

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Инженерно-строительный институт
институт
Инженерных систем зданий и сооружений
кафедра

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
_____ Г.В. Сакаш
подпись инициалы, фамилия

« ____ » _____ 20 ____ г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

08.03.01. Строительство
по направлению

08.03.01.06 Водоснабжение и водоотведение
по профилю

«Разработка замкнутых систем оборотного водопользования как элемент концепции
нулевого сброса»
тема

Руководитель _____
подпись, дата

к.т.н., доцент
должность, ученая степень

О.Г.Дубровская
инициалы, фамилия

Выпускник _____
подпись, дата

Т.И.Харченко

подпись, дата

Е.В.Жмаков

подпись, дата

Э.А.Эльдарзаде

Красноярск 2017

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа по теме «Разработка замкнутых систем водоочистки пластовых вод как основа экологической безопасности эксплуатации нефтяных месторождений» содержит 122 страниц текстового документа, 55 использованных источников.

НЕФТЕГАЗОДОБЫВАЮЩАЯ ПЛОЩАДКА, ЛОКАЛЬНЫЕ ОЧИСТНЫЕ СООРУЖЕНИЯ, СОРБЦИОННЫЕ ФИЛЬТРЫ, БИОРЕАКТОР, ВОДООТВЕДЕНИЕ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ, КАВИТАТОР, ФЛОТАТОР, ГИДРОЦИКЛОН, ОТСТОЙНИК, ГЛИЕЖ, ЕРШОВАЯ ЗАГРУЗКА, ПЛАСТОВАЯ ВОДА.

Объект ВКР – Сточные воды нефтегазопромыслового участка промышленного и хозяйственно-бытового происхождения. Пластовые воды, законтурное заводнение.

Цели БР:

- произвести анализ существующей технологической схемы очистки сточных вод нефтегазового участка;
- разработать замкнутую схему очистки сточных вод нефтегазового месторождения и подобрать аппаратное оформление локальных очистных сооружений для каждого типа стоков;
- замкнуть контур схемы путем подготовки пластовой воды и закачки ее в пласт при законтурном заводнении;
- произвести эколого-экономическое обоснование предлагаемой технологии;
- произвести сметный расчет капитальных и эксплуатационных затрат, и произвести оценку окупаемости проекта;

Задачами проекта являются оценка эффективности существующей системы очистки сточных вод комплекса нефтегазовых месторождений и анализ современного состояния теории и практики существующих методов кондиционирования сточных вод и технологий подготовки пластовых вод.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	5
1 Технологический расчет.....	7
1.1 Определение расчетных расходов.....	7
1.1.1 Расчет расходов хозяйственно-бытовых сточных вод.....	7
1.1.2 Расчет расходов производственных сточных вод.....	10
1.2 Расчет скважин из подземного источника для получения пластовой воды	18
1.2.1 Тип водозаборного сооружения подземных вод	18
1.2.2 Определение категории водозабора.....	19
1.2.3 Обоснование выбора типа водозаборного сооружения.....	19
1.2.4 Расчет скважины	19
1.2.5 Гидрогеологическая характеристика скважины.....	23
1.2.6 Определение уровней воды в скважине	24
1.2.7 Расчет депрессионного влияния.....	24
1.2.8 Подбор основного и вспомогательного оборудования.....	26
1.2.9 Водоподъемные установки	26
1.2.10 Грузоподъемное оборудование	29
1.2.11 Строение павильона и устья скважины.....	29
1.3 Существующая технология очистки сточных вод	30
1.4 Замкнутая схема очистки сточных вод.....	34
1.4.1 Расчет технологии очистки хозяйственно - бытовых сточных вод	34
1.4.1.1 Расчет решеток.....	34
1.4.1.2 Расчет вертикального отстойника с ламинарным модулем	37
1.4.1.3 Расчет вихревого аппарата для кавитационной установки	Ошибка! Закладка не определена.
1.4.2.4 Расчет биореактора с ершовой загрузкой.....	39
1.4.2.5 Подбор ультрафильтрационной установки.....	47
1.4.2.6 Обеззараживание хозяйственно-бытовых сточных вод	47
1.4.3 Расчет технологии очистки промышленных сточных вод.....	49

