышленных испытаниях на блочно-модульной установке очистки сточных вод, изготовленной по ТУ 28.29.12-006-99675234-2019.

Основные характеристики методов, их достоинства и недостатки, варианты исполнения оборудования представлены в приложении П14.

3.2.2 Оборудование для проведения испытаний

Оборудование для проведения испытаний представлено блочно-модульной установкой очистки фильтров (БМУ ОФ) полигонов ТКО. Блок-схема установки показаны на рисунке 3.2. Общий вид установки БМУ показан на рисунке 3.3.

Технологические схемы блоков очистки показаны на рисунках 3.4-3.6.

Технические характеристики блочно-модульной установки очистки фильтров показаны в таблице 3.2.

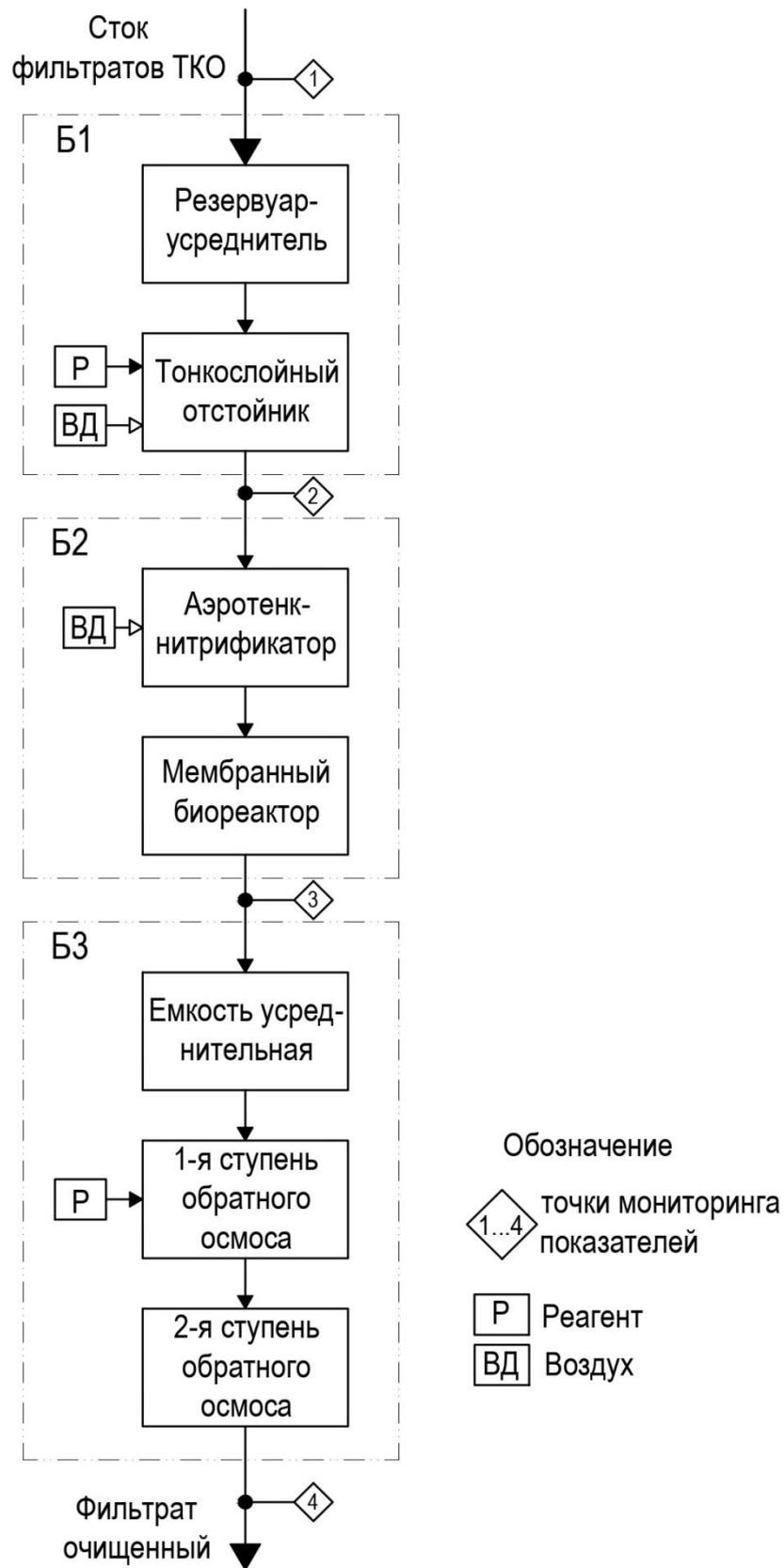


Рисунок 3.2. Блок-схема алгоритма испытаний БМУ

Таблица 3.2

**Техническая характеристика блочно-модульной
установки очистки фильтратов**

№ п/п	Наименование	К-во	Размеры			Объем, м3	Масса, кг	N, кВт	Q, м3/ч
			L, мм	B, мм	H, мм				
Блок Б1									
1	Усреднитель	1		1332	4873	5	540		
2	Тонкослойный отстойник	1				5	640		
3	Емкость Анион-1000 в обрешетке	2	1000	1000	1000	1	60		
4	Насос циркуляционный	2							
5	Модуль приготовления и дозирования реагента	1				0,1		0,04	0,012
6	Модуль приготовления и дозирования реагента	1				0,1		0,04	0,012
7	Насос циркуляционный	2	130					0,03	4,00
Блок Б2									
1	Горизонтальная емкость	1	3800	1400	2400	20	2202,4		
2	Вертикальная емкость	1	1631	1332	2400	13	876,1		
3	Мембранные элементы	15							2,10
4	Компрессор	1	1270	680	1585	270	305	4,00	33,00
5	Насос	2						0,32	
Блок Б3									
1	Емкость	2		1225	2910	2	190		
2	Установка ультрафильтрации	1	1100	600	1400				2,00
3	Обратноосмотическая система	1	2700	800	1500		300	3,00	2,00
4	Модуль приготовления и дозирования реагента	1				0,1		0,04	0,012
5	Насос	3	130					0,03	4,00

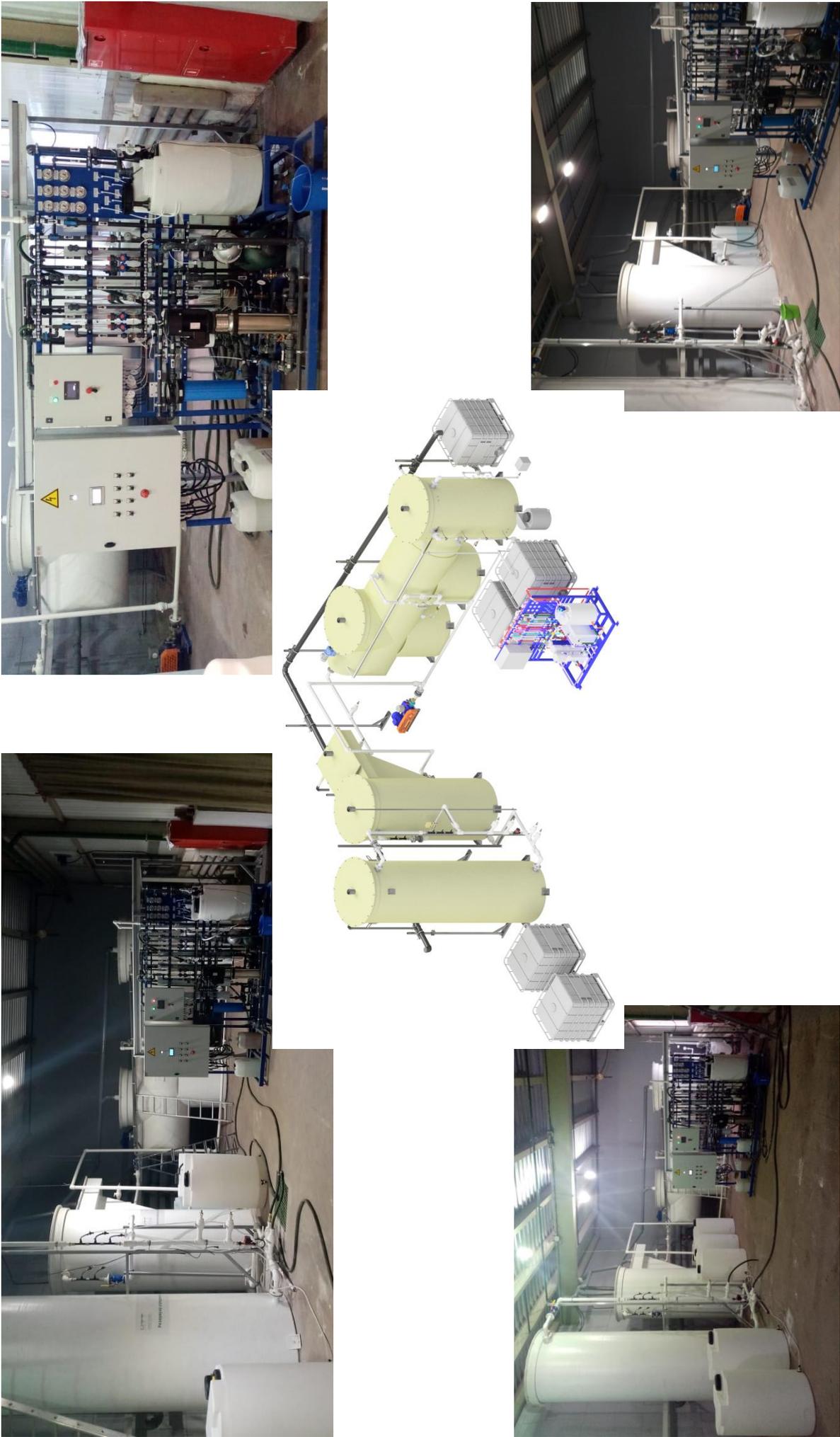


Рисунок 3.3. Внешний вид блочно-модульной установки (БМУ) очистки фильтратов (ОФ) полигонов ТКО (состав см. табл. 3.2)

3.2.2.1 Описание реагентно-осадительного блока Б1

В состав блока Б1 входят (рис. 3.4):

модуль – емкость усреднительная;

модуль – смешивания с известковым молоком, отстаивания и тонкослойного осаждения, емкость, площадь отстаивания $S_{отс}$, площадь осаждения $S_{ос}$;

модуль – приготовления и дозирования реагента в количестве 2-х единиц, в том числе, один модуль для приготовления и дозирования известкового молока, емкостью $V=0,5 \text{ м}^3$.

Блок Б1 предназначен для коагуляции взвешенных и растворимых веществ, совместном их отстаивании и тонкослойном осаждении.

Блок Б1 переводит основную часть взвесей в осадок и в значительной мере определяет эффективность всей установки БМУ ОФ. Техническая характеристика представлена в таблице 3.3.

Таблица 3.3

Техническая характеристика блока Б1

№ пп	Наименование	Обозначение	Размерность	Значение (интервалы)
	Емкость усреднительная	ЕУ		
1	Габаритные размеры:			
1.1	длина	$L_{Б1}$	мм	
1.2	ширина	$B_{Б1}$	мм	1332
1.3	высота	$H_{Б1}$	мм	4873
2	Объем	V	м^3	5
3	Высота уровня фильтрата	$H_{\text{ср ЕУ}}$	м	4
4	Максимальный расход фильтрата	$Q_{\text{срmax}}$	$\text{м}^3/\text{ч}$	0,2

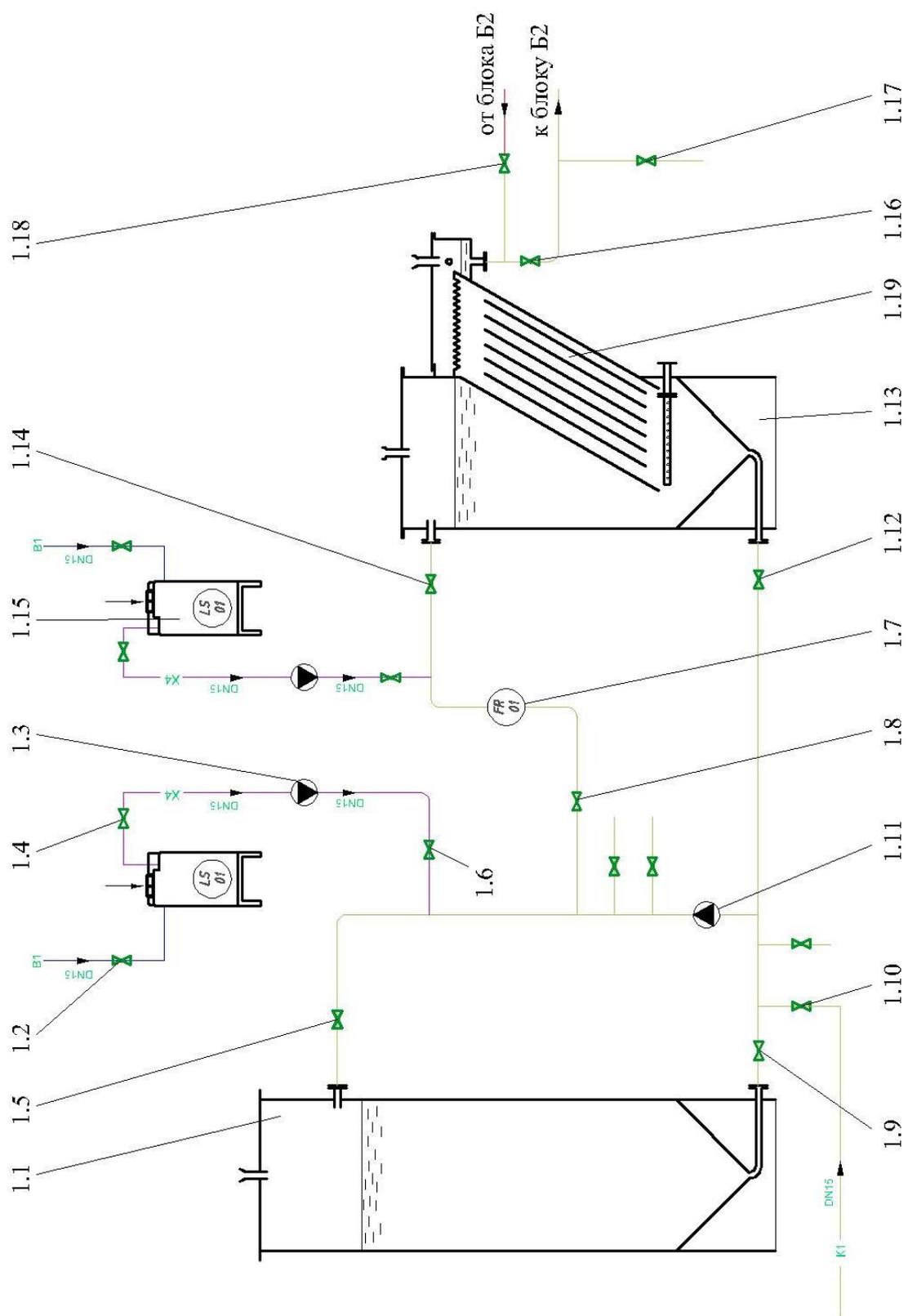


Рисунок 3.4. Технологическая схема реагентно-осадительного блока Б1 (обозначение и расшифровка показаны в табл. 3.3)

3.2.2.2 Описание блока биомембранной очистки Б2

В состав блока биомембранной очистки Б2 входят (размещенные в одном корпусе последовательно) секции перемешивания и нитрификации, аэрации, денитрификации и мембранного отделения фильтрованием образующихся хлопьев (рис. 3.5).

Блок Б2 предназначен для нейтрализации вредных веществ (ВВ) с помощью анаэробных микроорганизмов, переводом ВВ в активный ил с извлечением с помощью мембранного фильтра.

Блок Б2 во многом определяет качество очистки фильтратов от вредных растворенных веществ различной природы и по существу относится к природоподобным технологиям.

Техническая характеристика блока Б2 представлена в таблице 3.4.

Таблица 3.4

Техническая характеристика блока Б2

№ пп	Наименование	Обозначение	Размерность	Значение
1	Часовая производительность	$Q_{ч}$	м ³ /ч	0,2
2	Суточная производительность	$Q_{сут}$	м ³ /сут	4,8
3	Количество и марка мембранных элементов	$K_{мэ}$	шт	15
4	Емкость			
5	Габаритные размеры:			
5.1	длина	$L_{Б2}$	мм	5400
5.2	ширина	$B_{Б2}$	мм	1400
5.3	высота	$H_{Б2}$	мм	2400
6	Масса установки	$M_{Б2}$	кг	3200

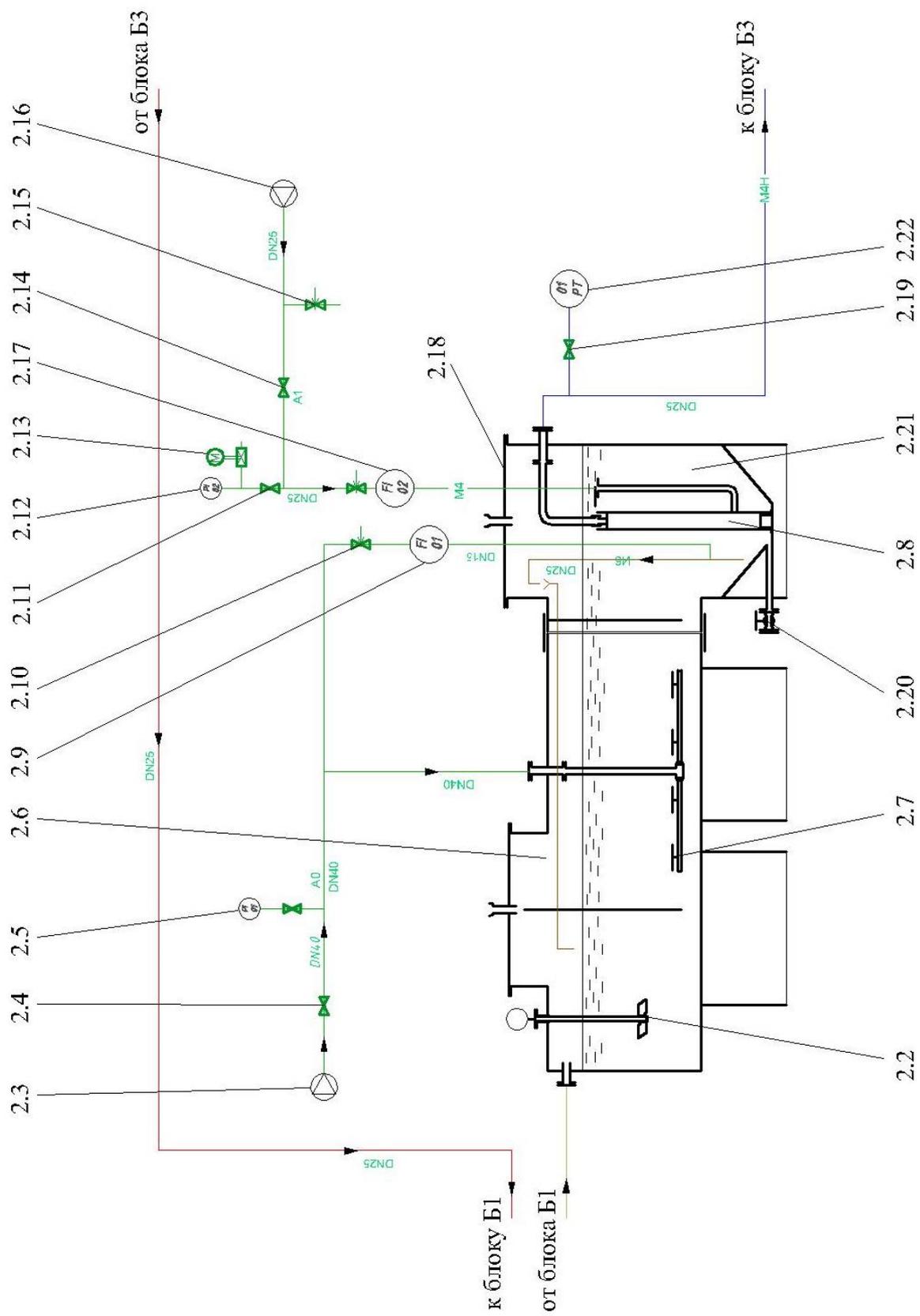


Рисунок 3.5. Технологическая схема блока биомембранной очистки Б2 (обозначение и расшифровка показаны в табл. 3.4)

3.2.2.3 Описание блока обратноосмотической очистки водного стока БЗ

В состав блока БЗ входят (рис. 3.6):

- модуль – емкость усреднения стока;
- дозатор антискаланта;
- модуль – обратноосмотической доочистки.

Техническая характеристика модулей фильтрации и доочистки представлена в таблице 3.5.

Блок БЗ предназначен для доочистки водных стоков блока Б2 и достижения требуемых значений показателей качества (приложение П1).

Таблица 3.5

Техническая характеристика блока БЗ

№ пп	Наименование	Обозначение	Размерность	Значение
1	Емкость усреднительная	ЕУ		
2	Габаритные размеры:			
2.1	длина	Л _{Б1}	мм	1200
2.2	ширина	В _{Б1}	мм	1000
2.3	высота	Н _{Б1}	мм	1200
3	Объем	V	м ³	1
4	Высота уровня фильтрата	Н _{ср ЕУ}	м	0,9
5	Максимальный расход фильтрата	Q _{срmax}	м ³ /ч	1,5

В связи с образованием в процессе очистки фильтратов большого количества шламов и их высокой обводненности рекомендуется в процессе апробации проверить шламовую установку обезвоживания шламов (приложение П14).

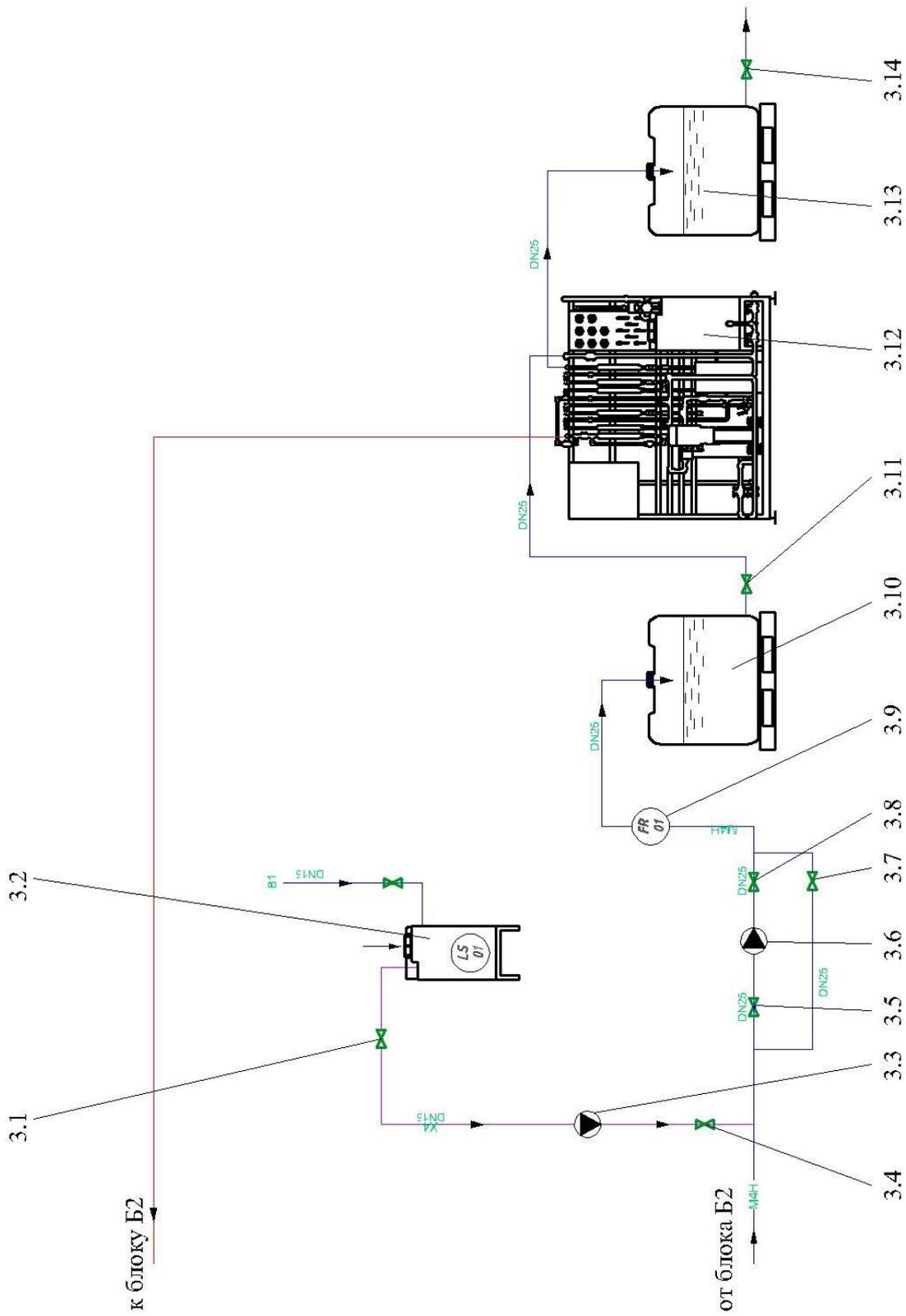


Рисунок 3.6. Технологическая схема блока обратнo-осмотической очистки Б3 (обозначение и расшифровка показаны в табл. 3.5)

3.3 Настройки блоков и контролируемые показатели качества

Настройки блоков Б1-Б3 даны в приложении П4.

Параметры управления блоками Б1 и Б2 при оптимизации БМУ даны в приложении П5.

Точки контроля и забора проб показаны в приложении П6.

Параметры управления и показатели качества по операциям даны в приложении П7.

Контроль параметров в биомембранном блоке показан в Приложении П8.

Контрольные уровни процесса очистки активным илом – это максимальные и минимальные значения контролируемых параметров, определяющих диапазоны, в которых будет достигаться желаемое качество очищенного потока.

Существует два подхода к организации управления системой очистки активным илом. Оператор может дожидаться значительных изменений в процессе и тогда вносить существенные изменения в процесс, либо он может установить нормальные рабочие уровни параметров процесса и далее выполнять лишь небольшие корректировки в установленных рабочих диапазонах.

При установлении контрольных уровней системы очистки следует учитывать ряд факторов:

- 1) характеристики входящего потока (БПК, содержание минеральных веществ, рН, токсичность и температура, объём и режим сбросов);
- 2) вклад промышленных источников (объём и характеристика сбросов);
- 3) боковые потоки (надосадочная жидкость из резервуара-отстойника, надосадочный слой жидкости из аэробного или анаэробного реактора, жидкости после обезвоживания осадка, надосадочная жидкость после тепловой обработки и после окисления ила хлором);
- 4) сезонные колебания (температуры, растворимости кислорода, активности организмов и характеристик стоков);
- 5) необходимое качество очищенного потока.

3.4 Контроль параметров процесса очистки активным илом

Оператор, управляющий процессом очистки активным илом, должен быть осведомлён о параметрах, важных для контроля процесса. Осуществлять мониторинг этих параметров и их оперативное регулирование для поддержания оптимальной эффективности обработки.

3.5 Показатели качества фильтрата

Расширенный комплекс показателей качества фильтрата до и после показан в приложении П1.

Ограниченный состав фильтратов ТКО представлен в таблице 3.6.

Таблица 3.6

Ограниченный состав исходных фильтратов ТКО

Коды	Наименование показателей	Единицы измерения	Норматив
1	1.Обобщенные показатели		
1.1	1.1 Азот аммонийный	мг/дм ³	0,5
1.2	1.2 БПК 5	мг/дм ³	2,1
1.3	1.3 Взвешенные вещества	мг/дм ³	10,25
1.4	1.4 Водородный показатель	ед. рН	6,5-8,5
1.5	1.5 Жесткость	°Ж	не норм
1.6	1.6 Нефтепродукты	мг/дм ³	0,05
1.7	1.7 Сухой остаток	мг/дм ³	не норм
1.8	1.8 ХПК	мг/дм ³	не норм
1.9	1.9 Щелочность общая	ммоль/дм ³	не норм
2.	2. Неорганические вещества		
2.1	2.1 Нитриты	мг/дм ³	0,08
2.2	2.2 Нитраты	мг/дм ³	40
2.3	2.3 Сульфаты-анионы	мг/дм ³	100
2.4	2.4 Фосфат-ионы	мг/дм ³	0,2
2.5	2.5 Фториды-анионы	мг/дм ³	0,05
2.6	2.6 Хлориды-ионы	мг/дм ³	300
2.7	2.7 АПАВ	мг/дм ³	0,1
3.	3. Металлы		
3.1	3.1 Железо общее	мг/дм ³	0,1
3.2	3.2 Кадмий	мг/дм ³	0,005
3.3	3.3 Кальций	мг/дм ³	180
3.4	3.4 Кобальт	мг/дм ³	0,01
3.5	3.5 Магний	мг/дм ³	40
3.6	3.6 Марганец	мг/дм ³	0,01
3.7	3.7 Медь	мг/дм ³	0,001
3.8	3.8 Натрий	мг/дм ³	120
3.9	3.9 Никель	мг/дм ³	0,01
3.10	3.10 Свинец	мг/дм ³	0,006
3.11	3.11 Хром общий	мг/дм ³	0,02
3.12	3.12 Цинк	мг/дм ³	0,01

Ограниченный состав фильтратов предложен для использования при оптимизации БМУ с целью снижения расходов.

3.6. Методики измерения показателей качества

Методики измерения показателей качества показаны в приложении П5.

Алгоритмы проведения апробации показан на рисунке 3.7, оптимизации на рисунке 3.8 и испытаний на рисунке 3.9.

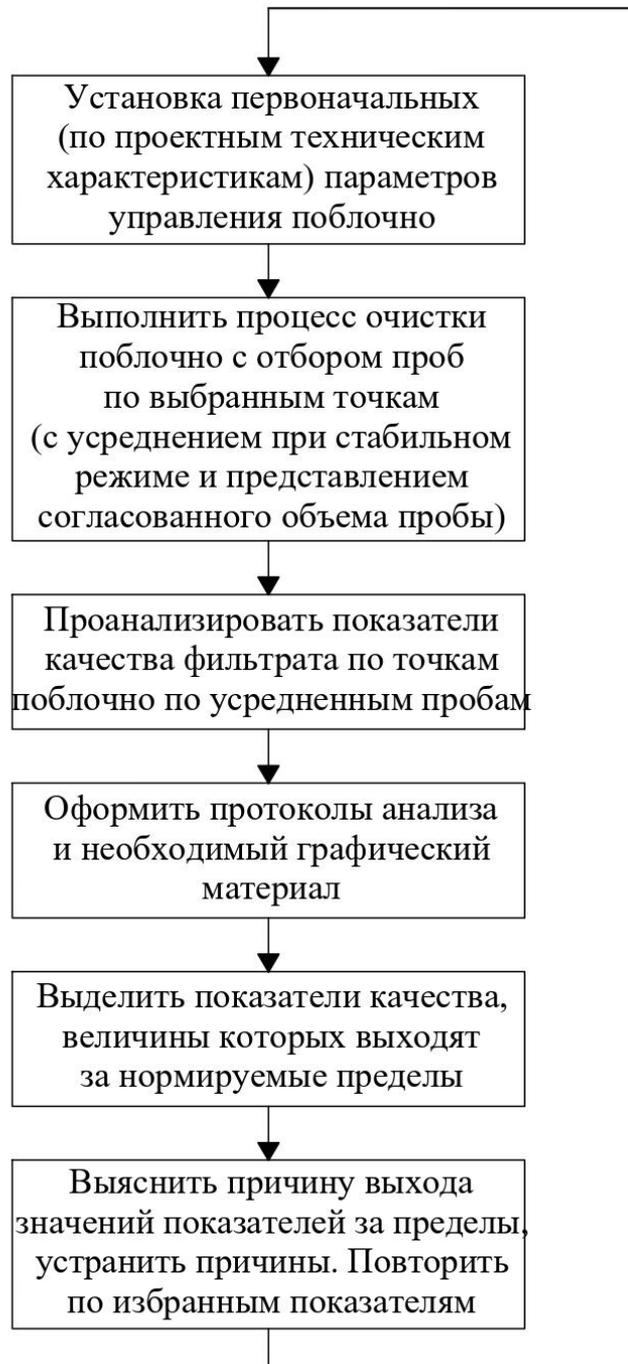


Рисунок 3.7. Блок-схема алгоритма проведения апробации

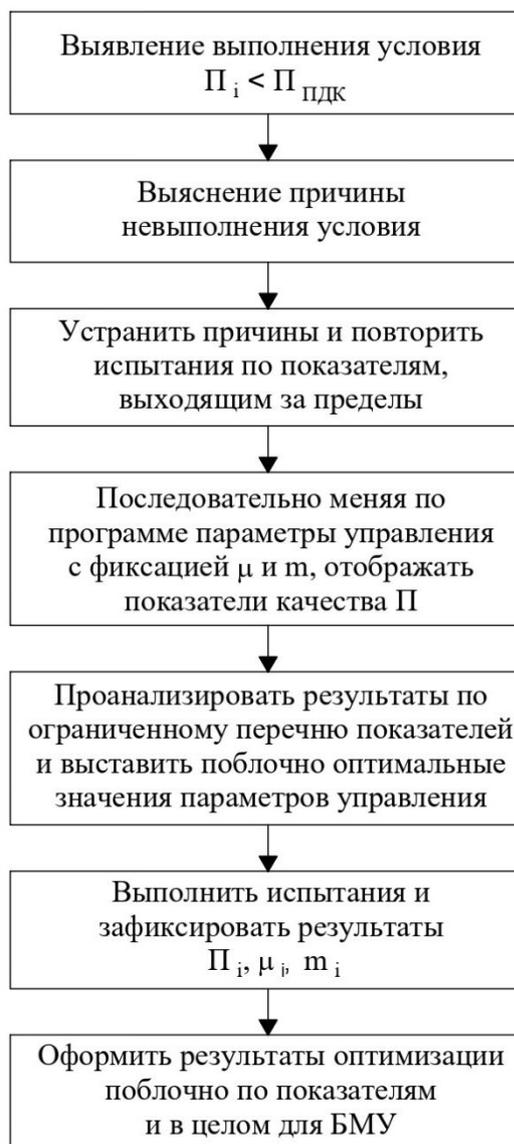


Рисунок 3.8. Блок-схема алгоритма оптимизации процесса очистки фильтратов ТБО на установке очистки

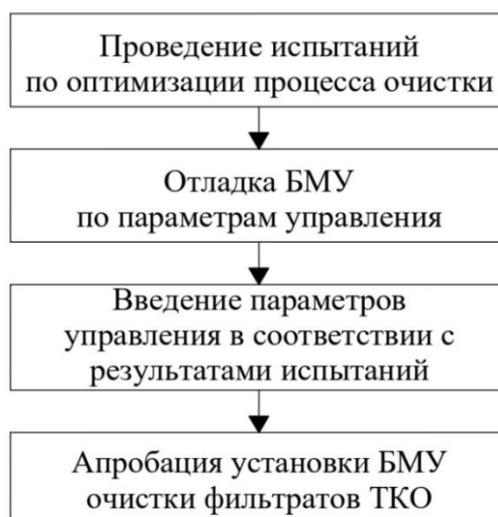


Рис. 3.9. Блок-схема алгоритма испытаний БМУ

3.7. Программа испытаний

Программа предварительных испытаний показана в таблицах 3.7- 3.10.

Программа включает 2 основных этапа:

- оптимизация;
- апробация.

3.8 Проведенные испытания

Проводились предварительные технологические испытания для определения критериев эффективности станции очистки фильтратов ТКО.

1 этап (Отчет НИИСФ РААСН – приложение П9)

Отбор проб сточной воды произведен на полигоне ТБО сотрудниками ООО «НТТ» и доставлен в лабораторию НИИСФ РААСН №36 Технологии очистки природных и сточных вод автотранспортом 20.07.2023 в 10:20.

Задача эксперимента – разовое применение процессов известкования, флотации, коагулирования сточной воды полигона для определения достижения качества очистки сточной воды. Использовались следующие реагенты: известь по ГОСТ 9179-2018, коагулянт сульфат железа III, коагулянт хлорид железа III, коагулянт Полиоксихлорид алюминия.

По результатам эксперимента:

- 1) Известкование сточной воды показывает положительный результат по качеству очистки сточных вод.
- 2) Коагулянт Хлорное железо III показал наименьшую эффективность, дальнейшее исследования с применением данного реагента не рекомендуется.
- 3) Наибольшую эффективность по качеству очищенной сточной воды показал коагулянт Полиоксихлорид алюминия.

2 этап (Отчет НИИСФ РААСН – приложение П10)

Отбор проб сточной воды произведен на полигоне ТБО и доставлен в лабораторию НИИСФ РААСН №36 Технологии очистки природных и сточных вод автотранспортом 02.08.2023 в 13:30.

Задача эксперимента – исследование процессов известкования, флотации, коагулирования сточной воды полигона для определения достижения качества очистки сточной воды с подбором требуемых концентраций реагентов. Использовались следующие реагенты: известь по ГОСТ 9179-2018, и коагулянт Полиоксихлорид алюминия марки «Аква-РАС 30» по ТУ 2163-004-72651045-2016.

По результатам эксперимента:

- 1) Известкование сточной воды показывает положительный результат по качеству очистки сточных вод. Рекомендуемая доза составляет 6 г/л.

2) Флотация способствует краткому уменьшению концентрации аммонийного азота.

3) Наибольшую эффективность по качеству очищенной сточной воды показал коагулянт Полиоксихлорид алюминия при дозе 300 мг/л.

Все исследованные процессы рекомендуются для последующего использования при проектировании технологической схемы очистки сточных вод.

Таблица 3.7

Состав и количество опытов по исследованию влияния условий очистки фильтратов ТКО на эффективность процесса фильтрат полигона ТКО 2023г
Оборудование – БМУ

Серия	Опыт	Зависимость $P_{осв}$, μ от условий	Расход фильтрата, $Q_{ф}$, м ³ /сутки	Коэффициент разбавления фильтрата	Доза реагента D_p , мг/дм ³	Температура T , град	Расход флокулянта $D_{фл}$, мг/дм ³	Комплект точек	Перечень показателей
1	1	$P_{осв}(Q_{ф}),$ $\mu(Q_{ф})$	1,5	1	P1 D_{p1}	20	$D_{фл1}$	Полный 10 точек из них 3 в Б2	
	2		1,25						
	3		1,00						
2	1	Оптимизация	$Q_{ф\ opt}$	1,5	P1 D_{p1}	20	$D_{фл1}$	Ограниченный (4 точки)	
	2			2					
	3			2,5					
3	1		$Q_{ф\ opt}$	$K_{p\ opt}$	P1 D_{p1}	T_1 T_2 T_3	$D_{фл1}$		
	2								
	3								
4	1		$Q_{ф\ opt}$	$K_{p\ opt}$	D_{p1} D_{p2} D_{p3}	T_{opt}	$D_{фл1}$		
	2								
	3								
5 1	1		$Q_{ф\ opt}$	$K_{p\ opt}$	P1 $D_{p\ opt}$	T_{opt}	$D_{фл2}$ $D_{фл3}$ $D_{фл4}$		
	2								
	1								
6	1	Апробация	$Q_{ф\ opt}$	$K_{p\ opt}$	P1 $D_{p\ opt}$	T_{opt}	$D_{фл\ opt}$	Ограниченный (4 точки)	Полный
	2								
	3								
	4		$Q_{ф\ opt}$	$K_{p\ opt}$	P2 D_{p1} D_{p2} D_{p3}	T_{opt}	$D_{фл\ opt}$		

Таблица 3.8

Результаты испытаний при оптимизации параметров обработки при разной температуре

№ п/п	Показатели	Т=12°С (известкование)										Т=20°С (известкование)										
		Vч		μ		ε		Vч		μ		ε		Vч		μ		ε				
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
1	ВВ	3400	330	10,30				0,90						365	9,32			0,89				
2	БПК	3250	2980		1,09					0,08				3210			1,01					
3	ХПК	13161	11026		1,19						0,16			13104			1,00					0,00
4	Азот ам	923	567		1,63						0,39			856			1,08					0,07
5	Фосфат-ион	6,86	0,1	68,60				0,99						1,44	4,76			0,79				
6	Нитрит-ион	0,05	0,307			0,16								0,133			0,38					-1,66
7	Нитрат-ион	21	10,2	2,06										10,6			1,98					0,50
8	НП	0,756	0,576		1,31						0,24			0,619			1,22					0,18
9	pH	7,41	12,13		0,61						-0,64			9,16			0,81					-0,24
10	Жобц	58,6	26,8	2,19							0,54			43,8			1,34					0,25
11	Са	390	87,9	4,44				0,77						390		1,00						0,00
12	Mg	476	272,5		1,75					0,43				296			1,61					0,38
13	Щобц	127	132		0,96									127		1,00						0,00
14	Feобц	21,5	НПО	97,00				0,99						6,08		3,54						0,72
15	Cd	<0,02	<0,02			1,00					0,00			0								0,00
16	Co	1,219	0,237	5,14				0,81						0,762			1,60					0,37
17	Mn	1,716	0,438	3,92				0,74						0,716	2,40							0,58
18	Cu	0,055	0,041		1,34							0,25		0,047			0,85					0,15
19	Ni	1,314	0,516	2,55							0,61			1,122			1,17					0,15
20	Pb	3,51	0,64	5,48				0,82						2,52			1,39					0,28
21	Cr	0,01	0,01			1,00								0,01			1,00					0,00
22	Zn	0,98	0,51	1,92							0,48			0,71			1,38					0,28
23	Сульфат-ион	232	275		0,84									112	2,07							
24	Фторит-ион	1,7	5		0,00						-1,94			5			0,00					0,00
25	Хлорид-ион	1443	1798		0,80						-1,25			1613			0,89					-0,12
26	Na	1000	1500		1,00						-0,50			1000			1,00					0,00
27	АПAB	18,7	3,27	5,72				0,83						-								
28	Сухой ост.	4391	4283								0,02			-								
29	AL	0,96	0,137	7,01				0,86						1,273		1,33						-0,33

Таблица 3.9

Результаты испытаний при оптимизации параметров обработки при различной концентрации

№ п/п	Показатели	Флотация													Коагуляция												
		Vч	V	μ			ε			Vч	μ			ε			μ			ε							
				1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
1	ВВ	330	310				1,06			0,06									1,24					0,25			
2	БПК	2980	2529								0,15								1,11					0,15			
3	ХПК	11026	11500			1,04				-0,04									1,30					0,20			
4	Азот ам	567	487,6				1,16				0,14																
5	Фосфат-ион	0,1	0,1			1,00				0,00																	
6	Нитрит-ион	0,307	0,92			0,33				-2,00																	
7	Нитрат-ион	10,2	2,9	3,52				0,72																			
8	НП	0,576	0,518				1,11			0,10																	
9	pH	12,13	12,17			1,00				0,00																	
10	Жобц	26,8	73,1			0,37				-1,73																	
11	Ca	87,9	733	8,34						-7,34																	
12	Mg	272,5	444			0,61				-0,63																	
13	Щобц	132	125,6				1,05			0,05																	
14	Feобщ	0,2	0,2			1,00				0,00																	
15	Cd	0,02	0,02			1,00				0,00																	
16	Co	0,237	0,086	2,76						0,64																	
17	Mn	0,438	0,157	2,79						0,64														0,17			
18	Cu	0,041	0,038				1,08																				
19	Ni	0,516	0,518			1,00				0,00														0,23			
20	Pb	0,64	0,96			0,67				-0,50																	
21	Cr	0,01	0,01			1,00				0,00																	
22	Zn	0,51	0,51			1,00				0,00																	
23	Сульфат-ион	275	193				1,42				0,30																
24	Фторид-ион	> 5	> 5			1,00				0,00																	
25	Хлорид-ион	1798	1430				1,26			0,20																	
26	Na	>1500	> 1000			0,67				0,33																	
27	АПAB	3,27	3,04				1,08			0,07														0,12			
28	Сухой ост.	4391	4437							-0,01																	
29	AL	0,137	0,154	0,89						-0,12														-158,85			

Таблица 3.10

Результаты испытаний при оптимизации параметров обработки по операциям

№ п/п	Показатель	Ви	Vч	ТО			Флотация			МО			ОО			ε	
				Co1.1	μ1	ε1	Co1.2	μ2	ε2	Co1.3	μ3	ε3	Co1.4	μ4	ε4		
1	ВВ	3400	310	249	1,24	0,20					2,65	94	0,99	2,65	1,00	0,00	0,99
2	БПК	3250	2529	2280	1,11	0,10					8,49	268,6	1,00	7,51	1,13	0,12	1,00
3	ХПК	13161	11500	8831	1,30	0,23					517,34	17,07	0,94	52,26	9,90	0,90	0,99
4	Азот ам	923	487,6	23,2	21,02	0,95					23,20	1,00	0,00	23,20	1,00	0,00	0,00
5	Фосфат-ион	6,86	0,1	0,1	1,00	0,00											
6	Нитрит-ион	0,05	0,92	0,055	16,73	0,94											
7	Нитрат-ион	21	2,9	3,1	0,94	-0,07											
8	НП	0,756	0,518	0,518	1,00	0,00											
9	pH	7,41	12,17	11,07	1,10	0,09					6,63	1,67	0,40	9,34	0,71	-0,41	0,16
10	Жобщ	58,6	73,1	53,6	1,36	0,27					44,30	1,21	0,17	0,45	98,00	0,99	0,99
11	Ca	390	733	488	1,50	0,33					182,77	2,67	0,63	1,47	124,53	0,99	
12	Mg	476	444	356	1,25	0,20					413,95	0,86	-0,16	1,88	220,00	1,00	0,99
13	Щобщ	127	125,6	58,7	2,14	0,53					0,32	182	0,99	0,32	1,00	0,00	0,99
14	Feобщ	21,5	0,2	0,2	1,00	0,00					0,01	17,5	0,94	0,00	20,00	0,95	1,00
15	Cd	< 0,02	< 0,02	0,02	1,00	0,00											
16	Co	1,219	0,086	0,096	0,90	-0,12											
17	Mn	1,716	0,157	0,362	0,43	-1,31					0,02	18,4	0,95	0,02	1,00	0,00	0,95
18	Cu	0,055	0,038	0,004	9,50	0,89					0,13	0,03	-32,33	0,00	45,16	0,98	0,26
19	Ni	1,314	0,518	0,395	1,31	0,24					0,32	1,23	0,19	0,00	110,00	0,99	0,99
20	Pb	3,51	0,96	0,74	1,30	0,23					1,72	0,43	-1,33	0,75	2,30	0,57	-0,01
21	Cr	0,01	0,01	0,01	1,00	0,00					0,01	1	0,00	0,01	1,00	0,00	0,00
22	Zn	0,98	0,51	0,33	1,55	0,35					2,20	0,15	-5,67	0,25	8,81	0,89	0,24
23	Сульфат-ион	232	193	163	1,18	0,16											
24	Фторит-ион	1,7	> 5	> 5	1,00	0,00											
25	Хлорид-ион	1443	1430	1260	1,13	0,12											
26	Na	> 1000	> 1000	1000	1,00	0,00					318,47	3,14	0,68	3,70	86,00	0,99	1,00
27	АПAB	18,7	3,04	2,87	1,06	0,06											
28	Сухой ост.	4391	4437	4117	1,08	0,07					3241,7						
29	AL	0,96	0,154	21,9	0,01	-141,21					25,17	0,87	-0,15	21,89	1,15	0,13	0,00

4. РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОВЕДЕНИЯ АПРОБАЦИИ

4.1 Получение непосредственных результатов анализа отобранных проб

При апробации БМУ проводили очистку фильтратов, привезенных из полигона ТКО. Пробы забирали в 4-х точках:

- 1) из резервуара усреднителя;
- 2) после тонкослойного отстойника;
- 3) после биомембранного биореактора;
- 4) из резервуара пермеата 2 ступени блока обратного осмоса.

Номера протоколов исследований и номера проб, соответствующих точкам отбора проб представлены в таблице 4.1.

Таблица 4.1

Перечень протоколов серий опытов (приложение П 11)

Серия	№ протокола	Дата отбора проб	Точка отбора проб	Приложение П11
1	7538	8.09.2023	1	1-й пакет протоколов от 14.09.23г
	7542			
	7539		2	
	7543			
	7540		3	
	7544			
	7541		4	
	7545			
2	7883	18.09.2023	1	2-й пакет протоколов от 26.09.23г
	7884		2	
	7885		3	
	7886		4	
3	8218	25.09.2023	1	3-й пакет протоколов от 3.10.23г
	8219		2	
	8220		3	
	8221		4	
4	8668	4.10.2023	1	4-й пакет протоколов от 16.10.23г
	8669		2	
	8670		3	
	8671		4	
5	8692	10.10.2023	1	5-й пакет протоколов от 17.10.23г
	8693		2	
	8694		3	
	8695		4	

В таблице 4.2 представлены протоколы оценки показателей в концентратах первой ступени блока БЗ.

Таблица 4.2

Перечень протоколов оценки концентрата БМУ

№ протокола	Дата отбора проб	Точки отбора проб	Приложение П11
7887	8.09.2023	5	2-й пакет протоколов от 26.09.23г
8222	25.09.2023		3-й пакет протоколов от 3.10.23г

Данные необходимы для проверки баланса расходов и показателей.

Анализ эффективности очистки фильтратов по критерию непревышения показателя качества над его требуемым значениям выполняли сопоставлением показателей в исходной, очищенной водах и его требуемым значением. Анализ проводился по группам: "Обобщенные показатели", "Неорганические вещества" и "Металлы" (табл. 4.3)

Результаты экспериментальной оценки показателей после обработки сводились в таблицы 4.5 - 4.12.

Таблица 4.3

**Анализ результатов экспериментальной оценки показателей
групп веществ при апробации
(протоколы исследований по таблице 4.1)**

№ п/п	Наименование показателя	Пи, мг/дм ³		По, мг/дм ³		Норма- тив	Соответ- ствие	Примеч.
		max	min	max	min			
1.	Обобщенные показатели							
1.1	Азот аммонийный	1000	88	13	0,09	0,5	да	20 % опытов
1.2	БПК 5	14262	1507	12	1,0	2,1	да	80 % опытов
1.3	Взвешенные вещества	4336	26,7	0,5	-	10,25	да	
1.4	Водородный показатель	8,91	6,68	9,44	6,31	6,5-8,5	да	80 % опытов
1.5	Жесткость	15,0	-	0,2	-	не норм	-	
1.6	Нефтепродукты	54	6,5	0,2	0,02	0,05	да	40 % опытов
1.7	Сухой остаток	15460	2003	43	10	не норм	-	
1.8	ХПК	35225	3280	28	5	не норм	-	
1.9	Щелочность общая	200	13,2	45	0,4	не норм	-	
2.	Неорганические вещества							
2.1	Нитриты	0,30	0,064	0,058	0,02	0,08	да	
2.2	Нитраты	22,0	0,31	0,43	0,10	40	да	90% опытов
2.3	Сульфаты-анионы	354	17,5	10	-	100	да	
2.4	Фосфат-ионы	25	0,34	1,95	0,1	0,2	да	
2.5	Фториды-анионы	18,5	2,6	0,1	-	0,05	да	
2.6	Хлориды-ионы	2419	248	76,2	10	300	да	
2.7	АПAB	1,2	0,1	0,12	0,10	0,1	да	
3.	Металлы							
3.1	Железо общее	25,8	0,26	0,21	0,05	0,1	да	80 % опытов
3.2	Кадмий	0,003	0,0001	0,008	0,0001	0,005	да	
3.3	Кальций	186	-	0,5	-	180	да	
3.4	Кобальт	0,109	0,0029	0,002	-	0,01	да	
3.5	Магний	68	-	1,0	-	40	да	
3.6	Марганец	9,28	0,066	0,050	-	0,01	да	
3.7	Медь	0,17	0,016	0,012	0,001	0,001	нет	80 % опытов
3.8	Натрий	3316	342	34	5,9	120	да	
3.9	Никель	0,640	0,019	0,014	0,002	0,01	да	80 % опытов
3.10	Свинец	0,073	0,002	0,005	0,002	0,006	да	80 % опытов
3.11	Хром общий	0,3	0,01	0,04	0,01	0,02	да	
3.12	Цинк	0,2	0,051	0,17	0,059	0,01	нет	100 % опытов

Непревышение значений показателей качества фильтратов после очистки в БМУ имеет системный характер, за исключением показанных в таблице 4.4. В таблице представлены объяснения по каждому случаю.

Таблица 4.4

Предполагаемые причины превышения показателя качества

№ п/п	Коды	Показатель	Рекомендуемые мероприятия
1	1.1	Азот аммонийный	Оптимизация проведения биоочистки в мембранном биореакторе с регулированием «активного ила»
2	1.2	БПК 5	То же
3	1.4	pH	Обработка реагентами щелочными, например ДОР- 21 (ООО «ТЕХНОХИМ» Ульяновск), в режиме онлайн» связи с датчиком pH
4	1.6	Нефтепродукты	Введение в техпроцесс операции флотации
5	3.1	Железо	Введение датчика по железу и дозирование в ренжиме «онлайн» подачи воздуха с управлением эжектором
6	3.7	Медь	Введение в состав техпроцесса катионообменной обработки
7	3.9	Никель	То же, что по п.6
8	3.10	Свинец	
9	3.12	Цинк	

* М-металлы; ОП- обобщенные показатели.

Результаты испытаний. отражающие полученные массивы значений показателей состава Пи относительных критериев эффективности по операциям и в целом для установки по сериям испытаний (пакетам протоколов) сведены в таблицы 4,5 – 4.10

Результаты оценки средних значений показателей состава фильтратов и критериев эффективности их очистки представлены в таблице 4.11.

Кроме того, значения относительных критериев эффективности представлены на сводных диаграммах на рисунках 4.1 – 4.4.

Таблица 4.5

Результаты исследования показателей состава фильтратов и критериев очистки по показателям и операциям технологического процесса комплексной очистки (1-й пакет протоколов от 14.09.2023г)

Коды	Наименование показателей	Единицы измерения	Норматив	Значение показателя П							Кратность снижения значения показателя, крат					Интенсивность очистки, крат/ единицы показателей							Степень очистки								
				Фильтрат							П5	П4	П3*	П4*	П5	пг	пмвр	пмос	пс	ЕТО	ЕТО*	ЕМВР	ЕМВР*	ЕОС	ЕОС*	ЕС	ЕС*				
				7538	7542	П1	П2	П2*	П3	П3*																		П4	П4*	П5	ЮС
1. Обобщенные показатели																															
1.1	Азот аммонийный	мг/дм ³	0,5	88	195	195	44,7	1,7	6,72	4,36	26,3	51,76	0,005	0,002	0,005	0,022	0,59	0,59	0,022	0,004	0,004	1,00	1,00	1,00	1,00	0,96	-0,96	-1,22	0,77	0,962	0,981
1.2	БПК 5	мг/дм ³	2,1	1507	2961	2961	252	1,0	2,25	11,75	252	1507	0,000	0,004	0,000	0,004	1,00	1,00	0,004	0,004	1,00	1,00	1,00	1,00	0,96	-0,96	-0,96	0,91	0,996	0,999	
1.3	Взвешенные вещества	мг/дм ³	10,25	320	323	323	123	0,5	5,4	2,63	246	640	0,003	0,008	0,003	0,008	2,00	2,00	0,008	0,008	2,00	2,00	2,00	2,00	0,96	-0,01	-0,01	0,62	0,996	0,998	
1.4	Водородный показатель	ед. рН	6,5-8,5	8,6	8,14	8,35	8,35	9,15	8,26	0,97	0,91	0,94	0,123	0,120	0,109	0,109	0,109	0,109	0,123	0,120	0,109	0,109	0,109	0,109	0,96	-0,03	-0,03	-0,03	-0,096	-0,064	-0,06
1.5	Жесткость	°Ж	не норм	15	29,1	29,1	13,3	0,2	0,2	2,19	66,5	75,00	0,034	0,075	0,034	0,075	5,0	5,0	0,034	0,075	5,0	5,0	5,0	5,0	0,94	-0,94	-0,94	0,54	0,985	0,987	
1.6	Нефтепродукты	мг/дм ³	0,05	21	14,60	0,27	0,27	0,09	0,20	54,07	3,0	233,33	0,068	3,704	0,068	3,704	11,11	11,11	0,068	3,704	11,11	11,11	11,11	11,11	0,30	0,98	0,98	0,98	0,667	0,996	
1.7	Сухой остаток	мг/дм ³	не норм	2003	4864	4864	3598	14	3570	1,35	257	143,07	0,002	0,003	0,002	0,003	0,071	0,071	0,002	0,003	0,071	0,071	0,071	0,071	1,43	-1,43	-1,43	0,26	0,996	0,993	
1.8	ХПК	мг/дм ³	не норм	3280	7180	7180	594	5	532	12,09	119	656,00	0,001	0,002	0,001	0,002	0,20	0,20	0,002	0,002	0,20	0,20	0,20	0,20	1,19	-1,19	-1,19	0,92	0,992	0,998	
1.9	Щелочность общая	ммоль/дм ³	не норм	24	56	56	32,5	0,4	14,1	1,72	81,3	60,00	0,018	0,031	0,018	0,031	2,50	2,50	0,018	0,031	2,50	2,50	2,50	2,50	1,33	-1,33	-1,33	0,42	0,988	0,983	
2. Неорганические вещества																															
2.1	Нитриты	мг/дм ³	0,08	0,064	0,72	0,72	0,041	0,02	3,00	17,56	2,05	3,20	1,389	24,39	1,389	24,39	50	50	1,389	24,39	50	50	50	50	10,25	-10,25	-10,25	0,94	0,512	0,688	
2.2	Нитраты	мг/дм ³	40	0,31	2,60	2,60	2,1	0,10	7,4	1,24	21	3,10	0,385	0,476	0,385	0,476	10	10	0,385	0,476	10	10	10	10	7,39	-7,39	-7,39	0,19	0,952	0,677	
2.3	Сульфаты-анионы	мг/дм ³	100	26,4	77,1	77,1	57	10	61,7	1,35	5,7	2,64	0,013	0,018	0,013	0,018	0,10	0,10	0,013	0,018	0,10	0,10	0,10	0,10	1,92	-1,92	-1,92	0,26	0,825	0,621	
2.4	Фосфат-ионы	мг/дм ³	0,2	0,340	0,68	0,68	0,42	0,1	1,49	0,50	1,62	4,2	3,40	1,47	2,38	1,47	2,38	10	10	1,47	2,38	10	10	10	1,00	-1,00	-1,00	0,38	0,762	0,706	
2.5	Фториды-анионы	мг/дм ³	0,05	2,9	2,50	0,49	0,49	0,1	0,60	5,10	4,9	29,00	0,400	2,04	0,400	2,04	10	10	0,400	2,04	10	10	10	10	0,14	0,14	0,14	0,80	0,796	0,966	
2.6	Хлориды-ионы	мг/дм ³	300	248	751	751	911	10	1167	0,33	0,82	91,1	24,80	0,001	0,001	0,001	0,10	0,10	0,33	0,82	91,1	24,80	0,001	0,001	2,03	-2,03	-2,03	0,21	0,989	0,960	
2.7	АПВ	мг/дм ³	0,1	0,63	1,2	1,2	0,56	0,1	0,89	2,14	5,6	6,30	0,833	1,79	0,833	1,79	10	10	0,833	1,79	10	10	10	10	0,90	-0,90	-0,90	0,53	0,821	0,841	
3. Металлы																															
3.1	Железо общее	мг/дм ³	0,1	2,6	1,11	0,85	0,85	0,05	1,29	1,31	17	52,00	0,901	1,18	0,901	1,18	20	20	0,901	1,18	20	20	20	20	0,57	0,57	0,57	0,23	0,941	0,981	
3.2	Кадмий	мг/дм ³	0,005	0,0015	0,001	0,0012	0,0012	0,0001	0,0001	0,83	12,1	15,00	990	826	10000	10000	10000	10000	0,0001	0,0001	826	10000	10000	10000	0,33	0,33	0,33	-0,20	0,917	0,933	
3.3	Кальций	мг/дм ³	180	186	358	358	79,7	0,5	4,9	4,49	159	372	0,003	0,013	0,003	0,013	2,00	2,00	0,003	0,013	2,00	2,00	2,00	2,00	0,92	-0,92	-0,92	0,78	0,994	0,997	
3.4	Кобальт	мг/дм ³	0,01	0,0029	0,0075	0,0075	0,005	0,002	0,0048	1,50	2,3	1,45	133	200	133	200	500	500	0,002	0,0048	1,50	2,3	1,45	133	1,59	-1,59	-1,59	0,33	0,600	0,310	
3.5	Магний	мг/дм ³	40	68	136	136	113	1,0	1,0	1,20	11,3	68	0,007	0,009	0,007	0,009	1,00	1,00	0,007	0,009	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	-1,00	-1,00	0,17	0,991	0,985	
3.6	Марганец	мг/дм ³	0,01	0,196	0,2	0,200	0,05	0,05	0,05	4,00	1,00	3,92	5,0	20	5,0	20	20	20	0,05	0,05	4,00	1,00	20	20	0,02	-0,02	-0,02	0,75	0,000	0,745	
3.7	Медь	мг/дм ³	0,001	0,016	0,026	0,026	0,014	0,004	0,04	1,86	3,50	4,00	38,5	71,43	38,5	71,43	250	250	0,004	0,04	1,86	3,50	250	250	0,63	-0,63	-0,63	0,46	0,714	0,750	
3.8	Натрий	мг/дм ³	120	1353	1353	1532	1532	6,7	1000	0,88	229	201,94	0,007	0,15	0,007	0,15	0,15	0,15	0,007	0,15	0,88	229	201,94	0,007	0,15	0,15	0,00	-0,13	0,996	0,995	
3.9	Никель	мг/дм ³	0,01	0,031	0,056	0,056	0,017	0,002	0,07	3,29	8,50	15,50	17,9	58,82	17,9	58,82	500	500	0,002	0,07	3,29	8,50	500	500	0,81	-0,81	-0,81	0,70	0,882	0,935	
3.10	Свинец	мг/дм ³	0,006	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,0045	1,15	1,00	1,00	435	500	435	500	500	500	0,002	0,0045	1,15	1,00	1,00	1,00	0,15	1,00	1,00	0,13	0,000	0,000	
3.11	Хром общий	мг/дм ³	0,02	0,01	0,01	0,029	0,029	0,01	0,051	0,34	2,90	1,00	100	34,5	100	34,5	100	100	0,01	0,051	0,34	2,90	100	100	0,00	0,00	0,00	-1,90	0,655	0,000	
3.12	Цинк	мг/дм ³	0,01	0,07	0,065	0,054	0,054	0,059	0,25	1,08	1,20	0,92	1,19	15,4	1,19	15,4	16,9	16,9	0,059	0,25	1,08	1,20	16,9	16,9	0,07	0,07	0,07	0,17	-0,093	-0,093	0,157

Индекс операции: ТО - тонкослойное осаждение; БМР - очистка в мембранном биореакторе; ОС - очистка обратным осмосом; С - на установке очистки в целом. При П = const очистка не осуществляется, поэтому степень очистки, кратность и интенсивность очистки равна 0.