1.4.3.1	Существующая технология очистки.....	49
1.4.3.2	Схема очистки стоков промышленной зоны с технологией оборотной системы водопользования.....	51
1.4.3.3	Расчет тонкослойного отстойника	52
1.4.3.4	Расчет сорбционных напорных фильтров.....	55
1.4.3.5	Расчет вихревого гидротермодинамического кавитатора	Ошибка! Залкадка не определена.
1.5	Расчет дополнительного оборудования.....	59
1.5.1	Аккумулирующая емкость.....	59
1.5.2	Расчет резервуара-усреднителя	59
1.5.3	Расчет шламонакопителя	61
1.6	Общая система подготовки пластовой воды.....	61
1.6.1	Расчет установки подготовки пластовой воды УПВ.....	62
1.6.1.1	Расчет напорного гидроциклона	62
1.6.1.2	Расчет флотатора.....	64
2	Эколого-экономическое обоснование применения рекомендуемой технологии	72
2.1	Размер вреда от сброса загрязняющих веществ в составе сточных вод	73
2.2	Расчет зоны санитарной охраны для очистных сооружений	77
3	Технико-экономическое обоснование предлагаемой схемы очистки сточных вод.....	78
3.1	Расчет эксплуатационных затрат и оценка окупаемости проекта	78
	Заключение	87
	Список использованных источников	88
	Приложение А Объектная смета предлагаемой схемы, Сводный сметный расчет предлагаемой схемы.....	102
	Приложение Б Протоколы анализов.....	107

ВВЕДЕНИЕ

Ванкорское месторождение находится на севере Туруханского района Красноярского края в 142 км от Игарки. Рельеф местности равнинный (преобладающие высоты 20-60 м, макс. 100м). Значительная площадь сильно заболочена, имеются многочисленные озера. Наиболее крупной рекой является р. Лодочная, протекающая на юге-востоке. Река Лодочная является притоком р. Большая Хета. Самые крупные озера имеют площадь 15-20 км². Берега озер низкие, дно песчаное или вязкое, вода в них пресная.

Климат района резко континентальный. Территория находится в зоне постоянного вторжения холодных арктических масс воздуха со стороны Северного Ледовитого океана и отличается продолжительной холодной зимой (8-9 месяцев) и умеренно тёплым летом, большими годовыми и суточными перепадами температур воздуха. Продолжительность зимнего периода - 8 месяцев, с октября по май. Среднегодовая температура воздуха - минус 10 °С. Наиболее холодные месяцы - декабрь, январь, февраль: средняя температура - минус 26 °С, в отдельные дни температура воздуха опускается до минус 57 °С. Устойчивый снежный покров образуется в начале октября. Толщина снежного покрова неравномерна: на равнинных участках - до одного метра, в оврагах и распадках - до 3,0 м. Разрушение устойчивого снежного покрова начинается в середине мая, заканчивается к середине июня. Максимальная скорость ветра достигает 25 м/с, средняя скорость ветра - 5 - 7 м/с.

Актуальность исследований, направленных на решение вопроса разработки замкнутой технологической схемы очистки сточных вод нефтегазовых месторождений, обусловлена необходимостью снижения экологической нагрузки и реализации принципов ресурсосбережения на территориях со сложными природно-климатическими условиями. Данный проект позволит поэтапно реализовать концепцию «нулевого сброса».

Во-первых: Для подбора эффективных методов очистки производственных сточных вод необходима идентификация сбросных жидкостей, образующихся в ходе строительства и эксплуатации нефтяных месторождений (к основным технологическим сбросам бурения нефтяных скважин относят буровой шлам, отработанные буровые технологические жидкости и буровые сточные воды, образующиеся в процессе промывки скважины).

Во-вторых: проект направлен на исключении экологической опасности всех сточных вод, образующихся не только на стадии строительства, но и эксплуатации нефтегазовых скважин, путем компоновки технологической схемы очистки с применением высокоэффективного оборудования, новых сорбционных загрузок и стадий интенсификации кондиционирования стока с применением гидротермодинамической кавитации.