Таблица 4.6

Результаты исследования показателей состава фильтратов и критериев очистки по показателям и операциям технологического процесса комплексной очистки (2-й пакет протоколов от 26.09.2023г)

Коды	Наименование показателя	Единицы измерения	Норма	Значение показателя П								Кратность снижения значения показателя, крат								Интенсивность очистки, крат/ единицы показателя								Степень очистки							
				Фильтрат								Крат								п/то								п/с							
				7884				7885				7886				7887				п/то				п/с				п/с				п/с			
				П1	П2	П2*	П3	П3*	П4	П4*	П5	п/то	п/с	п/с	п/с	п/с	п/то	п/с	п/с	п/с	п/то	п/с	п/с	п/с	п/то	п/с	п/с	п/с	п/то	п/с	п/с	п/с			
1. Обобщенные показатели																																			
1.1	Азот аммонийный	мг/дм ³	0,5	88	195	0,88	0,09	6,72	0,45	222	9,89	989	0,005	1,136	11,24	11,24	11,24	-1,22	-1,22	1,00				0,899						0,999					
1.2	БПК ₅	мг/дм ³	2,1	1622	2457	142	1,00	225	0,66	17,3	142	1622	0,000	0,007	1,00	1,00	1,00	-0,51	-0,51	0,94				0,993					0,999						
1.3	Взвешенные вещества	мг/дм ³	10,25	26,70	637	53	0,50	54	0,04	12,0	106	53,4	0,002	0,019	2,00	2,00	2,00	-22,9	-22,9	0,92				0,991					0,981						
1.4	Водородный показатель	ед. рН	6,5-8,5	8,91	10,61	8,35	6,31	8,26	0,84	1,27	1,32	1,41	0,094	0,120	0,158	0,158	0,158	-0,19	-0,19	0,21				0,244					0,292						
1.5	Жесткость	°Ж	не норм																																
1.6	Нефтепродукты	мг/дм ³	0,05	16,00	13,30	0,14	0,02	0,20	1,20	95	6,67	762	0,075	7,143	48	48	48	0,17	0,17	0,99				0,850					0,999						
1.7	Сухой остаток	мг/дм ³	не норм	2003	3696	2675	10,0	3570	0,54	1,38	268	200	0,0003	0,0004	0,10	0,10	0,10	-0,85	-0,85	0,28				0,996					0,995						
1.8	ХПК	мг/дм ³	не норм	3870	5590	331	5,0	532	0,69	16,9	66,2	774	0,0002	0,0003	0,20	0,20	0,20	-0,44	-0,44	0,94				0,985					0,999						
1.9	Щелочность общая	ммоль/дм ³	не норм	13,20	15,60	12,6	0,5	14,1	0,85	1,24	25,2	26,4	0,064	0,079	2,00	2,00	2,00	-0,18	-0,18	0,19				0,960					0,962						
2. Неорганические вещества																																			
2.1	Нитриты	мг/дм ³	0,08	0,065	0,040	0,490	0,49	3,00	1,63	0,08	24,5	3,25	25	2,041	50	50	50	0,38	0,38	-11,3				0,959					0,692						
2.2	Нитраты	мг/дм ³	40	0,980	0,370	100	0,140	7,4	2,65	0,004	7,14	7,00	2,70	0,010	7,14	7,14	7,14	0,62	0,62	-269				0,999					0,857						
2.3	Сульфаты-анионы	мг/дм ³	100	37,30	36,40	43	10	61,7	1,02	0,84	4,32	3,73	0,03	0,023	0,10	0,10	0,10	0,02	0,02	-0,19				0,769					0,732						
2.4	Фосфат-ионы	мг/дм ³	0,2	1,27	0,24	7,50	0,115	1,49	5,29	0,03	65,2	11	4,17	0,133	8,70	8,70	8,70	0,81	0,81	-30,3				0,985					0,909						
2.5	Фториды-анионы	мг/дм ³	0,05	5,00	1,00	0,31	0,10	0,60	5,00	3,23	3,1	50	1,00	3,226	10	10	10	0,80	0,80	0,69				0,677					0,980						
2.6	Хлориды-ионы	мг/дм ³	300	357	805	881	28,60	1167	0,44	0,91	30,8	12,5	0,001	0,001	0,035	0,035	0,035	-1,25	-1,25	-0,09				0,968					0,920						
2.7	АПАВ	мг/дм ³	0,1	1,20	1,60	0,430	0,12	0,89	0,75	3,72	3,58	10	0,63	2,326	8,33	8,33	8,33	-0,33	-0,33	0,73				0,721					0,900						
3. Металлы																																			
3.1	Железо общее	мг/дм ³	0,1	3,00	0,52	0,56	0,050	1,29	5,77	0,93	11,2	60	1,92	1,786	20	20	20	0,83	0,83	-0,08				0,911					0,983						
3.2	Кадмий	мг/дм ³	0,005	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	1,00	1,00	1,00	1,00	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	0,00	0,00	0,00				0,000					0,000						
3.3	Кальций	мг/дм ³	180																											0,000					
3.4	Кобальт	мг/дм ³	0,01	0,007	0,003	0,004	0,002	0,0048	2,24	0,71	2,05	3,25	345	243,90	500	500	500	0,55	0,55	-0,41				0,512					0,692						
3.5	Магний	мг/дм ³	40																											0,000					
3.6	Марганец	мг/дм ³	0,01	0,066	0,050	0,050	0,050	0,05	1,32	1,00	1,00	1,32	20	20,00	20	20	20	0,24	0,24	0,00				0,000					0,242						
3.7	Медь	мг/дм ³	0,001	0,016	0,004	0,026	0,026	0,04	4,19	0,14	14,4	8,61	270	38,46	556	556	556	7,76	7,76	-6,03				0,931					0,884						
3.8	Натрий	мг/дм ³	120	342	1270	1750	34	10,000	0,27	0,73	51,5	10	0,0008	0,0006	0,03	0,03	0,03	-2,71	-2,71	-0,38				0,981					0,901						
3.9	Никель	мг/дм ³	0,01	0,035	0,041	0,051	0,003	0,07	0,85	0,80	15,9	11	24,4	19,6	313	313	313	-0,17	-0,17	-0,24				0,937					0,909						
3.10	Свинец	мг/дм ³	0,006	0,002	0,002	0,002	0,002	0,0045	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	500	500	500	500	0,00	0,00	0,00				0,000					0,000						
3.11	Хром общий	мг/дм ³	0,02	0,036	0,010	0,040	0,010	0,051	3,60	0,25	4,00	3,60	100	25	100	100	100	0,72	0,72	-3,00				0,750					0,722						
3.12	Цинк	мг/дм ³	0,01	0,106	0,076	0,180	0,18	0,170	0,170	0,25	1,39	0,62	13,158	5,56	5,88	5,88	5,88	0,28	0,28	-1,37				0,956					-0,604						

Индекс операции: ТО - тонкослойное осаждение; БМР - очистка в мембранном биореакторе; ОС - очистка обратным осмосом; С - на установке очистки в целом. При П = const очистка не осуществляется, поэтому степень очистки, кратность и интенсивность очистки равна 0.

Таблица 4.7

Результаты исследования показателей состава фильтратов и критериев очистки по показателям и операциям технологического процесса комплексной очистки (3-й пакет протоколов от 3.10.2023г)

Коды	Наименование показателя	Единицы измерения	Норматив	Значение показателя П								Кратность снижения значения показателя, крат									Интенсивность очистки, крат/ единицы показателя							Степень очистки						
				Фильтрат								П3*			П4			П5			пГО	пМБР	пОС	пС	пГО	пГО	пМБР	пМБР	пС	пС*	пС*	пС*	пС*	пС*
				8218	8219	8220	8221	8222	8220	П3	П3*	П4	П4*	П5	пЮ	пМБР	пОС	пС	пГО	пГО														
				П1	П2	П2*	П3	П3*	П4	П4*	П5																							
1.	Обобщенные показатели																																	
1.1	Азот аммонийный	мг/лм³	0,5	217	320	320	31,1			1,28			47,6		0,68	10,3	24,3	170				0,003	0,032	0,781	0,78	0,78	-0,47	-0,47	0,90		0,959		0,994	
1.2	БПК 5	мг/лм³	2,1	1616	3083	3083	134			1,00			256		0,52	23,0	134	1616				0,000	0,007	1,00	1,00	1,00	-0,91	-0,91	0,96		0,993		0,999	
1.3	Взвешенные вещества	мг/лм³	10,25	1660	1544		43			0,50			0,5		1,08	35,9	86	3320				0,001	0,023	2,00	2,00	2,00	0,07	0,07	0,97		0,988		0,9997	
1.4	Водородный показатель ед. рН	ед. рН	6,5-8,5	7,61	9,39	9,39	8,41			5,85			8,32		0,81	1,12	1,44	1,30				0,106	0,119	0,171	0,171	0,171	-0,23	-0,23	0,10		0,304		0,231	
1.5	Жесткость	°Ж	нe норм																															
1.6	Нефтепродукты	мг/лм³	0,05	650	18	18	1,12			0,17			0,81		0,36	16,1	6,59	38,2				0,056	0,893	5,88	5,88	-1,77	-1,77	0,94		0,848		0,974		
1.7	Сухой остаток	мг/лм³	нe норм	2847	3849	3000	3000			13			3693		0,74	1,28	231	219				0,0003	0,0003	0,077	0,077	0,077	-0,35	-0,35	0,22		0,996		0,995	
1.8	ХПК	мг/лм³	нe норм	3690	7360	7360	317			5			573		0,50	23,2	63,4	738				0,0001	0,003	0,200	0,200	0,200	-0,99	-0,99	0,96		0,984		0,999	
1.9	Щелочность общая	ммоль/лм³	нe норм	13,5	11,5		12,0			4,5			11,5		1,17	0,96	2,67	3,00				0,087	0,083	0,222	0,222	0,15			-0,04	-0,04	0,625		0,667	
2.	Неорганические вещества																																	
2.1	Нитриты	мг/лм³	0,08	0,086	0,247	0,247	0,181			0,02			1,58		0,35	1,36	9,05	4,30				4,05	5,52	50	50	-1,87	-1,87	0,27		0,890		0,767		
2.2	Нитраты	мг/лм³	40	1,4	2,5	2,5	2,5			0,32			3,40		0,56	1,00	7,81	4,38				0,40	0,40	3,13	3,13	-0,79	-0,79	0,00		0,872		0,771		
2.3	Сульфаты-анионы	мг/лм³	100	32,3	90,8	90,8	18,5			10,0			54,1		0,36	4,91	1,85	3,23				0,011	0,054	0,100	0,10	0,10	-1,81	-1,81	0,80		0,459		0,690	
2.4	Фосфат-ионы	мг/лм³	0,2	6,3	0,42		1,21			1,95			5,80		15,0	0,35	0,62	3,23				2,38	0,826	0,513	0,51	0,51	0,93	-0,05	-0,05	0,94		-0,612		0,690
2.5	Фториды-анионы	мг/лм³	0,05	5,92	6,21	6,21	0,36			0,10			0,32		0,95	17,3	3,60	59,2				0,161	2,78	10,0	10,0	10,0	0,05	-0,05	0,94		0,722		0,983	
2.6	Хлориды-ионы	мг/лм³	300	443	758	758	943			76,2			1325		0,58	0,80	12,4	5,81				0,001	0,001	0,013	0,01	0,01	-0,71	-0,71	-0,24		0,919		0,828	
2.7	АПДВ	мг/лм³	0,1	1,2	1,6	1,6	0,23			0,10			0,46		0,75	6,96	2,30	12,0				0,625	4,35	10,0	10,0	10,0	-0,33	-0,33	0,86		0,565		0,917	
3.	Металлы																																	
3.1	Железо общее	мг/лм³	0,1	6,2	0,71		0,380			0,05			0,48		8,73	1,87	7,60	124				1,41	2,63	20,0	20,0	0,89			0,46		0,868		0,992	
3.2	Кадмий	мг/лм³	0,005	0,0001	0,00013	0,00013	0,0001			0,0001			0,0001		0,77	1,30	1,00	1,00				7,692	10000	10000	10000	-0,30	-0,30	0,23		0,00		0,00		
3.3	Кальций	мг/лм³	180																															
3.4	Кобальт	мг/лм³	0,01	0,006	0,005		0,004			0,002			0,005		1,08	1,41	1,85	2,80				192	270	500	500	0,07			0,29		0,459		0,643	
3.5	Магний	мг/лм³	40																															
3.6	Марганец	мг/лм³	0,01	2,35	0,24		0,05			0,05			0,084		9,79	4,80	1,00	47,0				4,17	20,0	20,0	20,0	0,90			0,79		0,00		0,979	
3.7	Мель	мг/лм³	0,001	0,055	0,02		0,011			0,001			0,026		2,75	1,75	11,4	55,0				50	87,7	1000	1000	0,64			0,43		0,912		0,982	
3.8	Натрий	мг/лм³	120	1063	1276		1750			36			1000		0,83	0,73	48,6	29,5				0,001	0,001	0,028	0,03	-0,20	-0,20	-0,37	-0,37	0,979		0,966		
3.9	Никель	мг/лм³	0,01	0,019	0,026		0,022			0,002			0,015		1,73	1,18	11,0	9,5				38,5	45,5	500	500	-0,37	-0,37	0,15		0,909		0,895		
3.10	Свинец	мг/лм³	0,006	0,002	0,002		0,002			0,002			0,002		1,00	1,00	1,00	1,00				500	500	500	500	0,00		0,00		0,00		0,00		
3.11	Хром общий	мг/лм³	0,02	0,029	0,010		0,037			0,01			0,020		2,90	0,27	3,70	2,90				100	27,0	100	100	0,66			-2,70	-2,70	0,730		0,655	
3.12	Цинк	мг/лм³	0,01	0,051	0,113	0,113	0,07			0,12			0,090		0,45	1,61	0,58	0,43				8,85	14,3	8,33	8,33	-1,22	-1,22	0,38		-0,714	-0,714	-1,353	-1,35	

Индекс операции: ГО - тонкослойное осаждение; БМР - очистка в мембранном биореакторе; ОС - очистка обратным осмосом; С - на установке очистки в целом. При П = const очистка не осуществляется, поэтому степень очистки, кратность и интенсивность очистки равна 0.

Таблица 4.8

Результаты исследования показателей состава фильтратов и критериев очистки по показателям и операциям технологического процесса комплексной очистки (4-й пакет протоколов от 16.10.2023г)

Коды	Наименование показателей	Единицы измерения	Норматив	Значение показателя П						Кратность снижения значения показателя, крат						Интенсивность очистки, крат/единицы показателей						Степень очистки										
				Фильтрат						П5	П4	П3*	П2*	П1	П0	PMP	PMS	PMS	PMS	PMS	PMS	PMS	PMS	PMS	PMS	PMS	PMS	PMS	PMS	PMS	PMS	PMS
				8668	8669	8670	8671	8671	8671																							
1. Обобщенные показатели																																
1.1	Азот аммонийный	мг/дм³	0.5	835	381	189	6.31	2.19	2.02	30.0	132	0.003	0.005	0.158	0.54	0.50	0.967	0.992														
1.2	БПК 5	мг/дм³	2.1	13737.5	5142	4095	1	2.67	1.26	4095	13738	0.0002	0.0002	1.00	1.00	0.63	0.20	0.9998														
1.3	Взвешенные вещества	мг/дм³	10.25	4336	0.5	0.50	0.50	8672	1.00	1.00	8672	2.00	2.00	2.00	1.00	0.00	0.00	0.9999														
1.4	Водородный показатель	ед.рН	6.5-8.5	6.85	10.3	7.85	9.35	0.67	1.31	0.84	0.73	0.097	0.127	0.107	0.107	-0.50	0.24	-0.191	-0.365													
1.5	Жесткость	°Ж	не норм																													
1.6	Нефтепродукты	мг/дм³	0.05	54	24	67	0.038	2.25	0.36	1763	1421	0.042	0.015	26.3	26.3	0.56	-1.79	0.999														
1.7	Сухой остаток	мг/дм³	не норм	11430	6500	2214	35.0	1.76	2.94	63.3	327	0.00015	0.0005	0.029	0.43	0.66	0.984															
1.8	ХПК	мг/дм³	не норм	30000	12370	9950	5.0	2.43	1.24	1990	6000	0.00008	0.0001	0.20	0.59	0.20	0.999															
1.9	Щелочность общая	ммоль/дм³	не норм	200	104	127	0.7	1.92	0.82	181	286	0.010	0.008	1.43	1.43	0.48	-0.22	0.994														
2. Неорганические вещества																																
2.1	Нитриты	мг/дм³	0.08	0.123	0.219	0.30	0.037	0.56	0.73	8.11	3.32	4.57	3.33	27.0	27.0	-0.78	-0.37	0.877														
2.2	Нитраты	мг/дм³	40	22	8.3	7.40	0.33	2.65	1.12	22.4	66.7	0.120	0.135	3.03	3.03	0.62	0.11	0.955														
2.3	Сульфаты-анионы	мг/дм³	100	17.5	30.3	41.8	10.0	0.58	0.72	4.18	1.75	0.033	0.024	0.10	0.10	-0.73	-0.38	0.761														
2.4	Фосфат-ионы	мг/дм³	0.2	9.5	0.17	5.4	0.10	55.9	0.03	54.0	95.0	5.88	0.185	10.0	10.0	0.98	-30.8	0.981														
2.5	Фториды-анионы	мг/дм³	0.05	2.6	1.60	0.75	0.10	1.63	2.13	7.50	26.0	0.625	1.33	10.0	10.0	0.38		0.53														
2.6	Хлориды-ионы	мг/дм³	300	2230	1321	906	10	1.69	1.46	90.6	223	0.001	0.001	0.10	0.100	0.41	0.31	0.989														
2.7	АПВ	мг/дм³	0.1	0.10	0.34	0.62	0.10	0.29	0.55	6.20	1.00	2.94	1.61	10.0	10.0	-2.40	-0.82	0.839														
3. Металлы																																
3.1	Железо общее	мг/дм³	0.1	25.8	0.89	0.59	0.21	29.0	1.51	2.81	123	1.24	1.69	4.76	4.76	0.97	0.34	0.644														
3.2	Кадмий	мг/дм³	0.005	0.0027	0.001	0.001	0.00014	2.52	1.07	7.14	19.3	935	1000	7143	7143	0.60	0.07	0.860														
3.3	Кальций	мг/дм³	180	0.109	0.005	0.021	0.002	23.2	0.22	10.5	54.5	213	47.6	500	500	0.96	-3.47	0.905														
3.4	Кобальт	мг/дм³	40																													
3.5	Магний	мг/дм³	0.01	9.28	0.05	0.05	0.05	186	1.00	1.00	186	20.0	20.0	20	20.0	0.99	0.00	0.995														
3.6	Марганец	мг/дм³	0.001	0.17	0.091	0.82	0.012	1.87	0.11	66.1	13.7	11.0	1.22	80.6	80.6	0.46	-8.01	0.985														
3.7	Мель	мг/дм³	120	3316	2076	1683	5.40	1.60	1.23	312	614	0.0005	0.001	0.185	0.185	0.37	0.19	0.997														
3.8	Натрий	мг/дм³	0.01	0.640	0.430	0.43	0.014	1.49	1.00	30.7	45.7	2.326	2.33	71.4	71.4	0.33	0.00	0.967														
3.9	Никель	мг/дм³	0.006	0.073	0.069	0.17	0.005	1.06	0.41	32.7	14.0	14.49	5.88	192	192	0.05	-1.46	0.929														
3.10	Свинец	мг/дм³	0.02	0.037	0.068	0.024	0.010	0.54	2.83	2.40	3.70	14.71	41.7	100	100	-0.84	0.65	0.730														
3.11	Хром общий	мг/дм³	0.01	0.115	0.082	0.130	0.091	1.40	0.63	1.43	1.26	12.20	7.692	11.0	11.0	0.29	-0.59	0.300														
3.12	Цинк	мг/дм³	0.01	0.115	0.082	0.130	0.091	1.40	0.63	1.43	1.26	12.20	7.692	11.0	11.0	0.29	-0.59	0.300														

Индекс операции: П0 - тонкослойное осаждение; БМР - очистка в мембранном био реакторе; ОС - очистка обратным осмосом; С - на установке очистки в целом. При П = const очистка не осуществляется, поэтому степень очистки, кратность и интенсивность очистки равна 0.

Таблица 4.10

Результаты исследования показателей состава фильтратов и критериев очистки по показателям и операциям технологического процесса комплексной очистки (средние по пакетам 1-5)

Коды	Наименование показателей	Единицы измерений	Нормативы	Средние значения показателей П								Кратность снижения значения показателя, крат						Интенсивность очистки, крат/ единицы показателей						Степень очистки					
				Фильтрат								µг	µММР	µС	µТО	µММР	µОС	µС	µТО	µГО*	µММР	µМР	µМР*	µС	µОС	µОС*	µС	µС*	
				П1	П2	П2*	П3	П3*	П4	П4*	П5																		µО
1. Обогащенные показатели																													
1.1	Азот аммонийный	мг/дм³	0,5	446	365		105		4,48	27,2	1,22	3,46	23,5	99,6	0,003	0,009	0,223	0,223	0,18		0,71				0,958				0,990
1.2	БПК 5	мг/дм³	2,1	6549	4096		2523		3,20	230,5	1,39	1,86	788	2047	0,002	0,004	0,313	0,313	0,28		0,46				0,999			0,9995	
1.3	Взвешенные вещества	мг/дм³	10,25	1564	605		4666		0,50	27,3	2,59	0,13	9331	3127	0,002	0,002	2,00	2,00	0,61		-6,71				0,9999			0,9997	
1.4	Водородный показатель	ед.рН	6,5-8,5	7,73	9,3		8,08		8,02	8,3	0,83	1,15	1,01	0,96	0,108	0,124	0,125	0,125	-0,20		-0,20				0,007			-0,038	
1.5	Жесткость	°Ж норм	не норм	15	29,1	29,1	13,3		0,20		0,32	2,19	66,5	75,0	0,034	0,075	5,00	5,00	-0,94		-0,94				0,985			0,987	
1.6	Нефтепродукты	мг/дм³	0,05	27,9	19,38		22,1		0,10	0,5	1,44	0,88	21,3	269	0,052	0,045	9,63	9,63	0,31		-0,14				0,995			0,996	
1.7	Сухой остаток	мг/дм³	не норм	6749	5844		3117		23,0	3632	1,15	1,87	136	293	0,00017	0,0003	0,043	0,043	0,13		0,47				0,993			0,997	
1.8	ХПК	мг/дм³	не норм	15213	11240		5898		9,60	553	1,35	1,91	614	1585	0,00009	0,0002	0,104	0,104	0,26		0,48				0,998			0,999	
1.9	Щелочность общая	ммоль/дм³	не норм	87,14	61,42		55,8		1,48	12,8	1,42	1,10	37,7	58,9	0,016	0,018	0,676	0,676	0,30		0,09				0,973			0,983	
2. Неорганические вещества																													
2.1	Нитриты	мг/дм³	0,08	0,128	0,351		0,23		0,03	2,29	0,36	1,50	7,57	4,12	2,85	4,26	32,3	32,3	-1,75		-1,75				0,868			0,757	
2.2	Нитраты	мг/дм³	40	6,82	3,99		24,2		0,26	5,40	1,71	0,16	91,7	25,8	0,250	0,041	3,79	3,79	0,41		-5,06				0,989			0,961	
2.3	Сульфаты-анионы	мг/дм³	100	93,50	66,56		60,7		10,0	57,9	1,40	1,10	6,07	9,35	0,015	0,016	0,10	0,10	0,29		0,09				0,835			0,893	
2.4	Фосфат-ионы	мг/дм³	0,2	8,48	0,73		3,35		0,47	3,65	11,7	0,22	7,07	17,9	1,38	0,299	2,11	2,11	0,91		-3,61				0,859			0,944	
2.5	Фториды-анионы	мг/дм³	0,05	6,98	6,30		0,40		0,10	0,46	1,11	15,7	4,02	69,8	0,159	2,49	10,0	10,0	0,10		0,94				0,751			0,866	
2.6	Хлориды-ионы	мг/дм³	300	1139	1076		965		27,0	1246	1,06	1,11	35,8	42,3	0,001	0,001	0,037	0,037	0,06		0,10				0,972			0,976	
2.7	АПАВ	мг/дм³	0,1	0,646	1,27		0,5		0,10	0,68	0,51	2,64	4,62	6,21	0,789	2,08	9,6	9,6	-0,96		-0,97				0,783			0,839	
3. Металлы																													
3.1	Железо общее	мг/дм³	0,1	7,57	0,86		0,6		0,08	0,89	8,83	1,44	7,27	92,3	1,17	1,68	12,2	12,2	0,89		0,31				0,862			0,989	
3.2	Кальций	мг/дм³	0,005	0,001	0,0006		0,0007		0,0001	0,0001	1,73	0,80	6,89	9,57	1678	1344	9259	9259	0,42		-0,25				0,855			0,896	
3.3	Кальций	мг/дм³	180	186	358		358		0,5	0,52	4,49	159	372	372	0,0	0,0	2,0	2,0	-0,92		-0,92				0,994			0,997	
3.4	Кобальт	мг/дм³	0,01	0,030	0,007		0,011		0,002	0,005	4,32	0,63	5,48	15,0	144	91,2	500	500	0,77		-0,58				0,818			0,933	
3.5	Магний	мг/дм³	40	68	136		113		1,0	0,50	1,20	113	68,0	68,0	0,007	0,009	1,0	1,0	-1,00		-1,00				0,991			0,985	
3.6	Марганец	мг/дм³	0,01	3,43	0,74		0,278		0,050	0,067	4,66	2,65	5,56	68,6	1,36	3,60	20,0	20,0	0,79		-0,62				0,820			0,985	
3.7	Мель	мг/дм³	0,001	0,065	0,03		0,3		0,0044	0,033	1,91	0,12	63,7	14,8	29,5	3,57	227	227	0,48		-7,26				0,984			0,932	
3.8	Натрий	мг/дм³	120	1673	1568		1608		17,6	1000	1,07	0,98	91,4	95,1	0,001	0,001	0,057	0,057	0,06		-0,03				0,989			0,989	
3.9	Никель	мг/дм³	0,01	0,195	0,132		0,125		0,005	0,043	1,48	1,06	23,6	36,9	7,59	8,03	189	189	0,32		0,05				0,958			0,973	
3.10	Свинец	мг/дм³	0,006	0,018	0,017		0,040		0,003	0,005	1,09	0,42	15,2	6,92	59,8	24,9	379	379	0,09		-1,40				0,934			0,856	
3.11	Хром общий	мг/дм³	0,02	0,082	0,072		0,045		0,010	0,036	1,15	1,58	4,54	8,24	14,0	22,0	100	100	0,13		0,37				0,780			0,879	
3.12	Цинк	мг/дм³	0,01	0,108	0,075		0,1		0,10	0,170	1,44	0,62	1,18	1,06	13,3	8,28	9,77	9,77	0,30		-0,60				0,152			0,055	

Индекс операции: ТО - тонкослойное осаждение; БМР - очистка в мембранном биореакторе; ОС - очистка обратным осмосом; С - на установке очистки в целом. При П = const очистка не осуществляется, поэтому степень очистки, кратность и интенсивность очистки равна 0.

Таблица 4.11

Результаты оценки средних значений показателей состава фильтратов и критериев оценки эффективности их очистки по средним значениям в сериях опытов

Коды	Наименование	Единицы измерения	Норматив	П4	μс	тс	εс	εс*	Кпр
1	Обобщенные показатели								
1.1	Азот аммонийный	мг/дм ³	0,5	4,48	99,6	0,223	0,990		8,95
1.2	БПК 5	мг/дм ³	2,1	3,20	2046	0,313	0,9995		1,52
1.3	Взвешенные вещества	мг/дм ³	10,25	0,50	3127	2,0	0,9997		0,05
1.4	Водородный показатель	ед. рН	6,5-8,5	8,02	0,96	0,125	-0,038	-0,038	
1.5	Жесткость	°Ж	не норм	0,20	75	5,0	0,987		
1.6	Нефтепродукты	мг/дм ³	0,05	0,104	269	9,63	0,996		2,08
1.7	Сухой остаток	мг/дм ³	не норм	23	293	0,043	0,997		
1.8	ХПК	мг/дм ³	не норм	9,6	1585	0,104	0,999		
1.9	Щелочность общая	ммоль/дм ³	не норм	1,48	58,9	0,676	0,983		
2.	Неорганические вещества								
2.1	Нитриты	мг/дм ³	0,08	0,03	4,12	32,26	0,757		0,39
2.2	Нитраты	мг/дм ³	40	0,26	25,8	3,79	0,961		0,01
2.3	Сульфаты-анионы	мг/дм ³	100	10	9,35	0,1	0,893		0,1
2.4	Фосфат-ионы	мг/дм ³	0,2	0,47	17,9	2,11	0,944		2,37
2.5	Фториды-анионы	мг/дм ³	0,05	0,10	69,8	10	0,986		2,0
2.6	Хлориды-ионы	мг/дм ³	300	26,96	42,3	0,037	0,976		0,09
2.7	АПАВ	мг/дм ³	0,1	0,10	6,21	9,62	0,839		1,04
3.	Металлы								
3.1	Железо общее	мг/дм ³	0,1	0,082	92,3	12,2	0,989		0,82
3.2	Кадмий	мг/дм ³	0,005	0,0001	9,6	9259	0,896		0,02
3.3	Кальций	мг/дм ³	180	0,50	372	2,02	0,997		
3.4	Кобальт	мг/дм ³	0,01	0,002	15	500	0,933		0,2
3.5	Магний	мг/дм ³	40	1,0	68	1,02	0,985		
3.6	Марганец	мг/дм ³	0,01	0,05	68,6	20	0,985		5,0
3.7	Медь	мг/дм ³	0,001	0,004	14,8	227	0,932		4,4
3.8	Натрий	мг/дм ³	120	17,6	95,1	0,057	0,989		0,15
3.9	Никель	мг/дм ³	0,01	0,005	36,9	189	0,973		0,53
3.10	Свинец	мг/дм ³	0,006	0,003	6,9	379	0,856		0,44
3.11	Хром общий	мг/дм ³	0,02	0,01	8,2	100	0,879		
3.12	Цинк	мг/дм ³	0,01	0,102	1,06	9,77	0,055		10,2

*Характеризует превышение величины рН в системе очистки

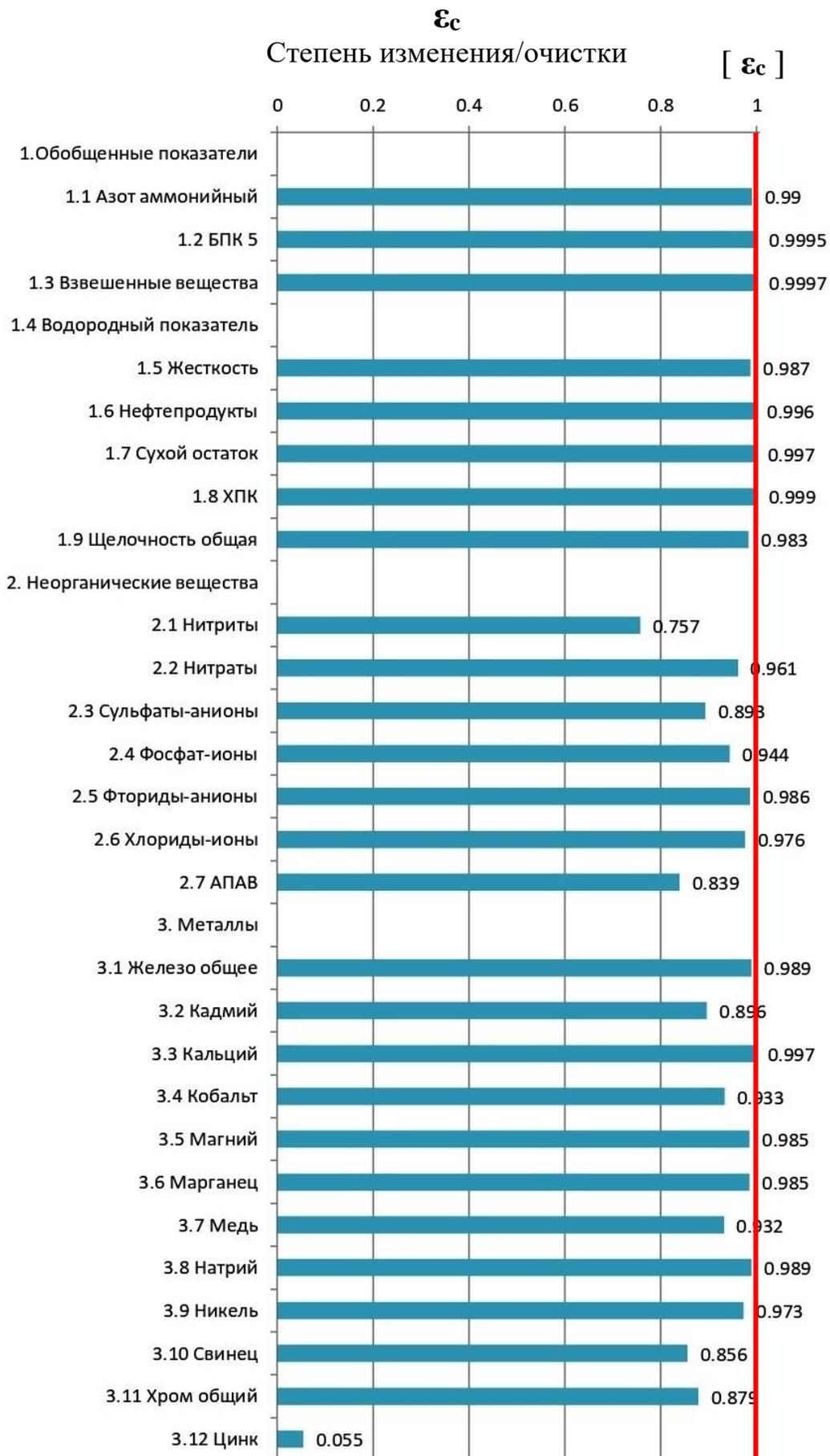


Рисунок 4.1 . Степень изменения (трансформации) показателей состава фильтратов при их очистке в комплексной установке

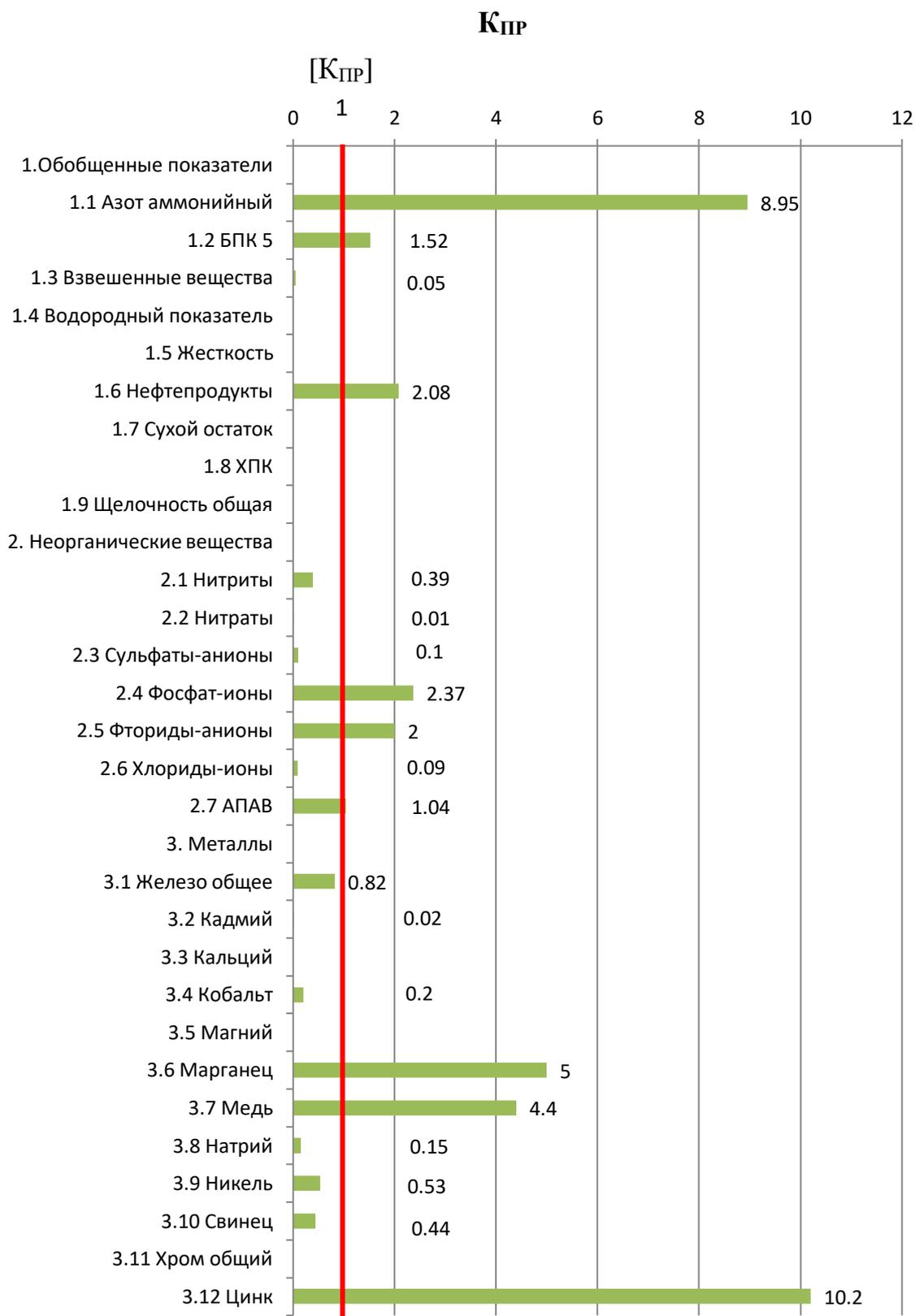


Рисунок 4.2. Коэффициент превышения нормативов показателей состава фильтратов при их очистке в комплексной установке

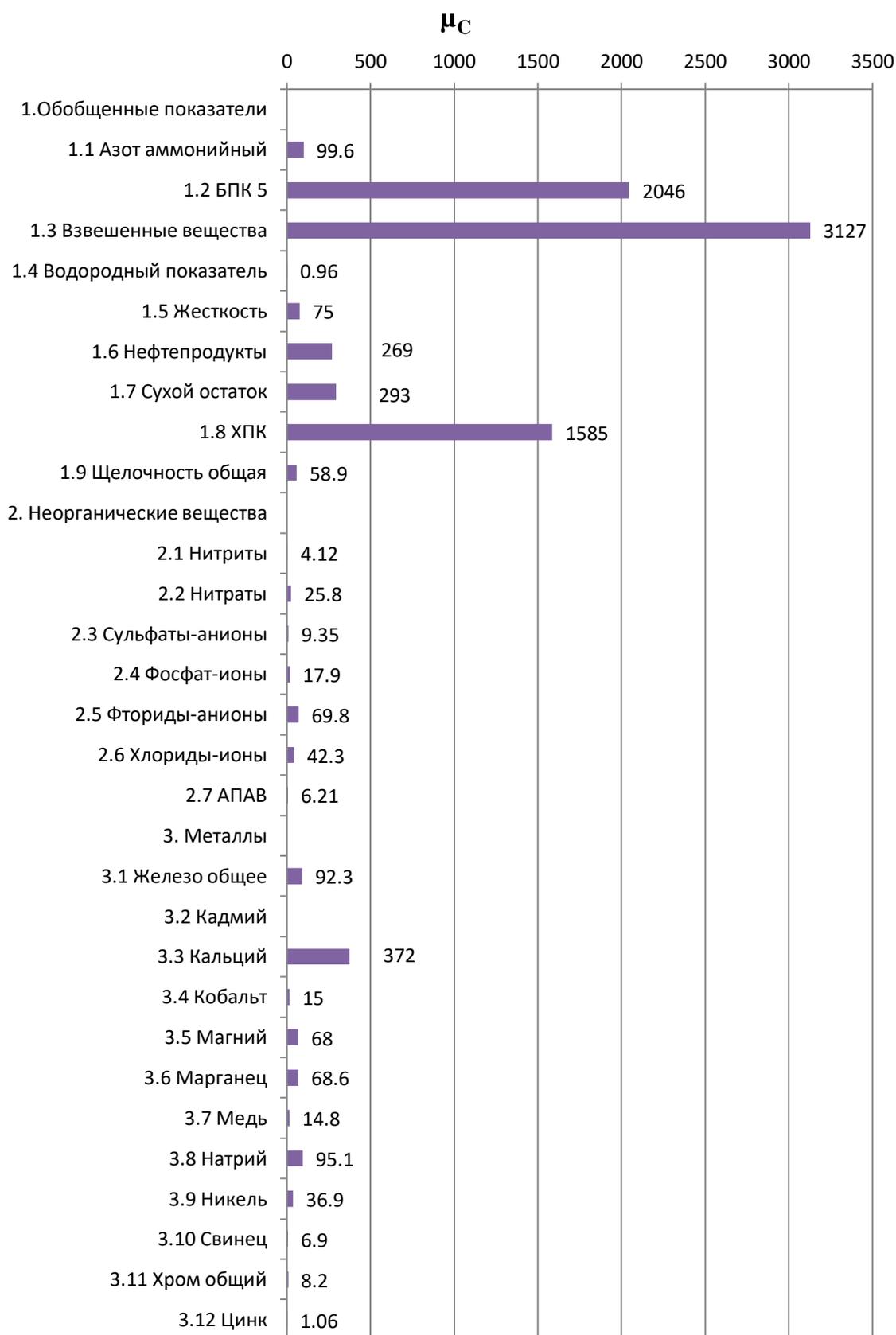


Рисунок 4.3. Кратность очистки фильтратов по показателям их состава

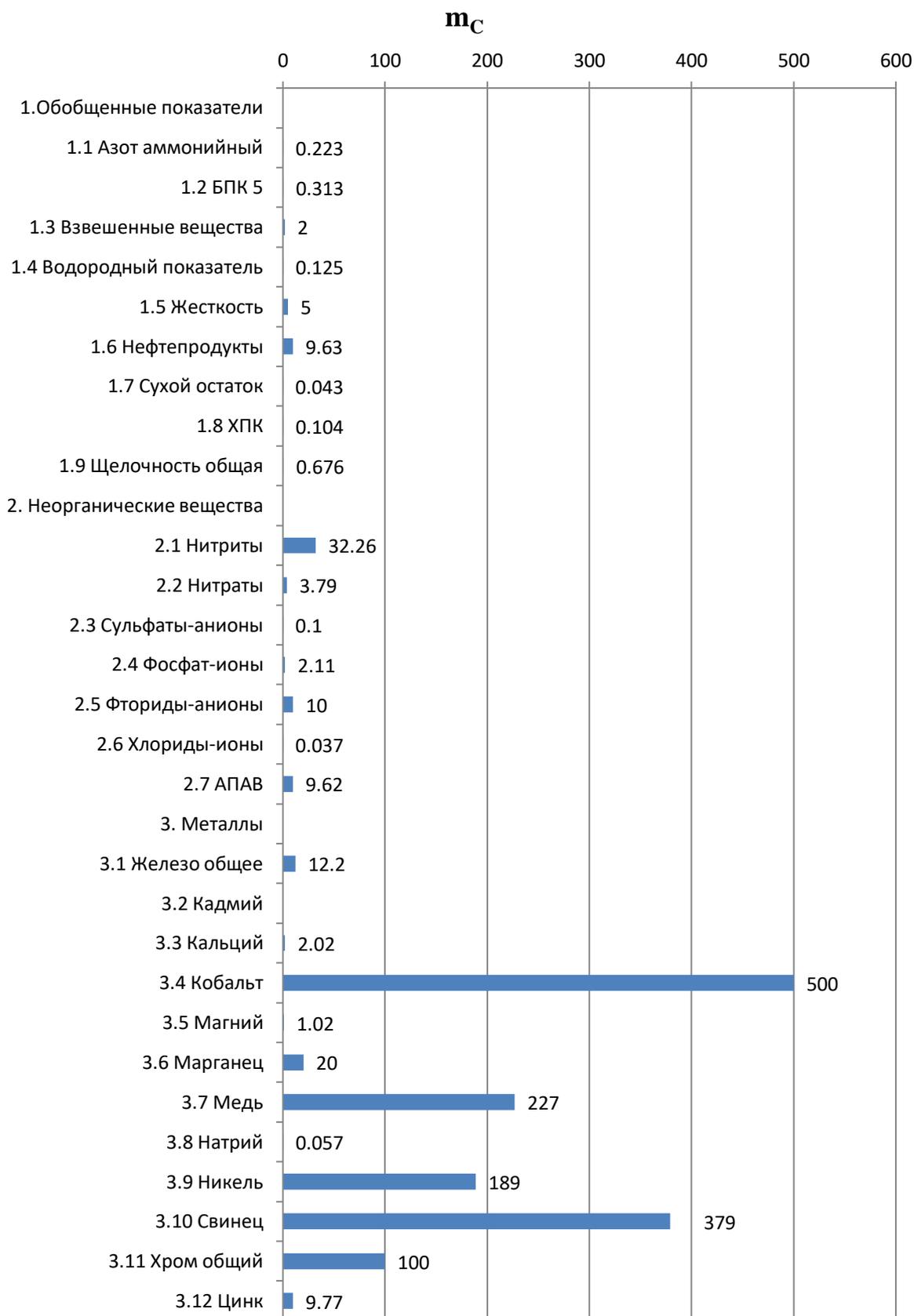


Рисунок 4.4. Интенсивность очистки фильтратов полигонов ТБО по показателям состава

Таблица 4.12.

**Сопоставление порядка интенсивности
трансформации показателей состава фильтратов**

Коды	Наименование	Единицы измерений	Норматив	m _c		Степень порядка	Показатель степени
1	Обобщенные показатели						
1.7	Сухой остаток	мг/дм ³	не норм	0,04	0,4*10 ⁻¹	10 ⁻¹	-1
1.1	Азот аммонийный	мг/дм ³	0,5	0,22	0,22	10 ⁰	0
1.2	БПК 5	мг/дм ³	2,1	0,31	0,31		
1.4	Водородный показатель	ед. рН	6,5-8,5	0,12	0,12		
1.8	ХПК	мг/дм ³	не норм	0,10	0,10		
1.9	Щелочность общая	ммоль/дм ³	не норм	0,68	0,68		
1.3	Взвешенные вещества	мг/дм ³	10,25	2,00	0,2*10		
1.5	Жесткость	°Ж	не норм	5,00	0,5*10	10	1
1.6	Нефтепродукты	мг/дм ³	0,05	9,63	0,96*10		
2.	Неорганические вещества						
2.6	Хлориды-ионы	мг/дм ³	300	0,04	0,4*10 ⁻¹	10 ⁻¹	-1
2.3	Сульфаты-анионы	мг/дм ³	100	0,10	0,10	10 ⁰	0
2.2	Нитраты	мг/дм ³	40	3,79	0,379*10	10 ⁰	0
2.4	Фосфат-ионы	мг/дм ³	0,2	2,11	0,211*10	10	1
2.7	АПАВ	мг/дм ³	0,1	9,62	0,962*10		
2.1	Нитриты	мг/дм ³	0,08	32,26	0,353*10 ²	10 ²	2
2.5	Фториды-анионы	мг/дм ³	0,05	10,00	0,1*10 ²		
3.	Металлы						
3.8	Натрий	мг/дм ³	120	0,06	0,6*10 ⁻¹	10 ⁻¹	-1
3.3	Кальций	мг/дм ³	180	2,00	0,2*10	10	1
3.5	Магний	мг/дм ³	40	1,00	0,1*10		
3.12	Цинк	мг/дм ³	0,01	9,77	0,977*10		
3.1	Железо общее	мг/дм ³	0,1	12,20	0,122*10 ²	10 ²	2
3.6	Марганец	мг/дм ³	0,01	20	0,2*10 ²		
3.11	Хром общий	мг/дм ³	0,02	100	0,1*10 ³	10 ³	3
3.4	Кобальт	мг/дм ³	0,01	500	0,5*10 ³		
3.7	Медь	мг/дм ³	0,001	227	0,227*10 ³		
3.9	Никель	мг/дм ³	0,01	189	0,189*10 ³		
3.10	Свинец	мг/дм ³	0,006	379	0,378*10 ³		
3.2	Кадмий	мг/дм ³	0,005	9259	0,93*10 ⁴	10 ⁴	4

Анализ результатов апробирования проводили в следующей последовательности:

1. Оценка полезности по коэффициенту превышения $K_{ГПР}$.
2. Оценка относительной полезности по ε .
3. Оценка относительной потенциальной возможности по μ .
4. Оценка интенсивности очистки по m .
5. Оценка подверженности очистке показателя Π по M .
6. Оценка величин выходящих за $[\Pi_H]$.

Оценка по $K_{ГПР}$ (рис. 4.2)

Оценка полезности установки (БМУ) по показателям состава фильтратов по среднему в сериях значению показателей и критерию эффективности процесса - коэффициенту превышения нормативного значения показателя после очистки $K_{ГПР}$. Коэффициент превышения определяет во сколько раз значение показателя $\Pi_{Оч}$ выше нормативного значения Π_H .

При $K_{ГПР,i} \leq 1$ очистка удовлетворяет требованиям нормативов.

При $K_{ГПР,i} > 1$ фильтрат очищается недостаточно эффективно и необходимо выявление причин и определение мер по ее преодолению.

1) $K_{ГПР}$ для установки полностью соответствует единице (≤ 1) - норма полезности для показателей: взвешенные вещества; нефтепродукты; нитриты; сульфат-ионы; хлориды.

по тяжелым металлам: железо; кадмий; кобальт; натрий; никель; свинец.

2) $K_{ГПР}$ не определяли в связи с отсутствием нормативов по следующим показателям (ВВ): жесткость; сухой остаток; ХПК; щелочность общая.

по металлам: кальций; магний; хром общий.

3) Значения $K_{ГПР}$ близкие к требованиям $K_{ГПР} = 1-2,5$ выявились для следующих показателей: БПК5 ($K_{ГПР} = 1,5$); нефтепродукты ($K_{ГПР} = 2,08$); фосфат-ионы ($K_{ГПР} = 2,365$); АПАВ ($K_{ГПР} = 1,04$).

4) Значительно большие значения определились по 4 показателям: азот аммонийный ($K_{ГПР} = 8,95$); марганец ($K_{ГПР} = 5$); медь ($K_{ГПР} = 1,4$); цинк ($K_{ГПР} = 10,24$).

5) Причины превышения $K_{ГПР}$ по азоту аммонийному в том, что азот аммонийный в 3-х сериях опытов увеличился после операции биомембранной очистки ($\Pi_{аз,2} > \Pi_{аз,1}$) и лишь в 2-х сериях опытов БМО показала свою потенциальную возможность очистки ($\Pi_{аз,2} < \Pi_{аз,1}$), это несомненно сказалось положительно на качестве очистки по установке в целом.

6) Причина превышения по показателю M_{Π} заключается в том, что операция БМО практически сказывается негативно на качестве очистки в четырех из пяти случаев. Не оказывает негативного влияния только в одном случае. Технологические возможности мембран обратного осмоса, выбранные конструкторами, недостаточны. Целесообразна замена мембран на более "тонкие".

7) Причина превышения по показателю "медь" кроется в недостаточно высокой эффективности ТО по критерию ϵ . Требуется коррекция дозы реагента – коагулянта.

8) Причина превышения цинка заключается в низкой подверженности цинка очистке применяемыми в установке способами очистки: реагентно-осадительным БМО и обратным осмосом с данной мембраной.

Оценка по ϵ (рис. 4.1)

Оценка относительной полезности установки выполняется по показателю ϵ . Из рисунка видно, что для подавляющего числа показателей

1) ϵ превышает 0,9. В число таких показателей входят:

- | | |
|---------------------------------|--------------------------|
| – азот аммонийный (0,99); | – БПК 5 (0,9995); |
| – взвешенные вещества (0,9997); | – жесткость (0,987); |
| – нефтепродукты (0,996); | – сухой остаток (0,997); |
| – щелочность общая (0,983); | – ХПК (0,999); |
| – фториды-анионы (0,986); | – нитраты (0,961); |
| – хлориды-ионы (0,976); | – фосфат-ионы (0,986); |
| – железо общее (0,989); | – кальций (0,997); |
| – марганец (0,985); | – кобальт (0,933); |
| – натрий (0,989); | – магний (0,985); |
| – никель (0,973); | – медь (0,932) |

2) ϵ превышает 0,8:

- | | |
|----------------------------|-----------------------|
| – сульфаты-анионы (0,893); | – свинец (0,856); |
| – АПАВ (0,839); | – хром общий (0,879). |

3) Практически не отделяется цинк ($\epsilon = 0,055$). Рекомендуется оптимизировать дозу коагулянта.

4) Отрицательные значения ϵ означают, что часть «активного ила» попадает в очищенную жидкость

Оценка по критерию кратности снижения значения показателя μ_C по средним значения по сериям

Оценка эффективности установки выполняется по критерию кратности снижения значения показателя μ (рис. 4.3). Если $\mu_C \leq 1$, то очистка не происходит. И если $\mu_C > 1$, то значение показателя уменьшается в μ крат (раз).

Высокоэффективная очистка на установке для следующих показателей:

- взвешенные вещества (3127 крат);
- БПК 5 (2040 крат);
- ХПК (1585 крат).

Среднеэффективная очистка на установке обеспечивается для показателей, крат:

- азот аммонийный (99,6);
- кальций (372);
- сухой остаток (293)
- натрий (95,1);
- нефтепродукты (269);

Относительно невысокоэффективная очистка для показателей, крат:

- фосфат-ионы (17,9);
- нитраты (25,8);
- никель (36,9);
- хлориды-ионы (42,3);
- щелочность общая (58,9);
- магний (68);
- марганец (68,6);
- фториды-анионы (69,8);
- жесткость (75)
- железо общее (92,3);

Низкая эффективность очистки характерна для показателей, крат:

- нитриты (4,12);
- АПАВ (6,21);
- сульфат-анионы (9,35);
- медь (14,8)
- свинец (6,9);
- хром (8,2);
- цинк (1,06);
- кобальт (15)

Оценка по критерию m_C (рис. 4.4)

Наиболее подвержены очистке в установке следующие показатели, ($\frac{\text{крат}}{\text{м}^3 \cdot \text{дм}^3}$):

- кобальт (500);
- свинец (379);
- хром (100);
- медь (227);
- никель (189);
- нитриты (32,36).

Средняя интенсивность очистки для показателей:

- марганец (20);
- фториды-анионы (10);
- цинк (9,77);
- железо общее (12,2);
- нефтепродукты (9,63);
- АПАВ (9,62).

Низкая подверженность очистке для установки характерна для показателей:

- жесткость (5);
- фосфат-ионы (2,11);
- взвешенные вещества (2);
- щелочность общая (0,676);
- азот аммонийный (0,223);
- водородный показатель (0,125);
- натрий (0,057);
- хлориды-ионы (0,037);
- нитраты (3,79);
- кальций (2,02);
- магний (1,02);
- БПК 5 (0,313);
- ХПК (0,104);
- сульфаты-анионы (0,1);
- сухой остаток (0,043);

4.2 Выводы

1. Апробация установки очистки фильтратов проводилась на образцах фильтратов, поступивших с полигона утилизации (5 пакетов протоколов).

2. При апробации выявлен большой потенциал эффективности при изменении величин показателей состава в широком интервале, что свидетельствует о широкой универсальности установки.

3. Углубленный анализ по относительным критериям эффективности показал, что в целом достигнут высокий потенциал уровня качества очистки фильтратов по основным показателям.

4. В результате апробации по тяжелым металлам выявлено превышение показателей:

- показатель «Цинк» превышен во всех опытах;
- показатель «Медь» - превышен в четырех опытах;
- показатели «Никель» и «Свинец» – превышение в одном опыте

Предлагаемые мероприятия по улучшению - введение в состав техпроцесса флотации.

5. Для предотвращения превышения по «Железу» целесообразна глубокая аэрация фильтрата с помощью эжектора с управлением эжектором в режиме «он-лайн» с помощью датчика по железу с обратной связью.

6. По группе «обобщенных показателей»:

- превышение в 4 опытах показателей «Азота аммонийного» и «БПК 5»;
- превышение рН в одном опыте;
- превышение показателя «нефтепродукты – в трех опытах.

Рекомендуются:

Оптимизация техпроцесса мембранной биоочистки с помощью управления «активным илом».

С целью предотвращения повышения показателя «рН» целесообразно умягчение реагентами.

7. 7. Для снижения объема стоков целесообразно включить в состав техпроцесса оборудование для обезвоживания осадка шнекового типа, а отходящий сток направить в голову процесса. Кек направить на сушку в барабанное сушило или конвейерное.

8. Для повышения надежности очистки фильтратов от меди и других тяжелых элементов рекомендуется применение в техпроцессе флотации и озонирования фильтрата с последующей адсорбционной доочисткой через диффузные адсорбенты, особенно при обработке внутренних оборотных вод, образующихся при сгущении шлама.

ЛИТЕРАТУРА

1. Подлипский И.И. Эколого-геологическая характеристика полигонов бытовых отходов и разработка рекомендаций по рациональному природопользованию: дис. канд. г.-м. наук: 25.00.36. СПб., 2010. 204 с.
2. Иванюкович Г.А., Зеленковский П.С. Выделение участков локального загрязнения при экогеохимическом мониторинге городских территорий // Вестник СПбГУ. Сер. 7. 2015. №2. С. 125–129.
3. Mor S., Negi P., Khaiwal R. Assessment of groundwater pollution by landfills in India using leachate pollution index and estimation of error // Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management. 2018. Vol. 10. P. 467–476.
4. Вайсман Я.И. Управление отходами. Сточные воды и биогаз полигонов захоронения твердых бытовых отходов. Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2012. 259 с.
5. Christensen T., Cossu R., Stieglmann R. Landfilling of waste: Leachate. Boca Raton: CRC Press. 2019. 540 p.
6. Гуман О.М., Долинина И.А. Гидрогеохимическая модель полигона ТБО // Известия УГГУ. 2003. №18. С. 262–273.
7. Грибанова Л.П. Процессы на полигонах // Твердые бытовые отходы. 2006. №7. С.4–7.
8. Путилина В.С., Галицкая И.В., Юганова Т.И. Влияние органического вещества на миграцию тяжелых металлов на участках складирования твердых бытовых отходов // Экология. Серия аналитических обзоров мировой литературы. 2005. Новосибирск: ГПНТБ СО РАН. №76. С. 1–100.
9. Подлипский И.И. Эколого-геологическая оценка территории полигонов бытовых отходов. LAP Lambert Academic Publishing, 2015. 200 с.
10. McBean E.A., Poland R., Rovers F.A., Crutcher A.J. Leachate collection design for containment landfills // Journal of the Environmental Engineering Division, ASCE. 1982. Vol. 108. N1. P. 204–209.
11. Воронов Ю.В., Яковлев С.В. Водоотведение и очистка сточных вод. М.: Изд-во АСВ, 2006. 704 с.
12. Robinson H.D., Morris P.J. The treatment of municipal landfill leachate // Water Research. 1999. Vol. 17. N11. P. 56–61.
13. Глушанкова И.С., Рудакова Л.В., Воронкова Т.В., Володина А.С. Опыт применения метода рециркуляции фильтрационных вод полигона захоронения ТБО на примере полигона захоронения ТБО г. Краснокамск // Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение. 2015. №7. С. 46–50.

14. Вайсман Я.И. Физико-химические методы защиты биосферы. Очистка фильтрационных вод полигонов захоронения твердых бытовых отходов: учеб. пособие. Пермь: Перм. гос. техн. ун-т., 2005. 197 с.
15. Душкин С.С., Коваленко А.Н., Дегтярь М.В., Шевченко Т.А. Ресурсосберегающие технологии очистки сточных вод: монография. Харьков: ХНАГХ, 2011. 146 с.
16. Arabi S., Lugowski A. Lessons learned from successful applications of biological landfill leachate treatment // *Environmental Science & Engineering Magazine*. 2015. N1. P. 52–55.
17. Wiszniowski J., Robert D., Surmacz-Gorska J., Miksch K., Weber J.V. Landfill leachate treatment methods: A review // *Environmental Chemistry Letters*. 2015. Vol.4. N1. P. 51–61.
18. Середа Т.Г. Актуальные проблемы обеззараживания сточных вод полигонов твердых бытовых отходов с применением гидробиологической очистки // *Современные наукоемкие технологии*. 2017. № 3. С. 50–54.
19. Torretta V., Ferronato N., Katsoyiannis I. et al. Novel and conventional technologies for landfill leachates treatment: A review // *Sustainability*. 2016. Vol. 9. No. 1. P. 1–39.
20. Михайленко В.В., Капустин А.Е. Оценка эффективности очистки сточных вод методом анаэробного сбраживания // *Технологический аудит и резервы производства*. 2016. №3. С. 72–76.
21. Borzacconi L., Lopez I., Ohanian M., Vinas M. Anaerobic-aerobic treatment of municipal solid waste leachate // *Environmental Technology*. 1999. Vol. 20. N2. P.211–217.
22. Калюжный С.В., Гладченко М.А. Лабораторные исследования анаэробноаэробной очистки высококонцентрированных по органическим загрязнениям и содержанию азота фильтратов полигонов ТБО // *Чистый город*. 2004. № 2 (26). С.29–37.
23. Кашковский В.И., Горбенко В.Н., Синяков Ю.Б., Вальчук Д.Г. Комплексная очистка фильтрационных вод // *Твердые бытовые отходы*. 2010. №4. С. 34–39.
24. Youcai Z. Pollution control technology for leachate from municipal solid waste. Oxford: Elsevier Ltd, 2018. 564 p.
25. Кушевич А.С., Маннанова С.А. Реагентная очистка фильтрата ТБО // *Башкирский экологический вестник*. 2011. №3, №4. С. 34–35.
26. Порохняк А.М., Волков Ю.И., Логинов В.С., Манегин К.С. Способ очистки сточных вод полигонов ТБО // *Экологические системы и приборы*. 1999. №1. С.28–34.
27. Федосова Т.А., Рощина С.И., Никитичева М.С. Сорбционная очистка фильтрационных вод полигонов ТБО // *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. 2014. №8. С. 103–106.
28. Пат. 2186618 Российская Федерация, МПК В 01 J 20/24, В 01 D 39/00, В 01 D39/04, В 01 J 20/00, В 01 J 20/10, В 09 В 1/00, С 02 F 1/28. Биосорбционный фильтр для очистки сточных вод. Вайсман Я.И., Зайцева Т.А., Рудакова Л.В., Глушанкова И.С., Шишкин Я.С., Никитенко А.С.; заявитель и патентообладатель Перм. гос. техн. ун-т. № 2001100980/12; заявл. 09.01.01; опубл. 10.08.02. Бюл. №22. 6 с.
29. Бронникова О.И., Новиков О.Н., Метляева М.Ю. Очистка фильтрата полигона твердых бытовых отходов // *Сибирь-Восток*. 2006. № 2. С. 42–47.
30. Пат. 2589139 Российская Федерация, МПК С 02 F 9/08, С 02 F 1/42, С 02 F 1/44, С 02 F 1/461, С 02 F 1/52, В 01 D 36/00, В 01 D 61/02, В 01 D 61/14. Способ очистки дренажных вод полигонов твердых бытовых отходов. Поворов А.А., Павлова В.Ф., Кротова М.В., Шиненкова Н.А., Трифонова Т.А., Начева И.И., ..., и др.; заявитель и патентообладатель ООО «БМТ». № 2014128230/05; заявл. 09.07.14; опубл. 10.07.16. Бюл. №3. 16 с.
31. Поворов А.А., Павлова В.Ф., Шиненкова Н.А., Логунов О.Ю. Технология очистки дренажных полигонных вод // *Твердые бытовые отходы*. 2009. №4. С.26–27.
32. Drouiche M.C., Moussaceb K., Joussein E., Bollinger J.C. Stabilization/solidification by hydraulic binders of metal elements from landfill leachate // *Nova Biotechnologica et Chimica*. 2019. Vol. 18 N1. P. 72–83.