В-третьих: проектом предусмотрено формирование оборотного водопользования и возможность повторного применения очищенных сточных вод в качестве возвратных вод для поддержания пластового давления.

Создание таких систем должно обеспечить рациональное использование воды во всех технологических процессах, максимальную утилизацию компонентов сточных вод, оптимальные санитарно-гигиенические условия работы обслуживающего персонала и исключение загрязнения окружающей природной среды.

1 Технологический расчет

1.1 Определение расчетных расходов

В настоящее время водоотведение промышленной зоны осуществляется общесплавным методом. Сточные воды рабочего поселка и нефтедобывающего участка смешиваются и отправляются на локальные очистные сооружения, затем отводятся в сооружения открытого типа. После чего часть очищенной воды идет в оборот, часть сливается по рельефу либо сбрасывается в реку.

1.1.1 Расчет расходов хозяйственно-бытовых сточных вод

Рабочий поселок Ванкор расположен на севере Туруханского района Красноярского края. Население рабочего поселка составляет 2400 человек, также 1120 работников-вахтовиков, вахтовая смена 400 человек.

Нормы расхода воды приняты в соответствии с [53] и составляют для благоустроенной застройки района севера – 300 л/сут на 1 человека. Суточный расход хозяйственно-бытовых сточных вод от рабочего поселка промышленной зоны определяется с учетом удельной нормы водоотведения на каждого жителя.

Расчетный (средний за год) суточный расход хозяйственно-бытовых сточных вод от рабочего поселка:

$$Q_{ср}^{сут} = \frac{q_{ж} \cdot N}{1000}, \quad (1.1.1.1)$$

где $q_{\text{ж}}$ – удельная норма водоотведения, л/сут на чел.;

N – число жителей района, чел.

$$Q_{\text{ср}}^{\text{сут}} = \frac{300 \cdot 3520}{1000} = 1056, \text{ м}^3/\text{сут}.$$

Так как поступление сточных вод в течение суток неравномерно (со значительными колебаниями в различные часы), чтобы обеспечить требуемую пропускную способность распределительной сети труб и других сооружений системы водоотведения необходимо определить максимальный и минимальный требуемый расход.

$$Q_{\text{сут.макс}} = k_{\text{сут.макс}} \cdot Q_{\text{ср.сут}} ; \quad (1.1.1.2)$$

$$Q_{\text{сут.мин}} = k_{\text{сут.мин}} \cdot Q_{\text{ср.сут}} , \quad (1.1.1.3)$$

где $k_{\text{сут.макс}}$ и $k_{\text{сут.мин}}$ – соответственно максимальный и минимальный коэффициенты суточной неравномерности водопотребления, учитывающие уклад жизни населения, режим работы промышленных предприятий, степень благоустройства зданий и изменение водопотребления по сезонам года и дням (принимаются $k_{\text{сут.макс}} = 1,1-1,3$; $k_{\text{сут.мин}} = 0,7-0,9$).

$$Q_{\text{сут.макс}} = 1,1 \cdot 1056 = 1161,6 \text{ м}^3 / \text{сут} ;$$

$$Q_{\text{сут.мин}} = 0,7 \cdot 1056 = 739,2 \text{ м}^3 / \text{сут} .$$

Также к хозяйственно-бытовым сточным водам суммируем сточные воды душевых сеток с производства и хозяйственно-бытовые сточные воды производства.

$$Q_{\text{сут}} = 1293,11 \text{ м}^3 / \text{сут.}$$

Показатели качества сточной воды, рассчитываются исходя из нормы на одного человека принимаемой по [49].

Концентрация загрязнений бытовых сточных вод

$$C = \frac{a \cdot 1000}{q_{\text{с}}}, \text{ мг / л}, \quad (1.1.1.4)$$

где a – количество загрязнений поступающих от одного человека $\text{г/чел} \cdot \text{сут}$;
 $q_{\text{с}}$ – норма водоотведения, $\text{л/чел} \cdot \text{сут}$.