33. Hendrych J., Hejralova R., Krouzek J., Spacek P., Sobek J. Stabilisation/solidification of landfill leachate concentrate and its residue obtained by partial evaporation // *Waste Management*. 2019. Vol. 95. P. 560–568.
34. Paria S., Yuet P.K. Solidification-stabilization of organic and inorganic contaminants using portland cement: A literature review // *Environmental Reviews*. 2006. Vol. 14. P.217–255.
35. Пат. 2460704 Российская Федерация, МПК С 04 В 28/00, С 04 В 18/30, С 04 В18/18. Способ утилизации фильтрата полигона твердых бытовых отходов и золы. Островкин И.М., Островкин П.И.; заявитель и патентообладатель Островкин И.М., Островкин П.И. № 2010149883/03; заявл. 07.12.10; опубл. 10.09.12. Бюл. №25. 7 с.
36. Милютин Н.О., Аверьянова Н.А., Политаева Н.А. Изучение свойств литификата, полученного из фильтрата полигона ТКО // *Экологический мониторинг опасных промышленных объектов: современные достижения, перспективы и обеспечение экологической безопасности населения: сб. науч. тр. Ч.2. Саратов, 2019. С. 188–191.*
37. <https://gdostavka.ru/voda/kak-ocistit-stocnyu-vodu-ot-cinka>.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Перечень приложений:

- 1) Приложение П1. Предельные значения состава фильтрата полигона ТБО, ПДК для водоемов рыбохозяйственного назначения
- 2) Приложение П2. Основные технологические процессы
- 3) Приложение П3. Показатели качества стоков очистки фильтратов
- 4) Приложение П4. Наладка блоков Б1-Б3 при выполнении программы испытаний станции очистки фильтратов
- 5) Приложение П5. Параметры управления при оптимизации блочно-модульной установки очистки фильтрата
- 6) Приложение П6. Точки контроля
- 7) Приложение П7. Параметры управления и показатели качества по операциям
- 8) Приложение П8. Параметры процесса очистки
- 9) Приложение П9. Отчет о научно-технической работе от 14.07.2023 г.
- 10) Приложение П10. Отчет о научно-технической работе от 02.08.2023 г.
- 11) Приложение П11. Характеристики методов и средств очистки фильтратов
- 12) Приложение П12. Протоколы исследования значений показателей состава исследуемых фильтратов
- 13) Приложение П13. Образец -рисунок зависимостей при очистке
- 14) Приложение П14. Шнековый обезвоживатель осадка сточных вод
- 15) Приложение П15. Реагенты. Лабораторные исследования

**Предельные значения состава фильтрата полигона ТБО,
ПДК для водоемов рыбохозяйственного назначения ***

№ п/п	Наименование показателей, единицы измерений	Исходный фильтрат	ПДК для водоемов рыбохоз. назначения
1.	Водородный показатель (рН)	8,5	6,5-8,5
2.	Взвешенные вещества, мг/дм ³	704	10,25
3.	ХПК, мгО ₂ /дм ³	11 530	не нормируется
4.	БПК ₅ , мгО ₂ /дм ³	2 360	2,1
5.	Аммоний (NH ₄ ⁺), мг/дм ³	647	0,5
6.	Жесткость общая, мг-экв/дм ³	80	не нормируется
7.	Кальций (Ca), мг/дм ³	615	180,0
8.	Магний (Mg), мг/дм ³	230	40,0
9.	Щелочность общая, мг-экв/дм ³	136	не нормируется
10.	Железо общее (Fe), мг/дм ³	44	0,1
11.	Кадмий (Cd), мг/дм ³	0,006	0,005
12.	Кобальт (Co), мг/дм ³	0,018	0,01
13.	Марганец (Mn), мг/дм ³	5,1	0,01
14.	Медь (Cu), мг/дм ³	0,039	0,001
15.	Никель (Ni), мг/дм ³	0,33	0,01
16.	Свинец (Pb), мг/дм ³	0,07	0,006
17.	Хром общий (Cr), мг/дм ³	0,18	0,02
18.	Цинк (Zn), мг/дм ³	1,88	0,01
19.	Нитраты, мг/дм ³	45,0	40,0
20.	Нитриты, мг/дм ³	8,30	0,08
21.	Сульфат-анионы (SO ₄ ²⁻), мг/дм ³	150,0	100,0
22.	Фосфат-ионы (PO ₄ ³⁻), мг/дм ³	12,29	0,2
23.	Фторид-анины (F ⁻), мг/дм ³	0,82	0,05
24.	Хлорид-анионы (Cl ⁻), мг/дм ³	2966	300,0
25.	Натрий (Na), мг/дм ³	929	120,0
26.	АПАВ, мг/дм ³	7,03	0,1
27.	Нефтепродукты, мг/дм ³	6,27	0,05
28.	Сухой остаток, мг/дм ³	10 138	не нормируется

* В период эксплуатации очистных сооружений качество фильтрата может меняться в зависимости от разных факторов в диапазоне ±20%.

Основные технологические процессы

№ п/п	Наименование технологии и принципы очистки	Результат
1	Механическая очистка: - очистка при помощи решеток, ширина прозоров 2 мм	- удаление крупных и мелкодисперсных твердых загрязнений
2	Физико-химическая очистка с помощью: - щелочной обработки известью	-удаление взвешенных веществ, коллоидных органических частиц, тяжелых металлов и прочих загрязнений
3	Технология скорого отстаивания: - обработка воды коагулянтom; - тонкослойное осаждение	-нейтрализуется двойной электрический слой и появляются коагуляты (агрегаты); - осветление воды отстаиванием (предочистка)
4	Флотация - обработка воды коагулянтom; - обработка воды флокулянтom;	- удаление органических веществ, масел, жиров, ПАВ, нефтепродуктов и др
5	Биологическая очистка: - процесс денитрификации - процесс нитрификации - осветление на мембранных фильтрах мембранного биореактора;	- денитрификация стоков; - нитрификация стоков; - осветление;
6	- введение гипохлорита натрия и лимонной кислоты	- обеззараживание
7	Озонирование	- доокисление остаточных загрязнений после мембранного биореактора
8	Доочистка фильтрованием в напорных сорбционных фильтрах с гранулированным активированным углем	- сорбирование на поверхности фильтров азото-содержащих веществ
9	Технологии обратного осмоса из двух ступеней: - обратноосмотические мембраны 1 ступени; - обратноосмотические мембраны 2 ступени	- очистка от микропримесей (пермеат 1 и концентрат 1 ступени); -обессоливание (пермеат 2 и концентрат 2 ступени)
10	Обеззараживание ультрафиолетовым излучением	- обеззараживание воды
11	Обезвоживание усредненного осадка	- удаление активного ила
12	- мониторинг качества воды	-проводится независимая непрерывная оценка показателей качества воды;

Приложение ПЗ

Таблица ПЗ

Показатели качества стоков очистки фильтратов

	Показатели	Ед. измерения	Норматив качества для питье-вой воды.	Методы контроля	Периодичность контроля на контрольном кране ОСВ
1.	Термотолерантные колиформные бактерии	КОЕ/100 см ³	отсут.	МУК 4.2.1018-01	1 раз/сут
2.	Общие колиформные бактерии	КОЕ/100 см ³	отсут.	МУК 4.2.1018-01	1 раз/сут
3.	Общее микробное число	КОЕ/1 см ³	не более 50	МУК 4.2.1018-01	1 раз/сут
4.	Колифаги	БОЕ в 100 см ³	отсут.	МУК 4.2.1018-01	1 раз/сут
5.	Споры сульфитредуцирующих клостридий	Число спор в 20 см ³	отсут.	МУК 4.2.1018-01	2 раза/мес
6.	Цветность	градусы	20 (35)	ГОСТ 31868-2012 п. 5	4 раза/сут
7.	Мутность	ЕМФ	2,6 (3,5)	ГОСТ Р 57164-2016, п. 6	4 раза/сут
8.	Водородный показатель	ед. рН	6-9	ПНДФ 14.1:2:3:4.121-97	4 раза/сут
9.	Общая минерализация (сухой остаток)	мг/дм ³	1000	ГОСТ 18164-72	1 раз/мес
10.	Жесткость общая	°Ж	7	ГОСТ 31954-2012, п. 4	1 раз/мес
11.	Окисляемость перманганатная	мГО/дм ³	5	ПНДФ 14.1.2:4.154-99	1 раз/нед.
12.	Нитраты (по NO ³⁻)	мг/дм ³	45	ГОСТ 33045-2014, п. 9	1 раз/нед
13.	Нитрит-ион	мг/дм ³	3	ГОСТ 33045-2014, п. 6	1 раз/нед
14.	Аммиак (по азоту)	мг/дм ³	1,5	ГОСТ 33045-2014, п. 5	1 раз/нед
15.	Хлориды (Cl ⁻)	мг/дм ³	350	ГОСТ 4245-72, п. 3	1 раз/нед
16.	Железо (Fe, суммарно)	мг/дм ³	0,3 (1,0)	ГОСТ 4011-72, п. 2	1 раз/нед
17.	Сульфаты (SO ₄ ²⁻)	мг/дм ³	500	ГОСТ 31940-2012, п. 6	1 раз/мес
18.	Фториды (F ⁻)	мг/дм ³	не нормир.	ГОСТ 4386-89, п. 1	1 раз/мес
19.	Марганец (Mn, суммарно)	мг/дм ³	0,1	ГОСТ 4974-2014, п. 6	1 раз/мес
20.	Хлор остаточный активный	мг/дм ³	0,8 – 1,2	ГОСТ 18190-72, п. 2	1 раз/1 час
21.	Алюминий	мг/дм ³	0,5	ГОСТ 18165-2014, п. 6	4 раз/ сут. при коагул.

Приложение П4

Наладка блоков Б1-Б3 при выполнении программы испытаний установки очистки фильтратов

№ п/п	Наладка Н-	Наименование наладки	Состояние арматуры и управления	Манипуляции с арматурой и управлением		
				Блок Б1	Блок Б2	Блок Б3
1	2	3	4	5	6	7
1	НБ-И	Поблочная Исходная	Закрыто	Запорно-регулирующая арматура (ЗРА): 1.2; 1.5; 1.6; 1.8-1.10; 1.12; 1.14; 1.16-1.18. Насосы (Н) : 1,4 - 2шт; 1.11	ЗРА: 2.4; 2.10; 2.11; 2.13-2.15; 2.19; 2.20. Воздуходувка (ВД): 2.3, 2.13. Н: 2.16 Электромешалка (ЭМ)	ЗРА : 3.1; 3.2; 3.4; 3.5; 3.7; 3.8; 3.11; 3.14. Н: 3.3; 3.6
2	НБ-А	Поблочная апробация во изменение к наладке НБ-И	Отключены Открыты Включены	ЗРА: 1.4; 1.6; 1.5; 1.9; 1.12; 1.14; 1.16. Н: 1.3	ЗРА: 2.4; 2.10; 2.19 ВД: 2.3; 2.16 ЭМ: 2.2	ЗРА : 3.5; 3.8; 3.11; 3.14 Н: 3.3; 3.6
При проведении всех видов работ ведется контроль по показаниям манометров, расходомеров, тахометра (ЭМ) и регуляторов числа оборотов Н и ЭМ						
3	НБ-Орт	Поблочно последовательно оптимизация эффективности очистки		НБ1-И	НБ2-И	НБ3-И
3.1	НБ1-Орт.П	Перемешивание раствора во изменение наладки НБ-И	Открыты Включены	ЗРА: 1.5; 1.9 Н: 1.11		
3.2	НБ1-Орт.ВИР	Введение реагента во изменение наладки НБ-Орт.П	Открыты Включены	НБ - Орт.П ЗРА: 1.4; 1.6. Н: 1.3	НБ2-И	НБ3-И

Продолжение приложения П4

1	2	3	4	5	6	7
3.3	НБ1- Орт.ДР	Оптимизация по параметру управления «доза реагента» Во изменение наладки НБ-А	Регулировать Контролировать	НБ1-А С помощью ЗРА 1.6 Дозу реагента здесь и далее Показатели: П1.7, П2.5, П2.9, П3.2 (П3.3), П3.7, П3.10, П3.14, П5.8, П5.5, П5.6	НБ2 НБ2	НБ3-А НБ3-А
3.4	НБ1- Орт.Т	Оптимизация по параметру «время пребывания и перемешивания исходного фильтрата после введения реагента» Во изменение наладки НБ- Орт.П	Регулировать время перемешивания Закрывать Отключить	По истечение времени; ЗРА1.9 Н1.11 Измерять секундомером	НБ2-А	НБ3-А
3.5	НБ1- Орт.Р	Оптимизация по расходу (удельному расходу и скорости движения фильтрата в тонкослойном отстойнике ТО) Во изменение наладки НБ1-Орт.Т	Регулировать	Расход с помощью ЗРА 1.9; 1.12 и 1.15 Расчётно определить среднего скорость движения фильтрата в ТО и удельный расход	НБ2-А	НБ3-А

Окончание приложения П4

1	2	3	4	5	6	7
3.6	НБ2-Орт. НБ2-Орт.РВ	Оптимизация эффективности блока Б2 Оптимизация по расходу воздуха Во изменение наладки НБ-А и НБ1-А; НБ2-А НБ1-Орт.Р	Установить Регулировать	Оптимальное значение дозы реагента, времени перемешивания, расхода Установить оптимальные значения дозы реагента, времени пребывания, расхода С помощью ЗРА по наладкам НБ1-Орт.ДР, НБ1-Орт.Т и НБ1-Орт.Р	Регулировать расход воздуха с помощью ЗРА 2.4; 2.17 Контролировать расход воздуха Расход фильтра с помощью ЗРА 1.12 Контролировать расход фильтра Установить значения показателей	
3.8	НБ3-Орт.	Оптимизация эффективности работы блока Б3				
3.9	НБ3-Орт.Р	Оптимизация эффективности блока Б3 по параметру управления расхода Во изменение наладки НБ3-Орт.РВ	Установить		НБ2-Орт.Б3 Скорректировать значение расхода воздуха, расхода фильтра	Значение расхода с помощью ЗРА 3.8; 3.14
3.10	НБ3-Орт.РАС	Оптимизация по параметру расход антиэскаланта	установить		НБ2-Орт.Б3	Значение расхода с помощью ЗРА 3.1; 3.4

Приложение П5

Параметры управления при оптимизации блочно-модульной установки очистки фильтрата

№ п/п	Наименование параметра управления	Символ	Размерность	Числовой интервал варьирования
1	Блок Б1			
1.1	Доза реагента	ДР	мг/дм ³	
1.2	Время перемешивания	ВП	ч	
1.3	Удельный расход фильтрата (расход, средняя скорость движения при очистке)	q _ф	(м ³ /ч)/м ²	
2	Блок Б2			
2.1	Удельный расход фильтрата	q _ф	(м ³ /ч)/м ²	
2.2	Удельный расход воздуха	q _в	м ³ /м ³	
2.3	Время обработки	t	ч	
3	Блок Б3			
3.1	Удельный расход фильтрата	q _ф	(м ³ /ч)/м ²	
3.2	Удельный расход антискаланта	q _в	мл ³ /дм ³	

Приложение П 6

Точки контроля

№ п/п	Наименование оборудования	№ точки*	Примечание
1	Резервуар-усреднитель	1	
2	Блок Б1	2	
2.1	Ёмкость обработки реагентом на входе		
2.2	Конусный сборник над осадком		
2.3	Тонкослойный отстойник		
3	Биомембранная обработка	3	
3.1	Аэратор		
3.2	Фильтр		
4	Ультрафильтр – обратно-осмотический фильтр	4	
4.1	Резервуар УФ		
4.2	Резервуар пермеата		
4.3	Резервуар сборник концентрата		5

Параметры управления и показатели качества по операциям

№ операции	Операция	Параметр управления	Интервал варьирования	Показатель качества	Продолжительность интервала
1	Усреднение (стабилизация содовым раствором)	Доза содового раствора		$pH_{вх}$	$pH_{вых\ min} \dots pH_{вых\ max}$
		Время перемешивания		$pH_{вых}$	
2	Смешивание с известковым раствором	Доза известково-вого молока		$pH_{вх}$	$pH_{вых\ min} \dots pH_{вых\ max}$
		Время обработки		$pH_{вых}$	
3	Отстаивание	Расход		Скорость opt	
		Время осаждения		$pH_{вых}$	
		концентрация взвеси (по сухому) исходная		концентрация взвеси (по сухому) осветленная	
4	Тонкослойное осаждение	Расход, скорость осаждения		Концентрация взвеси осветленная	
		Концентрация взвеси исходная		Степень очистки	
5	Биомембранная очистка	Расход, концентрация жидкости, расход воздуха		Скорость opt	
				Концентрация поэлементно	
				Степень очистки	
6	Ультра фильтрация	Расход, давление. концентрация			
7	Обратноосмотическая очистка	Трансмембранное давление		Скорость opt	
		Длительность эксплуатации.		Степень очистки поэлементно	
		Расход		Концентрация поэлементно	
		Концентрация			
8	Усреднение пермеата	Давление выходное		Концентрация поэлементно	
		Расход пермеата		Степень очистки	
				Выход пермеата	
9	Усреднение концентрата	Давление на выходе концентрата		Концентрация поэлементно Выход концентрата	

Параметры процесса очистки

№ п/п	Параметр	Влияние на процесс очистки активным илом	Примечание
1	Щёлочность	Недостаточная щёлочность снижает эффективность организмов и может привести к снижению pH в выходящем потоке и, в отдельных случаях, к высокой потребности хлора при обеззараживании.	
2	Растворённый кислород (РК)	Является условием протекания аэробного процесса очистки активным илом. Зависит от количества биогенов во входящем потоке (БПК), активности ила и желательной степени очистки.	
3	pH	Широкий диапазон может привести к повреждению или гибели организмов, обитающих в активном иле. Оптимальный диапазон pH 6,5-9. Быстрые изменения в оптимальном диапазоне могут серьёзно повлиять на эффективность процесса.	
4	MLSS (содержание взвешенных твёрдых веществ в иловой смеси) MLVSS (содержание взвешенных летучих твёрдых веществ в иловой смеси) MLTSS (суммарное содержание взвешенных твёрдых веществ в иловой смеси)	Характеризуют основные параметры процесса – возраст активного ила и индекс объёма активного ила	Содержание MLSSи MLVSS регулируют, повышая или понижая уровень избыточного ила. Для повышения уровня MLTSS надо снизить скорость удаления или повысить MCRT (среднее время пребывания твёрдых веществ в модуле).
5	Содержание активного ила и его концентрация	Неэффективная рециркуляция активного ила приводит к резкому снижению эффективности очистки. При низком уровне активного ила твёрдые вещества остаются в отстойнике, что приводит к потере твёрдых веществ и появлению септических свойств у возвратного ила. Если уровень ила высок, возможна гидравлическая перегрузка аэрационного резервуара, что приводит к сокращению времени аэрации и снижению эффективности. Концентрация возвратного ила используется для определения скорости рециркуляции, необходимой для поддержания желательного уровня MLSS.	Необходимо поддерживать непрерывную рециркуляцию активного ила с возвратом его в аэрационный резервуар.
6	Скорость удаления отработанного ила и его концентрация	Если активный ил остаётся в системе слишком долго, эффективность процесса снижается. Если из системы удаляют слишком большие объёмы активного ила, твёрдые частицы оказываются слишком лёгкие, и скорость их оседания становится недостаточно высокой, из-за чего их удаление из вторичного осветлителя затрудняется.	
7	Температура	Активность микроорганизмов напрямую связана с температурой среды.	
8	Глубина взвешенного слоя ила	При неоптимальной глубине взвешенного слоя во вторичном отстойнике твёрдые частицы могут попадать в очищенные стоки. Оптимальная глубина слоя ила зависит от гидравлической нагрузки, конструкции отстойника и характеристик ила; в каждом конкретном случае она определяется экспериментально.	Для измерения глубины слоя взвешенных частиц активного ила обычно используют прозрачную пластиковую трубку с разметкой и шаровым краном на дне трубки.

МИНИСТЕРСТВО СТРОИТЕЛЬСТВА И ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОГО
ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ СТРОИТЕЛЬНОЙ
ФИЗИКИ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ АРХИТЕКТУРЫ И
СТРОИТЕЛЬНЫХ НАУК

УТВЕРЖДАЮ

Директор НИИСФ РААСН

Д.т.н.

И.Л.Шубин

«___» _____ 2023

ОТЧЕТ

О научно-технической работе

По теме:

«Проведение исследований очистки промышленных сточных вод (фильтрата)
для «Полигона утилизации твердых бытовых отходов»

Договор № 36150 (2023) от 14.07.2023 г.

Руководитель работы

Зав.лаб. ТОПСВ, к.т.н. доц.

Е.С.Гогина

Москва 2023

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Руководитель

темы,

Гл. науч. сотр

Рук. лаб. № 36,

к.т.н., доцент

Инженер, лаб. №

36

Инженер

лаб. №36

Инженер

лаб. №36

Е. С. Гогина

И.А. Гульшин

К.Ч. Цаболов

Е. В. Спасибо

Оглавление

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ.....	2
Введение.....	4
Раздел 1. Планирование эксперимента	8
Раздел 2. Эксперимент.....	9
Заключение	18
Приложение 1	20
Приложение 2	21

Введение

Работа производится на основании Договора 36150(2023) от 14 июля 2023 года.

Настоящий отчет состоит из двух разделов. В первом разделе описано планирование эксперимента, включающее в себя анализ количественно-химических анализов исходной воды. Второй раздел посвящен эксперименту, в соответствии с Техническим заданием настоящего Договора.

Для производства санитарно-химических анализов использовались общепринятые методики выполнения анализов по показателям:

Взвешенные вещества. ПНД Ф 14.1:2:3.110-97

БПК₅. Свидетельство об аттестации МВИ № 222.0265/01.00258/2014 методика измерений биохимического потребления кислорода в пробах природных и сточных вод по изменению давления газовой фазы (манометрический метод) с помощью системы БПК ОхiТор (IS 12)

ХПК. Методики, разработанные ООО «Экоинструмент» для спектрофотометров фирмы «НАСНСompany», аттестованные ВНИМС Свидетельство № 22-09 МВИ бихроматной окисляемости воды (ХПК) в питьевой, поверхностной природной, сточной, морской воде, в воде бассейнов и технологической воде спектрофотометрическим методом.

Аммоний-ион. Методики, разработанные ООО «Экоинструмент» для спектрофотометров фирмы «НАСНСompany», аттестованные ВНИМС Свидетельство № 101-08 МВИ массовой концентрации ионов аммония в питьевой, поверхностной природной, сточной, морской воде, в воде бассейнов и технологической воде спектрофотометрическим методом.

Фосфат-ион. Методики, разработанные ООО «Экоинструмент» для спектрофотометров фирмы «НАСНСompany», аттестованные ВНИМС Свидетельство № 25-10 МВИ массовой концентрации общего

неорганического фосфора и фосфат - ионов в питьевой, поверхностной природной, сточной, морской воде, в воде бассейнов и технологической воде спектрофотометрическим методом.

Нитрит-ион. Методики, разработанные ООО «Экоинструмент» для спектрофотометров фирмы «НАСНСompany», аттестованные ВНИМС Свидетельство № 69-09 МВИ массовой концентрации нитрит-ионов в питьевой, поверхностной природной, сточной, морской воде, в воде бассейнов и технологической воде спектрофотометрическим методом.

Нитрат-ион. Методики, разработанные ООО «Экоинструмент» для спектрофотометров фирмы «НАСНСompany», аттестованные ВНИМС Свидетельство № 16-09 МВИ массовой концентрации нитрат-ионов в питьевой, поверхностной природной, сточной, морской воде, в воде бассейнов и технологической воде спектрофотометрическим методом.

Нефтепродукты. ПНД Ф 14.1:2:4.214-06

Водородный показатель ПНД Ф 14.1:2:3:4.121-97

Жесткость. ГОСТ 31954-2012 (метод А)

Кальций. ГОСТ 31954-2012 (метод Б)

Магний. ГОСТ 31954-2012 (метод Б)

Щелочность. ГОСТ 31957-2012, метод А

Железо общее. ПНД Ф 14.1:2:4.214-06

Кадмий ПНД Ф 14.1:2:4.140-98, изд. 2013 г.

Кобальт Nach lange 26516-00

Марганец Nach lange 24300-00

Медь. Nach lange 21058-69

Никель Nach lange 26516-00

Свинец Nach lange LCK 306

Хром ПНД Ф 14.1:2:4.52-96, ИЗД. 2016 г.

Цинк Nach lange 24293-00

Сульфат-ион. ПНД Ф 14.1:2.159-2000

Фториды ПНД Ф 14.1:2:3:4.179-2002, изд.2012 г.

Хлориды. ПНД Ф 14.1:2:3.96-97

Натрий. ПНД Ф 14.1:2:4.138-98, изд. 2017 г.

АПАВ Nach lange LCK 432

Сухой остаток. ПНД Ф 14.1:2:4.114-97

Для приготовления растворов использовалась дистиллированная вода по ГОСТ Р58144-2018.

В ходе проведения исследования применялось следующее оборудование:

1. Шкаф сушильный лабораторный, обеспечивающий температуру 105 °С.
2. Весы лабораторные аналитические II класса точности с погрешностью взвешивания не более 0,001 г;
3. Спектрофотометр Nach Lange DR 3900;
4. Спектрофотометр Nach Lange DR 6000;
5. Спектрофотометр Unico;
6. Термостат, поддерживающий постоянную температуру 20 °С;
7. Оксиметр WTW ProfiLine Oxi 3310;
8. Ph-метр SEVEN COMPACT S220-KIT лабораторный.

Все применяемое оборудование своевременно поверено и откалибровано.

В ходе эксперимента применялась следующая лабораторная посуда:

Стакан лабораторный;

Мерный цилиндр;

Стакан мерный.

Для определения высоты шлама осадка мерный цилиндр, в котором производился эксперимент был замерен линейкой.



Рисунок 1. Мерный цилиндр.

Раздел 1. Планирование эксперимента

Отбор проб сточной воды произведен на объекте: " Полигон утилизации твердых бытовых отходов" сотрудниками ООО «НТТ» и доставлен в лабораторию НИИСФ РААСН №36 Технологии очистки природных и сточных вод автотранспортом 20.07.2023 в 10:20.

Произведены санитарно-химические анализы по исходной сточной воде по показателям в соответствии с Техническим заданием настоящего Договора.

Результаты количественных химических анализов представлены в таблице 1.1

Таблица 1.1 Исходная сточная вода

Показатель	Ед. изм.	Исходный поток
Взвешенные в-ва	Мг/л	2100
БПК	Мг O ₂ /л	422,2
ХПК	Мг O ₂ /л	2600
Азот аммонийный (аммоний-ион)	Мг/л	364
Фосфат-ион	Мг/л	212
Нитриты (нитрит-ион)	Мг/л	0,32
Нитраты (нитрат-ион)	Мг/л	менее 0,01
Нефтепродукты	Мг/л	0,854
pH	ед. pH	8,24
Жесткость общая	°Ж	40
Кальций	Мг/л	358
Магний	Мг/л	272
Щелочность общая	ммоль/дм ³	60,3
Железо общее	Мг/л	0,82
Кадмий	Мг/л	0,00051
Кобальт	Мг/л	2,14
Марганец	Мг/л	1,718
Медь	Мг/л	0,031
Никель	Мг/л	1,6
Свинец	Мг/л	2,81
Хром	Мг/л	менее 0,01
Цинк	Мг/л	1,09
Сульфат-ион	Мг/л	320
Фторид-ион	Мг/л	2

Хлорид-ион	Мг/л	1518
Натрий	Мг/л	более 1000
АПAB	Мг/л	42
Сухой остаток	Мг/л	4315

Задача данного эксперимента – разовая апробация применения процессов известкования, флотации, коагулирования сточной воды полигона для определения достижения качества очистки сточной воды.

Для достижения требуемого качества используются следующие реагенты: известь по ГОСТ 9179-2018, коагулянт сульфат железа III, коагулянт хлорид железа III, коагулянт Полиоксихлорид алюминия.

Раздел 2. Проведение эксперимента

Этап 1. Известкование

Для проведения первого этапа эксперимента был проведен опыт по известкованию исходной воды.

Порядок выполнения работ:

- Готовится рабочий раствор извести $\text{Ca}(\text{OH})_2$ – 20%;
- В мерные цилиндры объемом 100 мл дозируется раствор извести в разных пропорциях;
- Продолжается интенсивное перемешивание в течение 60 секунд;
- Полученная смесь выдерживается до завершения реакции осаждения.

Данные о результатах занесены в таблицу 2.3.

В настоящем отчете представлены усредненные данные по определению эффективности процесса известкования (верифицированный результат).

1. Результаты применения извести

Экспериментальная доза извести 4 г/л была предоставлена Заказчиком.

Таблица 2.1 Значение рН при заданной дозе извести

№ п/п	Известь Ca(OH) ₂	
	Доза, г/л	рН
1	4	12,4

Эксперимент по применению извести представлен на рисунке 2.1.

На первом фото представлен процесс перемешивания извести в мерных цилиндрах, на последующем фото происходит осаждение взвеси, время осаждения фиксируется с помощью секундомера.

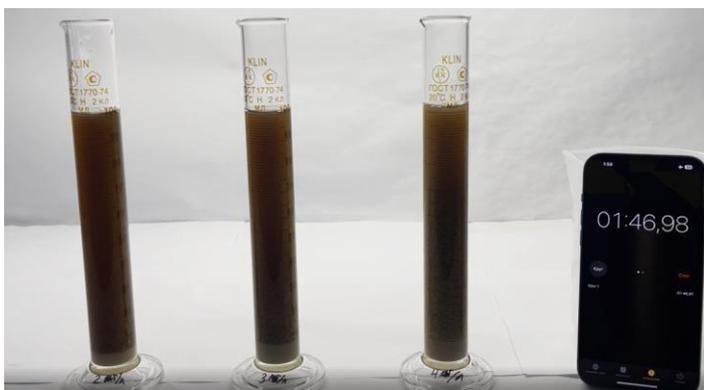


Рисунок 2.1 Известкование.

Время осаждения и высота шлама представлены в таблице 2.2.

Таблица 2.2 Время завершения реакции

№ пробы	Доза раствора известкового молока г/л	Время завершения реакции осаждения, мин	Высота шлама, см	Дополнительные комментарии
1	4	20	2,4	-

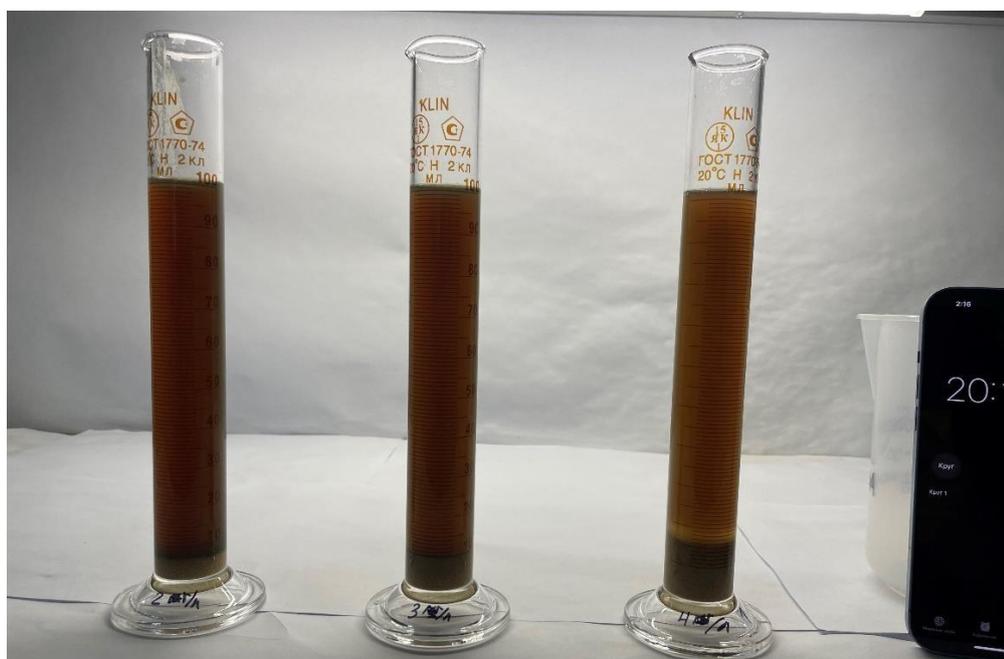


Рисунок 2.2 Осаждение при применении извести

Результаты эксперимента. В таблице 2.3 представлен санитарно-химический анализ в соответствии с Техническим заданием настоящего Договора после известкования воды (Доза извести 4 г/л).

Таблица 2.3 Показатели воды после известкования

Показатель	Ед. изм.	Ca(OH) ₂ 4 г/л	Эффек-ть очистки, %
Взвешенные в-ва	Мг/л	380	82,0
БПК	Мг О/л	416,8	1,3
ХПК	Мг О/л	2082	20,0
Азот аммонийный (аммоний-ион)	Мг/л	136	62,6
Фосфат-ион	Мг/л	83,9	60,4
Нитриты (нитрит-ион)	Мг/л	0,033	89,7
Нитраты (нитрат-ион)	Мг/л	10	-
Нефтепродукты	Мг/л	0,487	43,0
рН	ед. рН	11,89	-
Жесткость общая	°Ж	12,2	69,5
Кальций	Мг/л	122	65,9
Магний	Мг/л	139	48,9
Щелочность общая	ммоль/дм ³	53,8	10,8
Железо общее	Мг/л	< 0.01	99,0
Кадмий	Мг/л	НПО	99,0

Кобальт	Мг/л	0,714	66,6
Марганец	Мг/л	0,552	67,9
Медь	Мг/л	0,005	83,9
Никель	Мг/л	0,803	49,8
Свинец	Мг/л	1,23	56,2
Хром	Мг/л	0,014	-
Цинк	Мг/л	0,5	54,1
Сульфат-ион	Мг/л	280	12,5
Фторид-ион	Мг/л	более 5	-
Хлорид-ион	Мг/л	1330	12,4
Натрий	Мг/л	более 1000	-
АПАВ	Мг/л	16,7	60,2
Сухой остаток	Мг/л	3618	16,2

Этап 2. Флотация и отдувка азота.

Для проведения данного этапа эксперимента была создана флотационная установка в двух исполнениях: 1- вертикальное исполнение без удаления флотационной пены (рисунок 2.3) ; 2- горизонтальное исполнение с удалением флотационной пены (рисунок 2.4).

Вертикальная установка состояла из мерного цилиндра, компрессора и мелкопузырчатого аэратора. Отдувка осуществлялась в течение 60 минут.

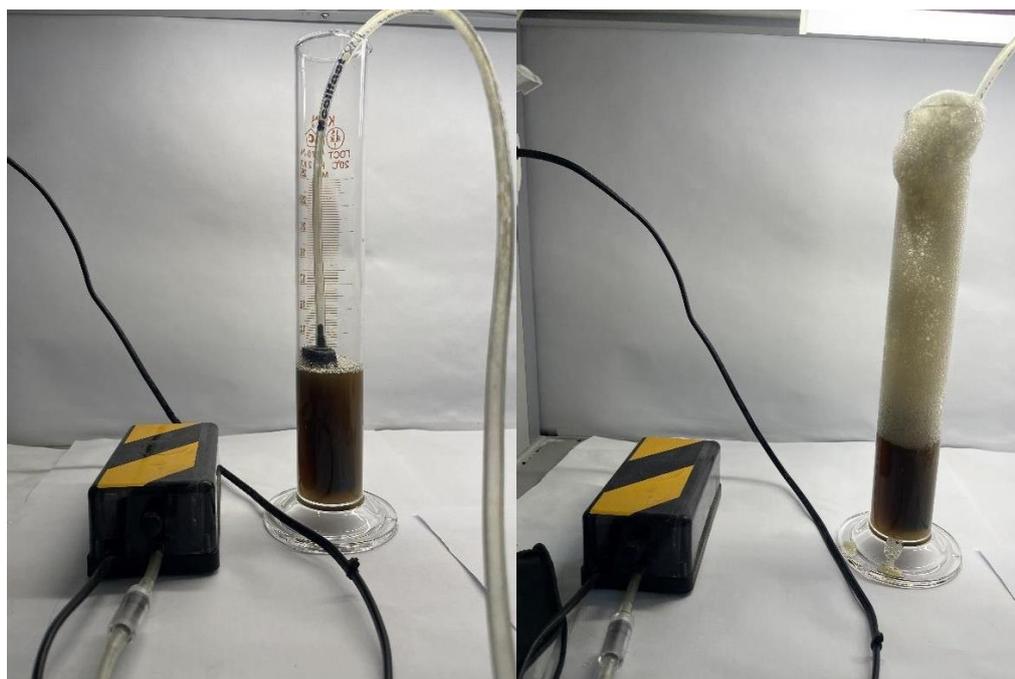


Рисунок 2.3 Флотация в вертикальной установке

Результаты вертикальной отдувки аммонийного азота представлены в таблице 2.4.

Таблица 2.4 Время завершения реакции

№ пробы	Время флотации, мин	Азот аммонийный, мг/л ДО флотации	Азот аммонийный, мг/л ПОСЛЕ флотации	Эффек-ть очистки, %
1	60	136,0	137,3	0,0

Как видно из таблицы 2.4 уменьшение концентрации азота после флотации не произошло. Потому было принято решение о создании горизонтального флотатора с удалением флотационной пены.

Установка представляла собой пластиковый контейнер, компрессор, мелкопузырчатый аэратор и стакан для сбора флотационной пены. Отдувка осуществлялась также в течение 60 минут.



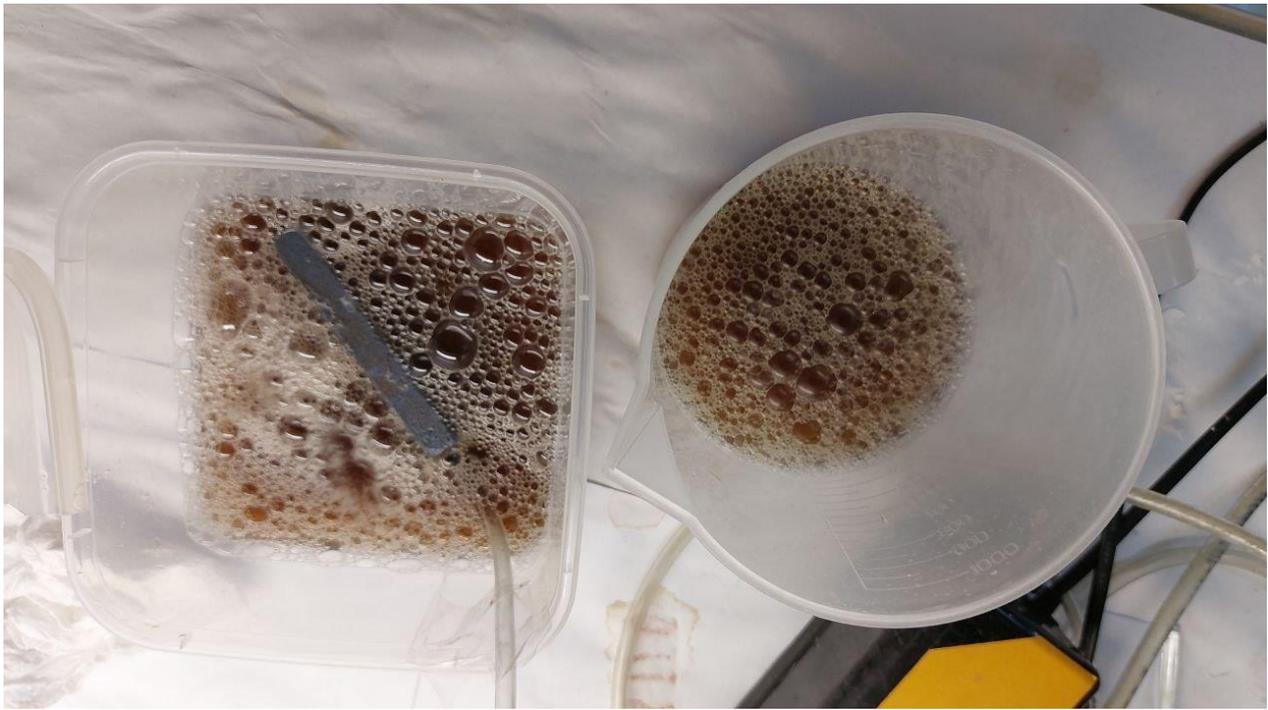


Рисунок 2.4 Флотация в горизонтальной установке

Таблица 2.5 Время завершения реакции

№ пробы	Время флотации, мин	Азот аммонийный, мг/л ДО флотации	Азот аммонийный, мг/л ПОСЛЕ флотации	Эффек-ть очистки, %	Азот аммонийный, мг/л во флотационной пене
1	60	136,0	9,91	92,7	122,0

Этап 3. Коагулирование. Применение различных видов коагулянтов.

Для интенсификации процессов осаждения хлопьев из исследуемых потоков проведено исследование на различных коагулянтах: Полиоксихлорид алюминия (Аква-Аурат 30 по Al_2O_3), хлорное железо $FeCl_3$, сульфат железа $FeSO_4$. Дозы реагентов предоставлены Заказчиком на основании стехиометрических расчетов.

Порядок выполнения работ

- В мерном цилиндре объемом 100 мл добавить коагулянт полиоксихлорид алюминия с рабочей дозой 100 мг/л в необходимом количестве
- В мерные цилиндры, подготовленные для дозирования железосодержащих реагентов добавляется 0,1 мл серной кислоты для нейтрализации среды с целью успешной реализации процесса коагуляции. (Ранее проведен опыт с коагулированием без нейтрализации. Процесс коагуляции не начинался. На основании этого принято решение о нейтрализации среды).
- В мерном цилиндре объемом 100 мл добавить коагулянт сульфат железа с рабочей дозой 150 мг/л в необходимом количестве;
- В мерном цилиндре объемом 100 мл добавить коагулянт хлорное железо с рабочей дозой 150 мг/л в необходимом количестве;
- Продолжать интенсивное перемешивание в течение 60 секунд.
- Полученная смесь выдерживается до завершения реакции осаждения.

Данные о времени завершения реакции осаждения занесены в Таблицу 2.8.

Изменение показателя рН в зависимости от применяемого реагента представлено в таблице 2.7.

Таблица 2.7

	Исходный поток	Известь 4 г/л+Коагулянт Полиоксихлорид алюминия Al_2O_3 100 мг/л	Известь 4 г/л +Сульфат железа-III $Fe(SO_4)_3$ 150 мг/л (после нейтрализации)	Известь 4 г/л+Хлорид железа III $FeCl_3$ 150 мг/л (после нейтрализации)
рН	8,24	9.39	7.02	6.86

Таблица 2.8 Данные о времени завершения реакции

№ пробы	Доза раствора коагулянта мг/л	Время завершения реакции осаждения, мин	Высота шлама, см	Дополнительные комментарии
Полиоксихлорид алюминия				
1	100	20	3,2	-
Сульфат железа III				
1	150	20	-	Повышенная цветность Высота шлама не определена
Хлорид железа - III				
1	150	2	-	Повышенная цветность Высота шлама не определена

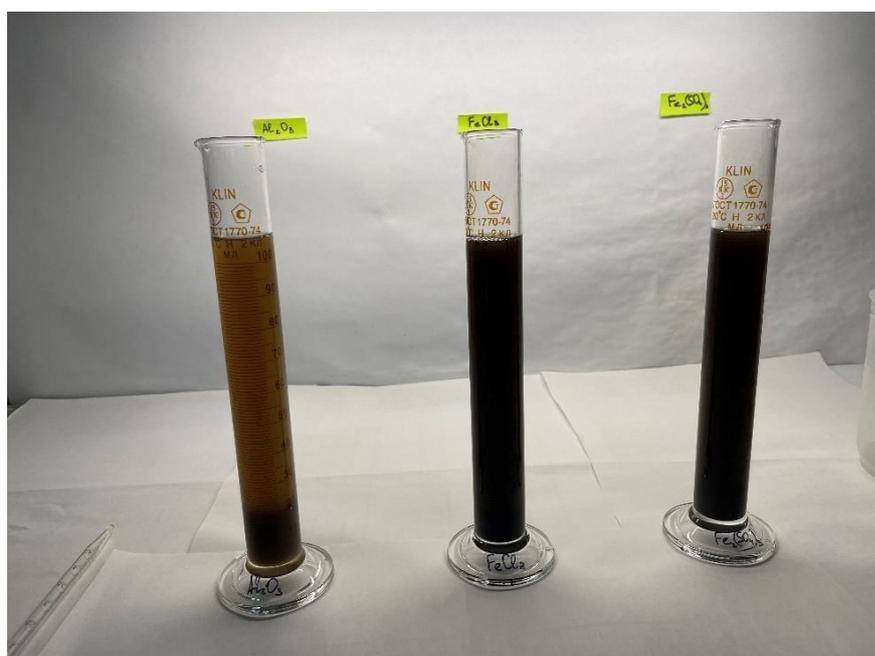


Рисунок 3.4 Применение коагулянтов. 1- полиоксихлорид алюминия 100 мг/л; 2- Хлорид железа III $FeCl_3$ 150 мг/л; 3- Сульфат железа-III $Fe(SO_4)_3$ 150 мг/л.

Таким образом санитарно-химический анализ после коагулирования воды в соответствии Техническим заданием представлен в таблице 2.9.

Таблица 2.9 Показатели смешанного потока после известкования и коагуляции воды

Показатель	Ед. изм.	Al ₂ O ₃ 100 мг/л	Э, %	FeCl ₃ 150 мг/л	Э, %	Fe ₂ (SO ₄) ₃ 150 мг/л	Э%
Взвешенные в-ва	мг/л	310,0	85,2	349,0	83,4	330,0	84,3
БПК	мг О/л	205,8	51,2	350,6	1760	416,3	1,4
ХПК	мг О/л	2217,0	14,7	2289,0	12,0	2164,0	16,8
Азот аммонийный (аммоний-ион)	мг/л	66,0	81,9	72,5	80,1	74,5	79,5
Фосфат-ион	мг/л	91,0	57,1	115,0	45,8	103,0	51,4
Нитриты (нитрит-ион)	мг/л	менее 0,001	-	0,29	9,4	менее 0,001	-
Нитраты (нитрат-ион)	мг/л	8,0	-	19,5	-	28,8	-
Нефтепродукты	мг/л	0,431	49,5	0,467	45,3	0,453	47,0
рН	ед. рН	9,39	-	7,02	-	6,86	16,7
Жесткость общая	°Ж	19,2	52,0	31,72	20,7	31,2	22,0
Кальций	мг/л	9,77	97,3	117,2	67,3	72,1	79,9
Магний	мг/л	277,54	-	314,6	-	334,64	-
Щелочность общая	ммоль/дм ³	47,4	21,4	9,8	83,7	38,0	37,0
Железо общее	мг/л	0,337	58,9	11,3	-	19,2	-
Кадмий	мг/л	НПО	-	НПО	-	НПО	-
Кобальт	мг/л	2,82	-	3,86	-	3,36	-
Марганец	мг/л	0,556	67,7	1,44	16,2	1,942	-
Медь	мг/л	0,04	-	0,002	93,5	0,02	35,5
Никель	мг/л	1,32	17,5	1,74	-	2,04	-
Свинец	мг/л	1,25	55,5	1,31	53,4	1,27	35,5
Хром	мг/л	0,016	-	менее 0,01	-	менее 0,01	-
Цинк	мг/л	0,24	78,0	0,18	83,5	2,18	54,8
Сульфат-ион	мг/л	100,0	68,8	1131,0	-	1164,0	-
Фторид-ион	мг/л	2,1	-	более 5	-	более 5	-
Хлорид-ион	мг/л	1850,0	-	1850,0	-	1410,0	-
Натрий	мг/л	более 1000	-	более 1000	-	более 1000	-
АПАВ	мг/л	9,87	76,5	10,4	75,2	22,0	47,6
Сухой остаток	мг/л	3710,0	14,02	5170,0	-	4730,0	-

Заключение

Сводная таблица по трем этапам представлена ниже (таблица 3.1)

Таблица 3.1 Сводная таблица

Показатель	Ед. изм.	Исходный поток	Известь Доза 4г/л	Отдувка азота Поток	Коагуляция		
					Al ₂ O ₃ 100 мг/л	FeCl ₃ 150 мг/л	Fe ₂ (SO ₄) ₃ 150 мг/л
Взвешенные в-ва	Мг/л	2100	380	-	310	349	330
БПК	Мг О/л	422,2	416,8	-	205,8	350,6	416,3
ХПК	Мг О/л	2600	2082	-	2217	2289	2164
Азот аммонийный (аммоний-ион)	Мг/л	364	136	9,91	66	72,5	74,5
Фосфат-ион	Мг/л	212	83,9	-	91	115	103
Нитриты (нитрит-ион)	Мг/л	0,32	0,033	-	менее 0,001	0,29	менее 0,001
Нитраты (нитрат-ион)	Мг/л	менее 0,01	10	-	8	19,5	28,8
Нефтепродукты	Мг/л	0,854	0,487	-	0,431	0,467	0,453
рН		8,24	11,89	-	9,39	7,02	6,86
Жесткость общая	°Ж	40	12,2	-	19,2	31,72	31,2
Кальций	Мг/л	358	122	-	9,77	117,2	72,1
Магний	Мг/л	272	139	-	277,54	314,6	334,64
Щелочность общая	ммоль/дм ³	60,3	53,8	-	47,4	9,8	38
Железо общее	Мг/л	0,82	< 0.01	-	0,337	11,3	19,2
Кадмий	Мг/л	0,00051	НПО	-	НПО	НПО	НПО
Кобальт	Мг/л	2,14	0,714	-	2,82	3,86	3,36
Марганец	Мг/л	1,718	0,552	-	0,556	1,44	1,942
Медь	Мг/л	0,031	0,005	-	0,04	0,002	0,02
Никель	Мг/л	1,6	0,803	-	1,32	1,74	2,04
Свинец	Мг/л	2,81	1,23	-	1,25	1,31	1,27
Хром	Мг/л	менее 0,01	0,014	-	0,016	менее 0,01	менее 0,01
Цинк	Мг/л	1,09	0,5	-	0,24	0,18	2,18
Сульфат-ион	Мг/л	320	280	-	100	1131	1164
Фторид-ион	Мг/л	2	более 5	-	2,1	более 5	более 5
Хлорид-ион	Мг/л	1518	1330	-	1850	1850	1410
Натрий	Мг/л	более 1000	более 1000	-	более 1000	более 1000	более 1000
АПАВ	Мг/л	42	16,7	-	9,87	10,4	22
Сухой остаток	Мг/л	4315	3618	-	3710	5170	4730

* все испытания проводятся при температуре 22 град.Ц

1. Известкование сточной воды показывает положительный результат по качеству очистки сточных вод.
2. Коагулянт Хлорное железо III показал наименьшую эффективность, дальнейшее исследования с применением данного реагента не рекомендуется.

-
-
3. Наибольшую эффективность по качеству очищенной сточной воды показал коагулянт Полиоксихлорид алюминия.

МОО «Международная ассоциация качества» – «СовАсК»

Система сертификации «СовАсК»

Per. № РОСС RU.К041.04АК00 в Едином реестре систем добровольной сертификации Росстандарта РФ.
Система зарегистрирована 15.11.1993 г., перерегистрирована 25.09.2001 г.

МОО «МАК»-«СовАсК» - Центральный орган Системы
109428, г. Москва, Рязанский проспект, д. 10, стр. 2 (БЦ «Джоуль»), офис 508.
Тел. +7(499) 394-40-56; e-mail: sovasq@mail.ru



АТТЕСТАТ

АККРЕДИТАЦИИ ИСПЫТАТЕЛЬНОЙ ЛАБОРАТОРИИ

№ SSAQ 000.10.1.0434

зарегистрирован в Реестре
действителен до

18 января 2022 года
18 января 2025 года

Настоящий аттестат выдан

федеральному государственному бюджетному
учреждению «Научно-исследовательский институт
строительной физики Российской академии архитектуры
и строительных наук» (НИИСФ РААСН), ИНН 7713018998
127238, г. Москва, Локомотивный проезд, д. 21

и удостоверяет, что

испытательная лаборатория № 36
«Технология очистки природных и сточных вод» НИИСФ РААСН
127238, г. Москва, Локомотивный проезд, д. 21

соответствует требованиям ГОСТ ISO/IEC 17025-2019
и аккредитована в качестве
технически компетентной и независимой
испытательной лаборатории.

Область аккредитации приведена в приложении к аттестату

Руководитель
Органа по аккредитации



М. А. Капорская М. А. Капорская

Приложение 2
Протоколы испытаний



МИНИСТЕРСТВО СТРОИТЕЛЬСТВА И ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
(МИНСТРОЙ РОССИИ)

федеральное государственное бюджетное учреждение
«Научно-исследовательский институт строительной физики
Российской академии архитектуры и строительных наук»
(НИИСФ РААСН)

Лаборатория №36 «Технология очистки природных и сточных вод»
Аттестат аккредитации испытательной лаборатории № SSAQ 000.10.1.0434 от
18.01.2022 года

УТВЕРЖДАЮ
Директор НИИСФ РААСН
И.Л.Шубин
«__» _____ 2023г.

АКТ ПРОТОКОЛА ИСПЫТАНИЙ

г. Москва

«31» июля 2023 г.

Акт № 1/31.07 от 31.07.2023

Таблица 1.

Заказчик	ООО «НТТ»
Сведения о пробах воды	Фильтрат полигона утилизации твердых бытовых отходов
Дата и время доставки пробы в лабораторию	20.07.2023 10:20
Полученные результаты представлены в таблице №	2

Таблица 2.

№ п/п	Наименование показателя	Единица измерения	Номер пробы	Результат анализа	МВИ
1	Взвешенные в-ва	мг/дм ³	1	2100,0±189,0	ПНД Ф 14.1:2:3.110-97
2	БПК	мгО/дм ³	1	422,2±105,55	Свидетельство об аттестации МВИ № 222.0265/01.00258/2014 методика измерений биохимического потребления кислорода в пробах природных и сточных вод по изменению давления газовой фазы (манометрический метод) с

					помощью системы БПК ОxiTop (IS 12)
3	ХПК	мгО/дм ³	1	2600,0±237,12	Методики, разработанные ООО «Экоинструмент» для спектрофотометров фирмы «НАСНСompany», аттестованные ВНИМС Свидетельство № 22-09 МВИ бихроматной окисляемости воды (ХПК) в питьевой, поверхностной природной, сточной, морской воде, в воде бассейнов и технологической воде спектрофотометрическим методом.
4	Азот аммонийный (аммоний-ион)	мг/дм ³	1	364,0±29,1	Методики, разработанные ООО «Экоинструмент» для спектрофотометров фирмы «НАСНСompany», аттестованные ВНИМС Свидетельство № 101-08 МВИ массовой концентрации ионов аммония в питьевой, поверхностной природной, сточной, морской воде, в воде бассейнов и технологической воде спектрофотометрическим методом.
5	Фосфат-ион	мг/дм ³	1	212,0±43,4	Методики, разработанные ООО «Экоинструмент» для спектрофотометров фирмы «НАСНСompany», аттестованные ВНИМС Свидетельство № 25-10 МВИ массовой концентрации общего неорганического фосфора и фосфат - ионов в питьевой, поверхностной природной, сточной, морской воде, в воде бассейнов и технологической воде спектрофотометрическим методом.
6	Нитриты (нитрит-ион)	мг/дм ³	1	0,32±0,04	Методики, разработанные ООО «Экоинструмент» для спектрофотометров фирмы «НАСНСompany»,

					аттестованные ВНИМС Свидетельство № 69-09 МВИ массовой концентрации нитрит-ионов в питьевой, поверхностной природной, сточной, морской воде, в воде бассейнов и технологической воде спектрофотометрическим методом.
7	Нитраты (нитрат- ион)	мг/дм ³	1	менее 0,01	Методики, разработанные ООО «Экоинструмент» для спектрофотометров фирмы «НАСНCompany», аттестованные ВНИМС Свидетельство № 16-09 МВИ массовой концентрации нитрат-ионов в питьевой, поверхностной природной, сточной, морской воде, в воде бассейнов и технологической воде спектрофотометрическим методом.
8	Нефтепродукты	мг/дм ³	1	0,854±0,21	ПНД Ф 14.1:2:4.214-06
9	рН	ед. рН	1	8,24±0,2	ПНД Ф 14.1:2:3:4.121-97
10	Жесткость общая	°Ж	1	40,0±6,0	ГОСТ 31954-2012 (метод А)
11	Кальций	мг/дм ³	1	358,0±25,06	ГОСТ 31954-2012 (метод Б)
12	Магний	мг/дм ³	1	272,0±19,04	ГОСТ 31954-2012 (метод Б)
13	Щелочность общая	ммоль/дм ³	1	60,3±9,05	ГОСТ 31957-2012, метод А
14	Железо общее	мг/дм ³	1	0,82±0,07	ПНД Ф 14.1:2:4.214-06
15	Кадмий	мг/дм ³	1	0,0005±0,00015	ПНД Ф 14.1:2:4.140-98, изд. 2013 г.
16	Кобальт	мг/дм ³	1	2,14±0,32	Hach lange 26516-00
17	Марганец	мг/дм ³	1	1,718±0,43	Hach lange 24300-00
18	Медь	мг/дм ³	1	0,031±0,006	Hach lange 21058-69
19	Никель	мг/дм ³	1	1,6±0,24	Hach lange 26516-00
20	Свинец	мг/дм ³	1	2,81±0,42	Hach lange LCK 306

21	Хром	мг/дм ³	1	менее 0,01	ПНД Ф 14.1:2:4.52-96, ИЗД. 2016 г.
22	Цинк	мг/дм ³	1	1,09±0,01	Hach lange 24293-00
23	Сульфат-ион	мг/дм ³	1	320,0±48,0	ПНД Ф 14.1:2.159-2000
24	Фторид-ион	мг/дм ³	1	2,0±0,5	ПНД Ф 14.1:2:3:4.179-2002, изд.2012 г.
25	Хлорид-ион	мг/дм ³	1	1518,0±136,6	ПНД Ф 14.1:2:3.96-97
26	Натрий	мг/дм ³	1	более 1000	ПНД Ф 14.1:2:4.138-98, изд. 2017 г.
27	АПAB	мг/дм ³	1	42,0±2,94	Hach lange LCK 432
28	Сухой остаток	мг/дм ³	1	4315,0±194,2	ПНД Ф 14.1:2:4.114-97

Инженер лаборатории №36 НИИСФ РААСН

Спасибо Е.В.

**Руководитель лаборатории №36, гл.н.с.
НИИСФ РААСН**

Гогина Е.С.

МИНИСТЕРСТВО СТРОИТЕЛЬСТВА И ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОГО
ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ СТРОИТЕЛЬНОЙ
ФИЗИКИ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ АРХИТЕКТУРЫ И
СТРОИТЕЛЬНЫХ НАУК

УТВЕРЖДАЮ

Директор НИИСФ РААСН

Д.т.н.

И.Л.Шубин

«___» _____ 2023

ОТЧЕТ

О научно-технической работе

По теме:

«Исследование производственной сточной воды с разработкой технологии
обработки технологических потоков»

Договор № 36160 (2023) от 02.08.2023 г.

Руководитель работы

Зав.лаб. ТОПСВ, к.т.н. доц.

Е.С.Гогина

Москва 2023

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Руководитель

темы,

Гл. науч. сотр

Рук. лаб. № 36,

к.т.н., доцент

Инженер, лаб. №

36

Инженер

лаб. №36

Инженер

лаб. №36

Е. С. Гогина

И.А. Гульшин

К.Ч. Цаболов

Е. В. Спасибо

Оглавление

Введение	4
Раздел 1. Планирование эксперимента	8
Раздел 2. Проведение эксперимента.....	9
Заключение	19
Приложение 1	22
Приложение 2	23
Приложение 3	27

Введение

Работа производится на основании Договора 36160(2023) от 02 августа 2023 года.

Настоящий отчет состоит из двух разделов. В первом разделе описано планирование эксперимента, включающее в себя анализ количественно-химических анализов исходной воды. Второй раздел посвящен эксперименту, в соответствии с Техническим заданием настоящего Договора.

Для производства санитарно-химических анализов использовались общепринятые методики выполнения анализов по показателям:

Взвешенные вещества. ПНД Ф 14.1:2:3.110-97

БПК₅. Свидетельство об аттестации МВИ № 222.0265/01.00258/2014 методика измерений биохимического потребления кислорода в пробах природных и сточных вод по изменению давления газовой фазы (манометрический метод) с помощью системы БПК ОхiТор (IS 12)

ХПК. Методики, разработанные ООО «Экоинструмент» для спектрофотометров фирмы «НАСНСompany», аттестованные ВНИМС Свидетельство № 22-09 МВИ бихроматной окисляемости воды (ХПК) в питьевой, поверхностной природной, сточной, морской воде, в воде бассейнов и технологической воде спектрофотометрическим методом.

Аммоний-ион. Методики, разработанные ООО «Экоинструмент» для спектрофотометров фирмы «НАСНСompany», аттестованные ВНИМС Свидетельство № 101-08 МВИ массовой концентрации ионов аммония в питьевой, поверхностной природной, сточной, морской воде, в воде бассейнов и технологической воде спектрофотометрическим методом.

Фосфат-ион. Методики, разработанные ООО «Экоинструмент» для спектрофотометров фирмы «НАСНСompany», аттестованные ВНИМС Свидетельство № 25-10 МВИ массовой концентрации общего

неорганического фосфора и фосфат - ионов в питьевой, поверхностной природной, сточной, морской воде, в воде бассейнов и технологической воде спектрофотометрическим методом.

Нитрит-ион. Методики, разработанные ООО «Экоинструмент» для спектрофотометров фирмы «НАСНСompany», аттестованные ВНИМС Свидетельство № 69-09 МВИ массовой концентрации нитрит-ионов в питьевой, поверхностной природной, сточной, морской воде, в воде бассейнов и технологической воде спектрофотометрическим методом.

Нитрат-ион. Методики, разработанные ООО «Экоинструмент» для спектрофотометров фирмы «НАСНСompany», аттестованные ВНИМС Свидетельство № 16-09 МВИ массовой концентрации нитрат-ионов в питьевой, поверхностной природной, сточной, морской воде, в воде бассейнов и технологической воде спектрофотометрическим методом.

Нефтепродукты. ПНД Ф 14.1:2:4.214-06

Водородный показатель ПНД Ф 14.1:2:3:4.121-97

Жесткость. ГОСТ 31954-2012 (метод А)

Кальций. ГОСТ 31954-2012 (метод Б)

Магний. ГОСТ 31954-2012 (метод Б)

Щелочность. ГОСТ 31957-2012, метод А

Железо общее. ПНД Ф 14.1:2:4.214-06

Кадмий ПНД Ф 14.1:2:4.140-98, изд. 2013 г.

Кобальт Nach lange 26516-00

Марганец Nach lange 24300-00

Медь. Nach lange 21058-69

Никель Nach lange 26516-00

Свинец Nach lange LCK 306

Хром ПНД Ф 14.1:2:4.52-96, ИЗД. 2016 г.

Цинк Nach lange 24293-00

Сульфат-ион. ПНД Ф 14.1:2.159-2000

Фториды ПНД Ф 14.1:2:3:4.179-2002, изд.2012 г.

Хлориды. ПНД Ф 14.1:2:3.96-97

Натрий. ПНД Ф 14.1:2:4.138-98, изд. 2017 г.

АПАВ Nach lange LCK 432

Сухой остаток. ПНД Ф 14.1:2:4.114-97

Алюминий ПНД Ф 14.1:2:4.181-02

Для приготовления растворов использовалась дистиллированная вода по ГОСТ Р58144-2018.

В ходе проведения исследования применялось следующее оборудование:

1. Шкаф сушильный лабораторный, обеспечивающий температуру 105 °С.
2. Весы лабораторные аналитические II класса точности с погрешностью взвешивания не более 0,001 г;
3. Спектрофотометр Nach Lange DR 3900;
4. Спектрофотометр Nach Lange DR 6000;
5. Спектрофотометр Unico;
6. Термостат, поддерживающий постоянную температуру 20 °С;
7. Оксиметр WTW ProfiLine Oxi 3310;
8. Ph-метр SEVEN COMPACT S220-KIT лабораторный.

9. Секундомер

Все применяемое оборудование своевременно поверено и откалибровано.

В ходе эксперимента применялась следующая лабораторная посуда:

Стакан лабораторный;

Мерный цилиндр;

Палочки стеклянные;

Стакан мерный.

Для определения высоты шлама осадка мерный цилиндр, в котором производился эксперимент был замерен линейкой. Внутренний диаметр мерного цилиндра 100 мл составляет 27 мм.



Рисунок 1. Мерный цилиндр.

Все испытания выполнялись в аккредитованной испытательной лаборатории №36 «Технологии очистки природных и сточных вод» НИИСФ РААСН. Аттестат аккредитации испытательной лаборатории – Приложение 1.

Раздел 1. Планирование эксперимента

Заказчиком была предоставлена сточная вода полигона ТБО и доставлена в лабораторию НИИСФ РААСН №36 Технологии очистки природных и сточных вод автотранспортом 02.08.2023 в 13:30.

Произведены санитарно-химические анализы по исходной сточной воде по показателям в соответствии с Техническим заданием настоящего Договора.

Результаты количественных химических анализов представлены в таблице 1.1

Таблица 1.1 Исходная сточная вода

Показатель	Ед. изм.	Исходный поток
Взвешенные в-ва	Мг/л	3400,0
БПК	Мг O ₂ /л	3250,7
ХПК	Мг O ₂ /л	13161,0
Азот аммонийный (аммоний-ион)	Мг/л	923,0
Фосфат-ион	Мг/л	6,86
Нитриты (нитрит-ион)	Мг/л	менее 0,05
Нитраты (нитрат-ион)	Мг/л	21,0
Нефтепродукты	Мг/л	0,756
pH	ед. pH	7,41
Жесткость общая	°Ж	58,6
Кальций	Мг/л	390,0
Магний	Мг/л	476,0
Щелочность общая	ммоль/дм ³	127,2
Железо общее	Мг/л	21,5
Кадмий	Мг/л	менее 0,02
Кобальт	Мг/л	1,219
Марганец	Мг/л	1,716
Медь	Мг/л	0,055
Никель	Мг/л	1,314
Свинец	Мг/л	3,51
Хром	Мг/л	менее 0,01
Цинк	Мг/л	0,98
Сульфат-ион	Мг/л	232,0
Фторид-ион	Мг/л	1,7

Хлорид-ион	Мг/л	1443,0
Натрий	Мг/л	более 1000
АПАВ	Мг/л	18,7
Сухой остаток	Мг/л	4391,0
Алюминий	Мг/л	0,959

Задача эксперимента – исследование процессов известкования, флотации, коагулирования сточной воды полигона для определения достижения качества очистки сточной воды с подбором требуемых концентраций реагентов.

Для достижения требуемого качества используются следующие реагенты: известь по ГОСТ 9179-2018, и коагулянт Полиоксихлорид алюминия марки «Аква-РАС 30» по ТУ 2163-004-72651045-2016. Паспорта на примененные реактивы представлены в Приложении 3 Настоящего отчета.

Раздел 2. Проведение эксперимента

Этап 1. Известкование

Для проведения первого этапа эксперимента был проведен опыт по известкованию исходной воды.

Известкование проводилось при двух температурных режимах: 12 °С и 20 °С.

Порядок выполнения работ:

- Готовиться рабочий раствор извести $\text{Ca}(\text{OH})_2$ – 20%;
- В мерные цилиндры объемом 100 мл дозируется раствор извести в разных концентрациях;
- Продолжается интенсивное перемешивание в течение 60 секунд;
- Полученная смесь выдерживается до завершения реакции осаждения.

Данные о результатах занесены в таблицу.

В настоящем отчете представлены усредненные данные по определению эффективности процесса известкования (верифицированный результат).

1. Результаты применения извести

Доза извести была предоставлена Заказчиком, рассчитана стехиометрическим методом.

Изменение водородного показателя при добавлении дозы извести представлено в таблице 2.1.

Таблица 2.1 Значение рН при заданной дозе извести

№ п/п	Известь $\text{Ca}(\text{OH})_2$	
	Доза, г/л	рН
1	Исходный поток	7,41
Известкование при 12 °С		
2	2	9,20
3	4	10,60
4	6	12,13
Известкование при 20 °С		
5	2	9,16

Эксперимент по применению извести представлен на рисунке 2.1.

На первом фото представлен процесс перемешивания извести в мерных цилиндрах, на последующем фото происходит осаждение взвеси, время осаждения фиксируется с помощью секундомера.



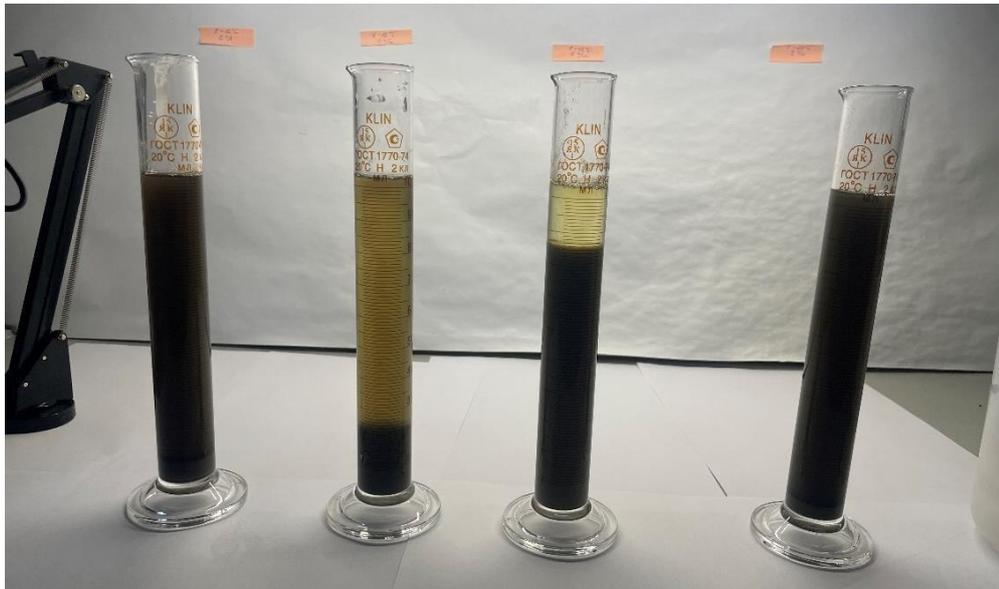


Рисунок 2.1 Известкование.

Время осаждения и высота шлама представлены в таблице 2.2.

Таблица 2.2 Время завершения реакции

№ пробы	Доза раствора известкового молока г/л	Время завершения реакции осаждения, мин	Высота шлама, см	Дополнительные комментарии
Известкование при 12 °С				
1	2	20	-	Осаждения не наблюдается
2	4	20	3,9	-
3	6	20	14,8	-
Известкование при 20 °С				
4	2	20	-	Осаждения не наблюдается

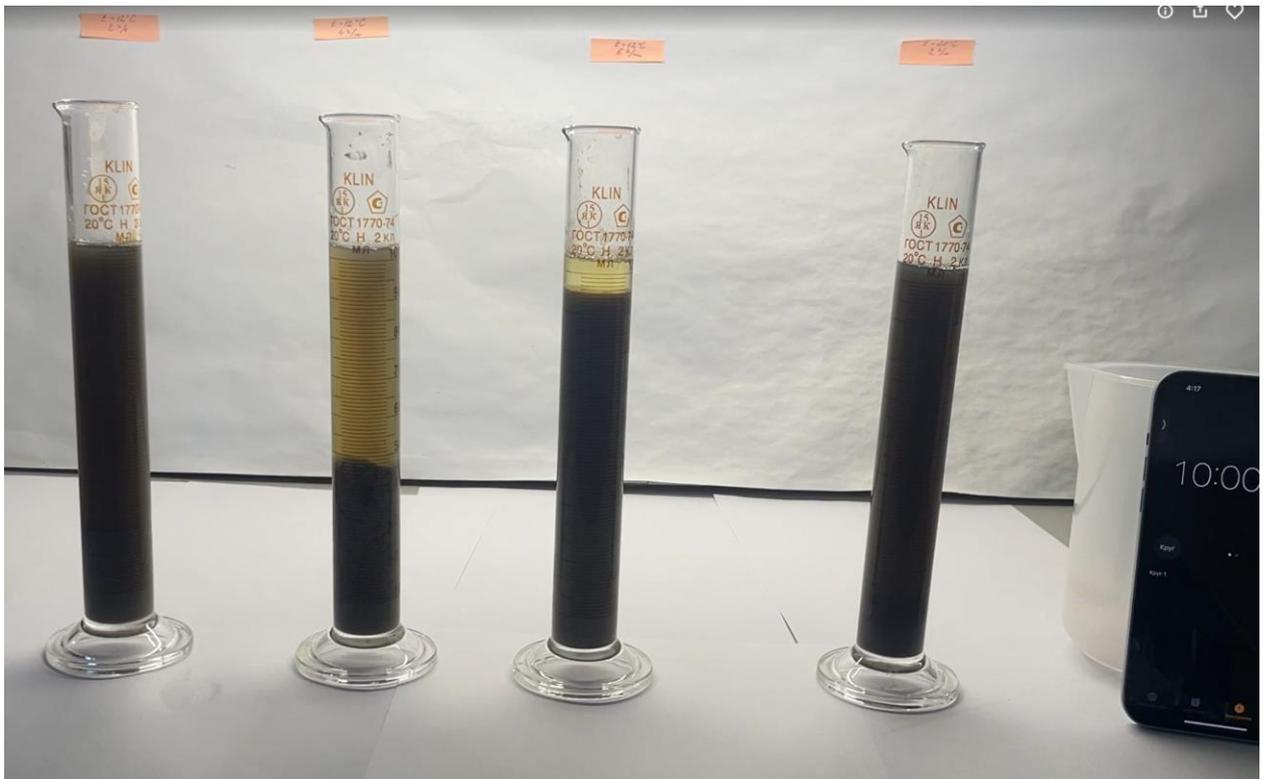


Рисунок 2.2 Осаждение при применении извести

Результаты эксперимента. В таблице 2.3 представлен санитарно-химический анализ в соответствии с Техническим заданием настоящего Договора после известкования воды по трем дозам известкового молока 2 г/л, 4 г/л, 6 г/л при температуре воды 12 °С. В таблице 2.4 представлены результаты после известкования при дозе 2 г/л при температуре 20 °С.

Таблица 2.3 Показатели воды после известкования при температуре 12 °С

Показатель	Ед. изм.	Ca(OH) ₂ 2 г/л	Э, %	Ca(OH) ₂ 4 г/л	Э, %	Ca(OH) ₂ 6 г/л	Э, %
Взвешенные в-ва	Мг/л	360	89,4	340	90,0	330	90,29
БПК	Мг О/л	3115	4,2	3059	5,9	2980	8,327
ХПК	Мг О/л	13089	0,5	11220	14,7	11026	16,2
Азот аммонийный (аммоний-ион)	Мг/л	831	10,0	748	19,0	567	38,6
Фосфат-ион	Мг/л	1,86	72,9	0,13	98,1	менее 0,1	99
Нитриты (нитрит-ион)	Мг/л	0,266	-	0,246	-	0,307	-
Нитраты (нитрат-ион)	Мг/л	20,6	1,9	9,7	53,8	10,2	51,4
Нефтепродукты	Мг/л	0,613	18,9	0,589	22,1	0,576	23,8
рН	ед. рН	9,2	-	10,6	-	12,13	-
Жесткость общая	°Ж	43,8	25,3	34,1	41,8	26,8	54,3

Кальций	Мг/л	294	24,6	293	24,9	87,9	77,5
Магний	Мг/л	354	25,6	236	50,4	272,5	42,8
Щелочность общая	ммоль/дм ³	97,8	23,1	156,5	-	132	-
Железо общее	Мг/л	6,32	70,6	0,985	95,4	НПО	99
Кадмий	Мг/л	менее 0,02	-	менее 0,02	-	менее 0,02	-
Кобальт	Мг/л	0,745	38,9	0,291	76,1	0,237	80,6
Марганец	Мг/л	0,781	54,5	0,432	74,8	0,438	74,5
Медь	Мг/л	0,049	10,9	0,041	25,5	0,041	25,5
Никель	Мг/л	1,139	13,3	0,566	56,9	0,516	60,7
Свинец	Мг/л	2,34	33,3	1,33	62,1	0,64	81,8
Хром	Мг/л	менее 0,01	-	менее 0,01	-	менее 0,01	-
Цинк	Мг/л	0,67	31,6	0,54	44,9	0,51	48,0
Сульфат-ион	Мг/л	102	56,0	233	-	275	-
Фторид-ион	Мг/л	более 5	-	более 5	-	более 5	-
Хлорид-ион	Мг/л	1221	15,4	1754	-	1798	-
Натрий	Мг/л	более 1000	-	более 1000	-	более 1000	-
АПАВ	Мг/л	6,7	64,2	6,2	66,8	3,27	82,5
Сухой остаток	Мг/л	3821	13,0	4366	0,6	4283	2,460
Алюминий	Мг/л	0,931	2,9	0,274	71,4	0,137	85,7

Таблица 2.4 Показатели воды после известкования при температуре 20 °С

Показатель	Ед. изм.	Ca(OH) ₂ 2 г/л	Эффек-ть очистки, %
Взвешенные в-ва	Мг/л	365	89,26
БПК	Мг О/л	3210	1,252
ХПК	Мг О/л	13104	0,4
Азот аммонийный (аммоний-ион)	Мг/л	856	7,3
Фосфат-ион	Мг/л	1,44	79,0
Нитриты (нитрит-ион)	Мг/л	0,133	-
Нитраты (нитрат-ион)	Мг/л	10,6	49,5
Нефтепродукты	Мг/л	0,619	18,1
рН	ед. рН	9,16	-
Жесткость общая	°Ж	43,8	25,3
Кальций	Мг/л	390	0,0
Магний	Мг/л	296	37,8
Щелочность общая	ммоль/дм ³	127,2	0,0
Железо общее	Мг/л	6,08	71,7
Кадмий	Мг/л	менее 0,02	-
Кобальт	Мг/л	0,762	37,5
Марганец	Мг/л	0,716	58,3
Медь	Мг/л	0,047	14,5
Никель	Мг/л	1,122	14,6
Свинец	Мг/л	2,52	28,2
Хром	Мг/л	менее 0,01	-

Цинк	Мг/л	0,71	27,6
Сульфат-ион	Мг/л	112	51,7
Фторид-ион	Мг/л	более 5	-
Хлорид-ион	Мг/л	1613	-
Натрий	Мг/л	более 1000	-
АПАВ	Мг/л	2,63	85,9
Сухой остаток	Мг/л	4261	2,96
Алюминий	Мг/л	1,273	-

Рекомендуемая доза извести составляет 6 г/л.

Этап 2. Флотация и отдувка азота.

Следующий этап после известкования – отдувка азота флотацией. Этап проводился на исследуемой воде после известкования на наилучшей дозе 6 г/л.

Для проведения данного этапа эксперимента была создана флотационная установка в горизонтальном исполнении.

Установка представляла собой два пластиковых контейнера, компрессора, мелкопузырчатых аэраторов и контейнеров для сбора флотационной пены. Отдувка осуществлялась в течение 40 минут. Отбор проб для выполнения санитарно-химического анализа по показателю азот аммонийный осуществлялся каждые 10 мин.

Флотация также производилась при двух температурных режимах - 12 °С и 20 °С.

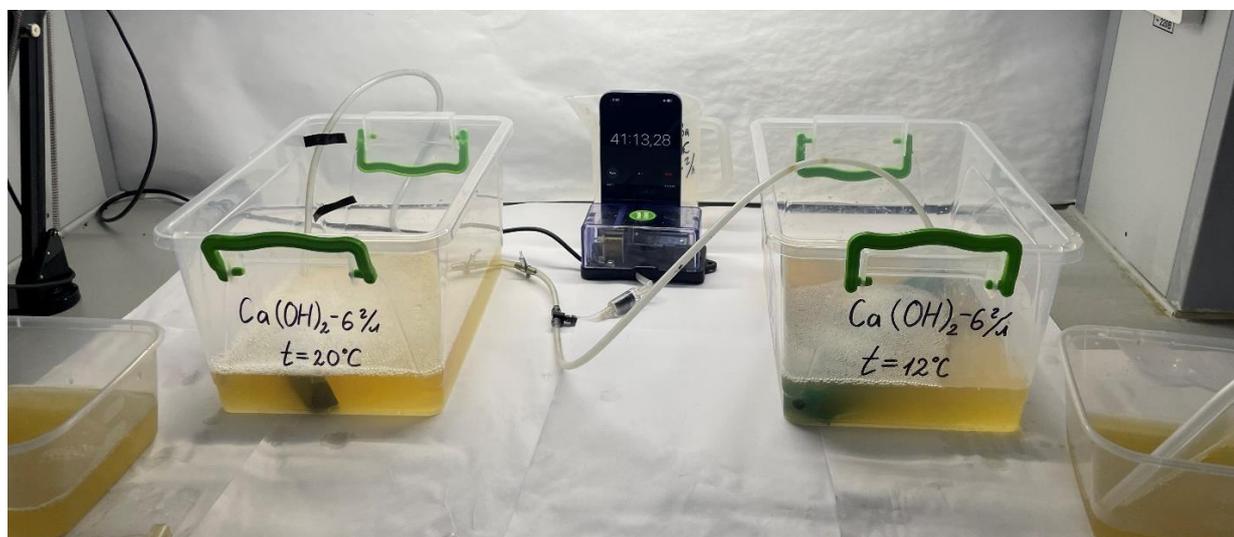


Рисунок 2.3 Флотация

Результаты отдувки аммонийного азота представлены в таблице 2.5.

Таблица 2.5 Время завершения реакции

Время, мин	Показатель	Ед.изм	Флотация	
			12 градусов	20 градусов
10	Азот аммонийный	Мг/л	447,6	543,1
20			369,1	370,6
30			432,8	405,6
40			487,6	468,5

Таблица 2.6 Общий анализ после флотации

Показатель	Ед. изм.	12 °С	Э, %	20 °С	Э, %
Взвешенные в-ва	Мг/л	310	6,06	315	4,55
БПК	Мг О/л	2529	15,1	2997	-
ХПК	Мг О/л	11500	-	12236	-
Азот аммонийный	Мг/л	487,6	14,0	468,5	17,37
Фосфат-ион	Мг/л	менее 0,1	-	менее 0,1	-
Нитриты (нитрит-ион)	Мг/л	0,92	0	0,061	80,130
Нитраты (нитрат-ион)	Мг/л	2,9	71,6	2,8	72,549
Нефтепродукты	Мг/л	0,518	10,1	0,524	9,028
рН	ед. рН	12,17	-	12,2	-
Жесткость общая	°Ж	73,1	-	63,4	-
Кальций	Мг/л	733	-	391	-
Магний	Мг/л	444	-	534	-
Щелочность общая	ммоль/дм ³	125,6	4,8	117,4	11,061
Железо общее	Мг/л	НПО	-	НПО	-
Кадмий	Мг/л	менее 0,02	-	менее 0,02	-
Кобальт	Мг/л	0,086	63,7	0,141	40,506
Марганец	Мг/л	0,157	64,2	0,371	15,297
Медь	Мг/л	0,038	7,3	0,044	-
Никель	Мг/л	0,518	-	0,509	1,357
Свинец	Мг/л	0,97	-	1,68	-
Хром	Мг/л	менее 0,01	-	менее 0,01	-
Цинк	Мг/л	0,51	-	0,53	-
Сульфат-ион	Мг/л	193	29,8	217	21,091
Фторид-ион	Мг/л	более 5	-	более 5	-
Хлорид-ион	Мг/л	1430	20,5	1200	33,259

Натрий	Мг/л	более 1000	-	более 1000	-
АП АВ	Мг/л	3,09	5,5	3,08	5,810
Сухой остаток	Мг/л	4437	-	4423	-
Алюминий	Мг/л	0,154	-	0,245	-

Этап 3. Коагулирование. Применение различных видов коагулянтов.

Для интенсификации процессов осаждения хлопьев из исследуемых потоков проведено исследование с применением коагулянта - Полиоксихлорид алюминия (Аква-РАС 30 по Al_2O_3 ,) в различных дозах реагента предоставленных Заказчиком на основании стехиометрических расчетов.

Порядок выполнения работ

- В мерный цилиндр объемом 100 мл добавить коагулянт полиоксихлорид алюминия с рабочей дозой в необходимом количестве
- Продолжать интенсивное перемешивание в течение 60 секунд.
- Полученная смесь выдерживается до завершения реакции осаждения.

Данные о времени завершения реакции осаждения занесены в Таблицу 2.8.

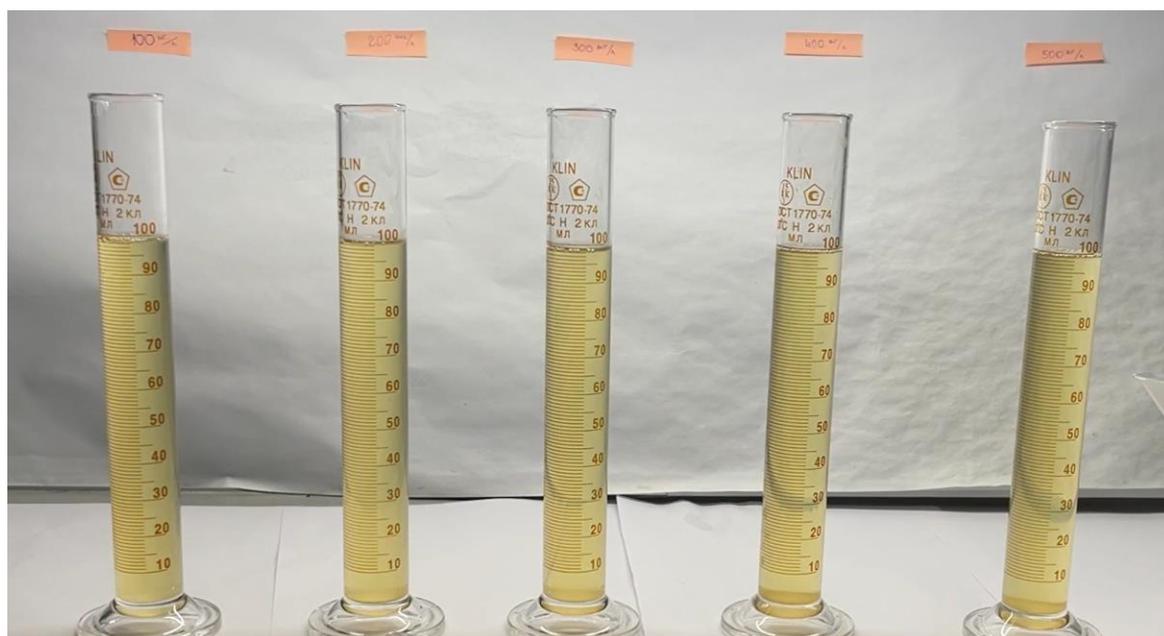
Изменение показателя рН в зависимости от дозы применяемого реагента представлено в таблице 2.7.

Таблица 2.7

Доза коагулянта	100 мг/л	200 мг/л	300 мг/л	400 мг/л	500 мг/л
рН	11,88	11,64	11,07	10,55	10,18

Таблица 2.8 Данные о времени завершения реакции

№ пробы	Доза раствора коагулянта мг/л	Время завершения реакции осадения, мин	Высота шлама, см	Дополнительные комментарии
1	100	20	1,4	-
2	200	20	2,1	-
3	300	20	2,4	-
4	400	20	3,2	-
5	500	-	-	Время выпадение в осадок выше 20 мин.



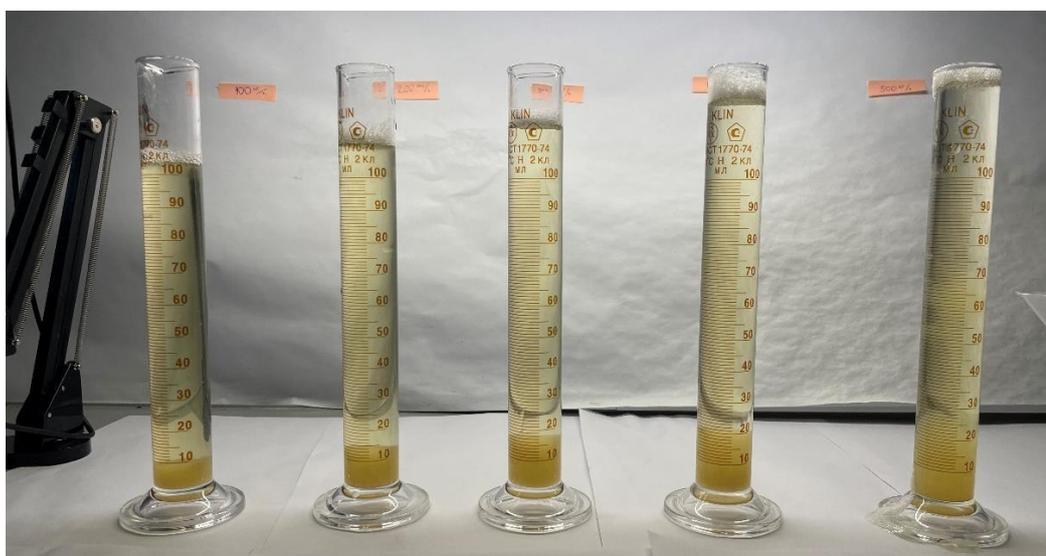


Рисунок 3.4 Применение коагулянтов. 1- полиоксихлорид алюминия в дозах слева-направо: 100 мг/л, 200 мг/л, 300 мг/л, 400 мг/л, 500 мг/л

Таким образом санитарно-химический анализ после коагулирования воды в соответствии Техническим заданием представлен в таблице 2.9.

Таблица 2.9 Показатели смешанного потока после известкования и коагуляции воды

Показатель	Ед. изм.	Исходный поток	Полиоксихлорид алюминия				
			100 мг/л	200м г/л	300 мг/л	400 мг/л	500 мг/л
БПК	Мг О/л	2980	2529	2473	2288	2054	1887
ХПК	Мг О/л	11500	9760,96	9545	8831	7926	7282
Азот аммонийный	Мг/л	487,6	486,4	343,4	НПО	446,8	438,2
Фосфат-ион	Мг/л	менее 0,05	менее 0,05	менее 0,05	менее 0,05	менее 0,05	менее 0,05
Сульфат-ион	Мг/л	193	216	194	163	149	122
Кальций	Мг/л	733	293	586	488	195	488
Магний	Мг/л	444	593	475	356	416	297
Жесткость общая	°Ж	73,1	63,4	68,3	53,6	43,9	48,8
Щелочность общая	ммоль/дм ³	125,6	117,4	97,8	58,7	48,9	58,7
рН	-	12,17	11,88	11,64	11,07	10,55	10,18

Наилучший результат показало применение Полиоксихлорида алюминия в дозах 200 мг/л и 300 мг/л.

Таблица 2.9 Показатели смешанного потока после известкования и коагуляции воды

Показатель	Ед. изм.	200 мг/л	Э, %	300 мг/л	Э, %
Взвешенные в-ва	мг/л	295	4,8	249	19,7
БПК	мг О/л	2473	2,2	2288	9,5
ХПК	мг О/л	9545	17,0	8831	23,2
Азот аммонийный	мг/л	343,4	29,6	НПО	99,0
Фосфат-ион	мг/л	менее 0,1	-	менее 0,1	-
Нитриты (нитрит-ион)	мг/л	0,077	91,6	0,055	94,0
Нитраты (нитрат-ион)	мг/л	2,9	0,0	3,1	-
Нефтепродукты	мг/л	0,514	0,8	0,518	-
рН	ед. рН	11,64	4,4	11,07	9,0
Жесткость общая	°Ж	68,3	6,6	53,6	26,7
Кальций	мг/л	586	20,1	488	33,4
Магний	мг/л	475	-	356	19,8
Щелочность общая	ммоль/дм ³	97,8	22,1	58,7	53,3
Железо общее	мг/л	НПО	-	НПО	-
Кадмий	мг/л	менее 0,02	-	менее 0,02	-
Кобальт	мг/л	0,084	2,3	0,096	-
Марганец	мг/л	0,312	-	0,362	-
Медь	мг/л	0,004	89,5	0,004	89,5
Никель	мг/л	0,412	20,5	0,395	23,7
Свинец	мг/л	0,86	11,3	0,74	23,7
Хром	мг/л	менее 0,01	-	менее 0,01	-
Цинк	мг/л	0,29	43,1	0,33	35,3
Сульфат-ион	мг/л	194	-	163	15,5
Фторид-ион	мг/л	более 5	-	более 5	-
Хлорид-ион	мг/л	1210	15,4	1260	11,9
Натрий	мг/л	более 1000	-	более 1000	-
АПАВ	мг/л	2,94	4,9	2,87	7,1
Сухой остаток	мг/л	4315	2,7	4117	7,2
Алюминий	мг/л	22,9	-	21,9	-

Заключение

Результаты проведенного эксперимента представлена ниже (таблица 3.1). В таблице показаны эффективности очистки воды по трем ступеням, а также общая эффективность комплекса процессов.

Таблица 3.1 Сводная таблица

Показатель	Исходный поток	Известкование		Флотация		Коагуляция		Общая эффективность
		Доза г/л	Э,%	При 12°С	Э,%	300м г/л	Э,%	Э,%
Взвешенные в-ва	3400	330	90,3	310	6,1	249	19,7	92,7
БПК	3250,7	2980	8,33	2529	15,1	2288	9,53	29,6
ХПК	13161	11026	16,2	11500	-	8831	23,2	32,9
Азот аммонийный	923	567	38,6	487,6	14,0	НПО	99	99
Фосфат-ион	6,86	менее 0,1	98,5	менее 0,1	-	менее 0,1	-	98,5
Нитриты (нитрит-ион)	менее 0,05	0,307	-	0,92	-	0,055	94,0	-
Нитраты (нитрат-ион)	21	10,2	51,4	2,9	71,6	3,1	-	85,2
Нефтепродукты	0,756	0,576	23,8	0,518	10,1	0,518	-	31,5
рН	7,41	12,13	-	12,17	-	11,07	-	-
Жесткость общая	58,6	26,8	54,3	73,1	-	53,6	26,7	8,53
Кальций	390	87,9	77,5	733	-	488	33,4	-
Магний	476	272,5	42,8	444	-	356	19,8	25,2
Щелочность общая	127,2	132	-	125,6	4,8	58,7	53,3	53,9
Железо общее	21,5	НПО	99	НПО	-	НПО	-	99
Кадмий	менее 0,02	менее 0,02	-	менее 0,02	-	менее 0,02	-	-
Кобальт	1,219	0,237	80,6	0,086	63,7	0,096	-	92,1
Марганец	1,716	0,438	74,5	0,157	64,2	0,362	-	78,9
Медь	0,055	0,041	25,5	0,038	7,3	0,004	89,5	92,7
Никель	1,314	0,516	60,7	0,518	-0,4	0,395	23,7	69,9
Свинец	3,51	0,64	81,8	0,97	-	0,74	23,7	78,9
Хром	менее 0,01	менее 0,01	-	менее 0,01	-	менее 0,01	-	-
Цинк	0,98	0,51	48,0	0,51	0,0	0,33	35,3	66,3
Сульфат-ион	232	275	-	193	29,8	163	15,5	29,7
Фторид-ион	1,7	более 5	-	более 5	-	более 5	-	-
Хлорид-ион	1443	1798	-	1430	20,5	1260	11,9	12,7
Натрий	более 1000	более 1000	-	более 1000	-	более 1000	-	-
АПАВ	18,7	3,27	82,5	3,09	5,5	2,87	7,1	84,7
Сухой остаток	4391	4283	2,46	4437	-	4117	7,21	6,24
Алюминий	0,959	0,137	85,7	0,154	-	21,9	-	-

Общие выводы по результатам исследования:

1. Известкование сточной воды показывает положительный результат по качеству очистки сточных вод. Рекомендуемая доза составляет 6 г/л.
2. Флотация способствует уменьшению концентрации аммонийного азота.
3. Наибольшую эффективность по качеству очищенной сточной воды показал коагулянт Полиоксихлорид алюминия при дозе 300 мг/л.
4. Все исследованные процессы рекомендуются для последовательного использования при проектировании технологической схемы очистки сточных вод, представленных для проведения эксперимента.

МОО «Международная ассоциация качества» – «СовАсК»

Система сертификации «СовАсК»

Per. № РОСС RU.К041.04АК00 в Едином реестре систем добровольной сертификации Росстандарта РФ.
Система зарегистрирована 15.11.1993 г., перерегистрирована 25.09.2001 г.

МОО «МАК»-«СовАсК» - Центральный орган Системы
109428, г. Москва, Рязанский проспект, д. 10, стр. 2 (БЦ «Джоуль»), офис 508.
Тел. +7(499) 394-40-56; e-mail: sovasq@mail.ru



АТТЕСТАТ

АККРЕДИТАЦИИ ИСПЫТАТЕЛЬНОЙ ЛАБОРАТОРИИ

№ SSAQ 000.10.1.0434

зарегистрирован в Реестре
действителен до

18 января 2022 года
18 января 2025 года

Настоящий аттестат выдан

федеральному государственному бюджетному
учреждению «Научно-исследовательский институт
строительной физики Российской академии архитектуры
и строительных наук» (НИИСФ РААСН), ИНН 7713018998
127238, г. Москва, Локомотивный проезд, д. 21

и удостоверяет, что

испытательная лаборатория № 36
«Технология очистки природных и сточных вод» НИИСФ РААСН
127238, г. Москва, Локомотивный проезд, д. 21

соответствует требованиям ГОСТ ISO/IEC 17025-2019
и аккредитована в качестве
технически компетентной и независимой
испытательной лаборатории.

Область аккредитации приведена в приложении к аттестату

Руководитель
Органа по аккредитации



М. А. Капорская М. А. Капорская

Приложение 2
Протоколы испытаний



МИНИСТЕРСТВО СТРОИТЕЛЬСТВА И ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
(МИНСТРОЙ РОССИИ)

федеральное государственное бюджетное учреждение
«Научно-исследовательский институт строительной физики
Российской академии архитектуры и строительных наук»
(НИИСФ РААСН)

Лаборатория №36 «Технология очистки природных и сточных вод»
Аттестат аккредитации испытательной лаборатории № SSAQ 000.10.1.0434 от
18.01.2022 года



АКТ ПРОТОКОЛА ИСПЫТАНИЙ

г. Москва

« » августа 2023 г.

Акт № 1/__.08 от __.08.2023

Таблица 1.

Заказчик	ООО «НТТ»
Сведения о пробах воды	Фильтрат полигона утилизации твердых бытовых отходов
Дата и время доставки пробы в лабораторию	02.08.2023 13:30
Полученные результаты представлены в таблице №	2

Таблица 2.

№ п/п	Наименование показателя	Единица измерения	Номер пробы	Результат анализа	МВИ
1	Взвешенные в-ва	мг/дм ³	1	3400,0±306,0	ПНД Ф 14.1:2:3.110-97
2	БПК	мгО/дм ³	1	3250,7±650,14	Свидетельство об аттестации МВИ № 222.0265/01.00258/2014 методика измерений биохимического потребления кислорода в пробах природных и сточных вод по изменению давления газовой фазы

					(манометрический метод) с помощью системы БПК ОxiTop (IS 12)
3	ХПК	мгО/дм ³	1	13161,0±789,7	Методики, разработанные ООО «Экоинструмент» для спектрофотометров фирмы «НАСНСompany», аттестованные ВНИМС Свидетельство № 22-09 МВИ бихроматной окисляемости воды (ХПК) в питьевой, поверхностной природной, сточной, морской воде, в воде бассейнов и технологической воде спектрофотометрическим методом.
4	Азот аммонийный	мг/дм ³	1	923,0±74,7	Методики, разработанные ООО «Экоинструмент» для спектрофотометров фирмы «НАСНСompany», аттестованные ВНИМС Свидетельство № 101-08 МВИ массовой концентрации ионов аммония в питьевой, поверхностной природной, сточной, морской воде, в воде бассейнов и технологической воде спектрофотометрическим методом.
5	Фосфат-ион	мг/дм ³	1	6,86±2,66	Методики, разработанные ООО «Экоинструмент» для спектрофотометров фирмы «НАСНСompany», аттестованные ВНИМС Свидетельство № 25-10 МВИ массовой концентрации общего неорганического фосфора и фосфат - ионов в питьевой, поверхностной природной, сточной, морской воде, в воде бассейнов и технологической воде спектрофотометрическим методом.
6	Нитриты	мг/дм ³	1	менее 0,05	Методики, разработанные ООО «Экоинструмент» для спектрофотометров фирмы

					«НАСНCompany», аттестованные ВНИМС Свидетельство № 69-09 МВИ массовой концентрации нитрит-ионов в питьевой, поверхностной природной, сточной, морской воде, в воде бассейнов и технологической воде спектрофотометрическим методом.
7	Нитраты	мг/дм ³	1	21,0±0,5	Методики, разработанные ООО «Экоинструмент» для спектрофотометров фирмы «НАСНCompany», аттестованные ВНИМС Свидетельство № 16-09 МВИ массовой концентрации нитрат-ионов в питьевой, поверхностной природной, сточной, морской воде, в воде бассейнов и технологической воде спектрофотометрическим методом.
8	Нефтепродукты	мг/дм ³	1	0,756±0,19	ПНД Ф 14.1:2:4.214-06
9	рН	ед. рН	1	7,41±1,482	ПНД Ф 14.1:2:3:4.121-97
10	Жесткость общая	°Ж	1	58,6±8,79	ГОСТ 31954-2012 (метод А)
11	Кальций	мг/дм ³	1	390,0±27,3	ГОСТ 31954-2012 (метод Б)
12	Магний	мг/дм ³	1	476,0±33,32	ГОСТ 31954-2012 (метод Б)
13	Щелочность общая	ммоль/дм ³	1	127,2±19,08	ГОСТ 31957-2012, метод А
14	Железо общее	мг/дм ³	1	21,5±4,3	ПНД Ф 14.1:2:4.214-06
15	Кадмий	мг/дм ³	1	менее 0,02	ПНД Ф 14.1:2:4.140-98, изд. 2013 г.
16	Кобальт	мг/дм ³	1	1,219±0,18	Hach lange 26516-00
17	Марганец	мг/дм ³	1	1,716±0,26	Hach lange 24300-00
18	Медь	мг/дм ³	1	0,055±0,008	Hach lange 21058-69
19	Никель	мг/дм ³	1	1,314±0,2	Hach lange 26516-00
20	Свинец	мг/дм ³	1	3,51±0,53	Hach lange LCK 306

21	Хром	мг/дм ³	1	менее 0,01	ПНД Ф 14.1:2:4.52-96, ИЗД. 2016 г.
22	Цинк	мг/дм ³	1	0,98±0,07	Hach lange 24293-00
23	Сульфат-ион	мг/дм ³	1	232,0±34,8	ПНД Ф 14.1:2:159-2000
24	Фторид-ион	мг/дм ³	1	1,7±0,2	ПНД Ф 14.1:2:3:4.179-2002, изд.2012 г.
25	Хлорид-ион	мг/дм ³	1	1443,0±129,87	ПНД Ф 14.1:2:3.96-97
26	Натрий	мг/дм ³	1	более 1000	ПНД Ф 14.1:2:4.138-98, изд. 2017 г.
27	АПAB	мг/дм ³	1	18,7±1,31	Hach lange LCK 432
28	Сухой остаток	мг/дм ³	1	4391,0±197,6	ПНД Ф 14.1:2:4.114-97
29	Алюминий	мг/дм ³	1	0,959±0,07	ПНД Ф 14.1:2:4.181-02

Инженер лаборатории №36 НИИСФ РААСН

**Руководитель лаборатории №36, г.л.н.с.
НИИСФ РААСН**





Спасибо Е.В.

Гогина Е.С.



ООО «НПО» ПЗС «ТАТСОРБ»
420006, Татарстан респ, Казань г,
Рахимова ул, дом № 59Ж, офис 2

T: +7 843 216 56 56
E: tatsorb@mail.ru
C: www.tatsorb.ru



ПАСПОРТ

Полиоксихлорид алюминия
марки «Аква-РАС 30»
ТУ 2163-004-72651045-2016

Показатель	Норма по	Установлено
	ТУ 2163-004- 72651045-2016	анализом
Массовая доля оксида алюминия (Al ₂ O ₃), %	30,0±3,0	30,9
Массовая доля хлора (Cl), %	35,0±5,0	34,3
Массовая доля железа (Fe), %, не более	0,03	<0.01
Массовая доля свинца (Pb), %, не более	0,003	Соотв.
Массовая доля кадмия (Cd), %, не более	0,001	Соотв.
Массовая доля мышьяка (As), %, не более	0,003	Соотв.
Массовая доля бериллия (Be), %, не более	0,001	Соотв.
Массовая доля ртути (Hg), %, не более	0,001	Соотв.
Массовая доля нерастворимого в воде остатка, %, не более	0,3	0,2

Партия №: 26

Количество мест: 1600

Вес нетто: 40000

Дата изготовления:
Декабрь 2022 г.

Род упаковки: мешок,
мкр.

Продукт не является опасным грузом.

Фасовка: мешки по 25 кг, мкр по 1000 кг.

Заключение: Показатели соответствуют ТУ 2163-004-72651045-2016.

Гарантийный срок хранения продукта: 3 года со дня изготовления.

Начальник испытательной лаборатории



Гараева Н.Е



АО «База № 1 Химреактивов»

Отдел контроля качества и технологии

142450 Московская область, Ногинский район, г. Старая Купавна, ул. Дорожная, д.1/9, пом.62. тел.702-92-46, 702-96-07, факс.702-95-63, 702-95-49. www.baza1r.ru.

ПАСПОРТ № 36160

Наименование продукции	Известь строительная, воздушная гидратная порошкообразная без добавок, 1-й сорт		
Анализ выполнен по ГОСТ	9179-2018		
Дата анализа	23.12.2020	Номер партии	221/4
Производитель	Россия	Дата изготовления	22.12.2020
		Гарантийный срок хранения	30 суток

ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА

Наименование показателя	Требования ГОСТа для 1-го сорта	Результат анализа
1. Активные СаО + MgO, %, не менее	67,0	67,4
2. Массовая доля CO ₂ , %, не более	3,0	1,0
3. Влажность, %, не более	5,0	0,5
4. Остаток на сите после просеивания по ГОСТ 6613, %, не более	№ 02	0
	№ 009	15,0

Заключение: Известь строительная воздушная гидратная порошкообразная без добавок соответствует требованиям ГОСТ 9179-2018 для 1-го сорта.

Контролёр



Яковлева О.А.

Приложение П11

Таблица П11

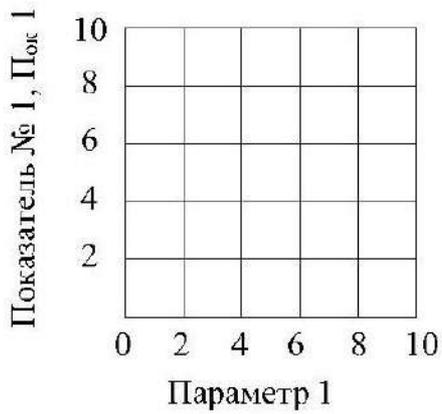
Характеристика методов и средств очистки фильтратов

№ п/п	Способ очистки	Сущность и назначение	Вариации	Достоинства	Недостатки	Принятая вариация*	Технические характеристики
	2	3	4	5	6	7	8
1.	Коагуляция	Процесс нейтрализации зарядов и образование желатиновой массы, способствующей улавлению частиц. Очистка воды путем сцепления загрязняющих дисперсных веществ в агрегаты для последующего их удаления осажждением или фильтрацией. Современные коагулянты предназначены для повышения интенсивности и качества очистки сточных вод.	1. Минеральные и синтетические коагулянты 2. Управление дозами 3. Использование вращения или перемешивания. Использование метода с доосаждением с использованием известки и микрореска.	а) эффективность; б) доступная стоимость; в) высокое качество очистки; г) универсальность применения	Необходимость строгого соблюдения дозы, образование большого объема вторичных отходов, которые нуждаются в дополнительной фильтрации.	Соли поливалентных металлов (железа или алюминия)	п.3.2
2.	Флокуляция	Отделение коллоидных частиц. Образовавшиеся флокулы осаждаются на дно резервуара. Используют катионный синтетический флокулянт в виде геля.	Во вращающейся среде с заданной угловой скоростью	1) малые дозы 2) высокая эффективность 3) увеличение размера флокул 40 повышение скорости осаждения	Необходимость оптимизации дозы и числа оборотов	Катионообменный синтетический флокулянт	
3.	Реагентно-осадительный	Является комбинацией выщелачивания в тонком слое. Применяют для глубокой очистки сточных вод от взвешенных веществ и нефтепродуктов	Использование соосадителей. Проведение известкования.	Процесс осаждения примесей происходит в малом по толщине слое воды, быстрее осаждаются с известью. Примеси самотеком сползают по уклону в слое в зону хлопьеобразования и уплотнения осадка.	Неравномерность распределения скорости воды. Недостаточная эффективность очистки воды от взвесей и снижение производительности отстойника вследствие неравномерности.	Повышение эффективности отстаивания в тонкослойных сооружениях очистки происходит в результате применения технологий рециркуляции шлама и песка. В зону очистки вводятся крупнодисперсные осадки и растут эффективность отстаивания. Принять известкование.	

1	2	3	4	5	6	7	8
		<p>Процесс состоит в фиксировании частичек загрязнений на поверхности пузырьков растворенного воздуха.</p> <p>Флотационный способ очистки сточных вод реализуется как разновидность адсорбции загрязнений на воздушных микроскопических капсулах.</p> <p>При другой разновидности - напорной флотации в раствор в сатураторе нагнетают сжатый воздух. Вода поступает во флотационную камеру, давление при этом равно атмосферному. Комплексы поднимаются на поверхность, образуя флотационную пену.</p>	<p>Различные конструкции - круглые или прямоугольные в плане.</p>	<p>Не требуется сложного специального оборудования.</p> <p>Некоторые частицы подвержены флотации быстрее, чем они бы осели на дно.</p> <p>Методом можно извлекать, в том числе, и нефтепродукты.</p> <p>Образуется шлам который содержит не очень много воды, поэтому потеря воды в хвостах невелика.</p>	<p>Флотацией удаляются частицы гидрофобных веществ.</p> <p>Дополнительные расходы на реагенты, которые применяются в некоторых ситуациях.</p>		
4.	Флотация						
5.	Биомембранный	<p>Мембранная очистка стоков основана на использовании специальных полупроницаемых мембран, перегородок, отделяющих очищаемый раствор от фильтра. В то время как определённые компоненты стоков просачиваются через перегородку, остальные соединения остаются на исходной стороне мембраны. За счёт пор мембраны осуществляется очистка воды от примесей, с размером частиц больше диаметра пор.</p>	<p>В состав включена ультрафильтрация и осаждение</p>	<p>Относительная простота реализации оборудования.</p>	<p>Сложное управление активным илом</p>		

1	2	3	4	5	6	7	8
6. Обратный осмос		Фильтрация через мембраны с порами на уровне 10^{-7} и менее мм	Очистка в картриджных аппаратах	Высокое качество очистки, широкая универсальность. Большой выбор мембран. Для некоторых веществ другие методы малоэффективны	Высокое давление, большой объём хвостов стоков. Высокая стоимость осветлённого продукта (вода)	Применённая мембрана недостаточно эффективна	
7. Электрофлотация	Электрофлотация - технология очистки сточных вод, основанная на процессе выделения электролитических газов за счет протекания электролиза воды на нерастворимых электродах и флотационном эффекте. В электрофлотаторе в результате протекания электрохимических реакций происходит флотация дисперсных веществ (гидроксидов и фосфатов тяжелых металлов) и адсорбированных на них частиц органических веществ (ПАВ и нефтепродуктов).	При использовании растворимых электродов (железных или алюминиевых) на аноде происходит анодное растворение металла, в результате чего в воду переходят катионы железа или алюминия, которые, взаимодействуя с гидроксиль-ными группами, образуют гидраты закиси или окиси, являющиеся коагулянтами, что способствует более эффективной флотации. Состоит из пяти основных стадий: формирование в обрабатываемой воде дисперсной фазы; электрохимическое формирование газового пузырярка; формирование газовых флокул «частица-пузырьки газа»; переход газовых флокул на границу раздела «вода-воздух»; концентрирование газовых флокул на границе раздела «вода-воздух».	1) Способность выделения взвешенных веществ, соединений тяжелых металлов, масел, нефтепродуктов во флотациям, имеющей меньшую влажность, что облегчает дальнейшую операцию по сжиманию и обезвоживанию осадка. 2) Загрязнители собираются сверху жидкости, а не внизу. Данная особенность электрофлотации обеспечивает очистку сточной воды от взвешенных веществ, тяжелых металлов, масел и нефтепродуктов в одну стадию.	Недостатками электрофлотации являются недостаточно высокая производительность установок электрофлотации, выброс пузырьков H_2 , затраты на электроды и обслуживание, объемное образование шлама	При небольших объемах сточных вод ($10—15 \text{ м}^3/\text{ч}$) электрофлотационные установки могут быть однокамерными (рис. 2), при больших — следует применять двухкамерные установки, которые могут быть горизонтальными и вертикальными.		

* Дополнительно включить в схему представленную в приложении П14 установку обезвоживания шлама»].



а)



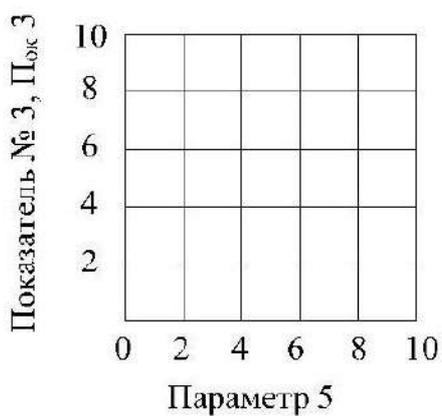
б)



в)



г)



д)



е)

Рисунок. 3.9. Зависимости: а – $P_{ок 1}$ ($P_{ар 1}$); б - $P_{ок 2}$ ($P_{ар 2}$); в - $P_{ок 3}$ ($P_{ар 3}$); г - $P_{ок 4}$ ($P_{ар 4}$); д - $P_{ок 5}$ ($P_{ар 5}$); е - $P_{ок 6}$ ($P_{ар 6}$) при очистки в тонкослойном отстойнике фильтрата ТКО; $p = \underline{\hspace{1cm}}$; $K_{взв исх} = \underline{\hspace{1cm}}$

Шнековый обезвоживатель осадка сточных вод



Шнековый обезвоживатель - это установка для механического осушения любых видов осадка (шламовых вод), которые образуются в процессе очистки хозяйственных и промышленных стоков предприятий, а также активного ила сооружений биологической очистки.

Шнековый дегидратор позволяет максимально сократить объем шлама из отстойников, флотационных установок или аэротенков для удобства дальнейшего хранения или утилизации.

Установка подходит для осушения осадка с концентрацией взвешенных веществ от 2 000 мг/л до 50 000 мг/л. Обезвоживатель имеет камеру сгущения шлама, куда можно подавать флокулянт и перерабатывать осадок с низкой концентрацией взвешенных веществ.

После прохождения через обезвоживатель влажность осадка составляет не более 80% и зависит от состава сточных вод.

Шнековая машина - дегидратор может работать как в ручном так и в автоматическом режиме. Вся установка имеет компактные размеры, проста в эксплуатации и обслуживании.

Принцип работы шнекового обезвоживателя заключается в механическом уплотнении твердой фазы осадка и отжиме воды из него.

Подача. Собранный в отстойниках шлам насосом подается в камеру флокуляции обезвоживателя. В этой камере происходит сгущение шламовых вод перед дальнейшим процессом отжима. Для образования густой однородной смеси в камеру дозируется флокулянт, и производится постоянное перемешивание с помощью мешалки.

Обезвоживание. Далее обработанный реагентом осадок подается на шнек, который вращается внутри пространства, которое образует множество пластинчатых колец. Эти кольца плотно прилегают друг к другу. Между ними просачивается только вода, а твердая часть остается у шнека.

Форма шнека и его витки (шаг спирали уменьшается к концевой части) сделаны таким образом, чтобы при продвижении твердой части осадка возрастало давление и происходил отжим.

На выходе получается осушенный кек (пастообразная субстанция) с влажностью менее 80%.



АО «База № 1 Химреактивов»

Отдел контроля качества и технологии

142450 Московская область, Ногинский район, г. Старая Купавна, ул. Дорожная, д.1/9, пом.62. тел.702-92-46, 702-96-07, факс.702-95-63, 702-95-49. www.baza1r.ru.

ПАСПОРТ № 37403

Наименование продукции		Гипохлорит натрия, марка «А»	
Анализ выполнен по ГОСТ		11086-76	
Код ОКП	21 4713 0100	Номер партии	699
Дата анализа	11.03.2021	Дата изготовления	10.03.2021
Производитель	Россия	Срок хранения	Не установлен

ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА

Наименование показателя	Требования ГОСТа для марки «А»	Результат анализа
1. Внешний вид	Жидкость зеленовато-жёлтого цвета	Соответствует
2. Коэффициент светопропускания, %, не менее	20	90
3. Массовая концентрация активного хлора, г/дм ³ , не менее	190	192
4. Массовая концентрация щёлочи в пересчёте на NaOH, г/л	10 – 20	12
5. Массовая концентрация железа, г/л, не более	0,02	0,01

Заключение: Гипохлорит натрия соответствует требованиям ГОСТ 11086-76 для реактива марки «А».

Контролёр



Яковлева О.А.



АО «База № 1 Химреактивов»

Отдел контроля качества и технологии

142450 Московская область, Ногинский район, г.Старая Купавна, ул. Дорожная, д.1/9, пом.62. тел.702-92-46, 702-96-07, факс.702-95-63, 702-95-49. www.baza1r.ru.

ПАСПОРТ № 36246

Наименование продукции	Кислота лимонная моногидрат		
Анализ выполнен по ГОСТ	908 – 2004 с попр.		
Код ОКП		Номер партии	M010724
Дата анализа	29.12.2020	Дата изготовления	10.2020
Производитель	Китай	Гарантийный срок хранения	3 года (по данным производителя)

ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА

Наименование показателя	Требования ГОСТа	Результат анализа
Органолептические показатели		
1. Внешний вид и цвет	Бесцветные кристаллы или белый порошок без комков	Бесцветные кристаллы
2. Вкус	Кислый, без постороннего привкуса	Соответствует
3. Запах	Отсутствие запаха	Соответствует
4. Структура	Сыпучая и сухая, на ощупь не липкая	Соответствует
5. Механические примеси	Не допускаются	Отсутствуют
Физико – химические показатели		
6. Идентификация лимонной кислоты	Выдерживает испытание	Выдерживает
7. Массовая доля лимонной кислоты моногидрата ($C_6H_8O_7 \cdot H_2O$)	99,5 – 100,5	99,9
8. Массовая доля воды, %	7,5 – 8,8	8,69
9. Массовая доля сульфатной золы, %, не более	0,05	0,02
10. Массовая доля сульфатов, %, не более	0,015	0,005
11. Массовая доля оксалатов, %, не более	0,01	0,01
12. Испытание на ферроцианиды	Испытание	Выдерживает
13. Испытание на легкообугливаемые в-ва	Испытание	Выдерживает
14. Испытание на железо	Испытание	Выдерживает
Содержание токсичных элементов		
15. Свинец, мг/кг, не более	0,5	< 0,5
16. Мышьяк, мг/кг, не более	0,7	< 0,1

Заключение: Кислота лимонная моногидрат соответствует требованиям ГОСТ 908-2004.

Контролёр



Яковлева О.А.



АО «База № 1 Химреактивов»

Отдел контроля качества и технологии

142450 Московская область, Ногинский район, г.Старая Купавна, ул. Дорожная, д.1/9, пом.62. тел.702-92-46, 702-96-07, факс.702-95-63, 702-95-49. www.baza1r.ru.

ПАСПОРТ № 36160

Наименование продукции		Известь строительная, воздушная гидратная порошкообразная без добавок, 1-й сорт	
Анализ выполнен по ГОСТ		9179-2018	
Дата анализа	23.12.2020	Номер партии	221/4
Производитель	Россия	Дата изготовления	22.12.2020
		Гарантийный срок хранения	30 суток

ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА

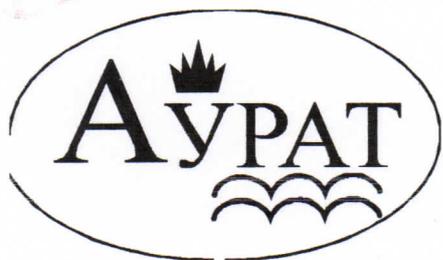
Наименование показателя	Требования ГОСТа для 1-го сорта	Результат анализа	
1. Активные CaO + MgO, %, не менее	67,0	67,4	
2. Массовая доля CO ₂ , %, не более	3,0	1,0	
3. Влажность, %, не более	5,0	0,5	
4. Остаток на сите после просеивания по ГОСТ 6613, %, не более			
	№ 02	2,0	0
	№ 009	15,0	1,0

Заключение: Известь строительная воздушная гидратная порошкообразная без добавок соответствует требованиям ГОСТ 9179-2018 для 1-го сорта.

Контролёр



Яковлева О.А.



ОАО «АУРАТ»

125438, Москва, 4-й Лихачевский пер., 6,
Факс (495)589-19-10 Тел. (499)153-40-97

Испытательная лаборатория

Аналитический паспорт качества № 538
АКВА-АУРАТ™ 30 (полиоксихлорид алюминия)
для хозяйственно-питьевого водоснабжения

ТУ 2163-069-00205067-2007

ОКП 21 6350

Партия № 174

Дата изготовления: 06.2021 г.

№п/п	Наименование Показателей	Требования ТУ 2163-069-00205067-2007	Результат испытаний
1	Массовая доля оксида алюминия (Al_2O_3), %	$30,0 \pm 3,0$	28,5
2	Массовая доля хлора (Cl), %	$35,0 \pm 5,0$	35,1
3	Массовая доля железа (Fe), %, не более	0,03	<0,01
4	Массовая доля свинца (Pb), %, не более	0,003	Соотв.
5	Массовая доля кадмия (Cd), %, не более	0,001	Соотв.
6	Массовая доля мышьяка (As), %, не более	0,003	Соотв.
7	Массовая доля бериллия (Be), %, не более	0,001	Соотв.
8	Массовая доля ртути (Hg), %, не более	0,001	Соотв.
9	Массовая доля нерастворимого в воде остатка, %, не более	0,3	0,2

Продукт соответствует требованиям ТУ 2163-069-00205067-2007

Начальник ИЛ

Кузьмина Е.А.

Инженер ИЛ

Иванов А.А.

Дата

2021 г.

Срок хранения 3 года



ООО «Кемикейт»
ОГРН 1187746992696 ИНН 7724461288 КПП 772401001
115404, г.Москва, ул. Бирюлевская д.11 корп.3 оф 528



ГубСертификат анализа

Наименование: ChemiKate SS 5105

Дата производства: 07/03/2023

Срок годности: 06/03/2025

Показатели	Ед. измерения	Норма	Результат
Внешний вид		Белый порошок	Соответствует
Ионный заряд		Анионный	Соответствует
Молекулярная масса	млн.	14 - 16	15,4
Сухой вес	% мас.	не менее 87,0	90,5
Нерастворимые вещества	% мас.	не более 0,2	0,01
Время растворения	мин.	не более 120	менее 90

Инженер-химик _____ Афанасьева С.А.