По взвешенным веществам:

$$C_{\text{с}}^{\text{в.в.}} = \frac{65 \cdot 1000}{300} = 216,7 \text{ мг / л};$$

По БПК полному:

$$C_{\text{с}}^{\text{БПК}} = \frac{72 \cdot 1000}{300} = 240 \text{ мг} \cdot \text{O}_2 / \text{л};$$

По азоту аммонийных солей:

$$C_{\text{с}}^{\text{N-NH}_4^+} = \frac{8 \cdot 1000}{300} = 26,7 \text{ мг / л};$$

По фосфатам:

$$C_{\text{б}}^{P-\text{PO}_4^{3-}} = \frac{3,3 \cdot 1000}{300} = 11 \text{ мг/л};$$

По хлоридам:

$$C_{\text{б}}^{\text{Cl}^-} = \frac{1,6 \cdot 1000}{300} = 5,3 \text{ мг/л};$$

По СПАВ:

$$C_{\text{б}}^{\text{СПАВ}} = \frac{2,5 \cdot 1000}{300} = 8,3 \text{ мг/л}.$$

Таблица 1 – Показатели качества воды хозяйственно-бытовых сточных вод

Показатели качества воды	$C_i^{\text{уд}}$, г/сут	C_i , мг/л
Взвешенные вещества	65	216,7
БПК _{полн}	40	240
Азот аммонийных солей N	8	26,7
Фосфаты P ₂ O ₅	3,3	11
Хлориды	1,6	5,3
СПАВ	2,5	8,3

1.1.2 Расчет расходов производственных сточных вод

Расход сточных вод от промпредприятия складывается из бытовых, душевых, производственных и ливневых расходов [53]

$$Q_{\text{общ}} = Q_{\text{б.с}} + Q_{\text{душ}} + Q_{\text{пр}} + Q_{\text{л.с}}, \quad (1.1.2.1)$$

где $Q_{б.с}$ – расход хозяйственно-бытовых сточных вод, $м^3/сут$;

$Q_{душ}$ – расход сточных вод от душевых сеток, $м^3/сут$;

$Q_{пр}$ – расход производственных сточных вод, $м^3/сут$;

$Q_{л.с}$ – расход ливневых сточных вод, $м^3/сут$.

Расход хозяйственно-бытовых стоков определяется по формуле:

$$Q_{смены} = \frac{q_{смены} \cdot N \cdot n_{см}}{1000}, \quad (1.1.2.2)$$

где $q_{смены}$ – норма водоотведения на 1 человека в смену, $л/с$ на 1 чел.;

N – число рабочих в смену, чел;

$n_{см}$ – количество смен.

$$Q_{смены} = \frac{25 \cdot 400 \cdot 3}{1000} = 30 \text{ м}^3/\text{сут}.$$

Расход душевых стоков:

$$Q_{душ} = q_{душ} \cdot n_{душ} \cdot 0,75 \cdot n_{см}, \quad (1.1.2.3)$$

где $q_{душ}$ – норма потребления воды 1 душевой сеткой в час, $0,5 \text{ м}^3/ч$;

$n_{душ}$ – количество душевых сеток, шт.;

0,75 – коэффициент неравномерности водопотребления душевыми сетками.

Принимается, что душем будут пользоваться только 20% от числа рабочих в смену. Находится количество душевых сеток, зная, что 1 душевая сетка может использоваться одновременно 5-15 рабочими.

$$Q_{\text{душ}} = 0,5 \cdot 1 \cdot 0,75 \cdot 3 = 1,125 \text{ м}^3 / \text{сут.}$$

Среднегодовой объем поверхностного стока W ($\text{м}^3/\text{год}$), образующегося на территории предприятия в период выпадения дождей, таяния снега и мойки дорожного покрытия, определяется как сумма объёмов дождевых $W_{\text{д}}$, талых $W_{\text{т}}$ и поливомоечных $W_{\text{м}}$ сточных вод по формуле

$$W_{\text{с}} = W_{\text{д}} + W_{\text{т}} + W_{\text{м}}, \text{ м}^3, \quad (1.1.2.4)$$

где $W_{\text{д}}$, $W_{\text{т}}$, $W_{\text{м}}$ – среднегодовые объемы дождевых, талых и поливомоечных вод соответственно, м^3 .

Среднегодовой объем дождевого стока $W_{\text{д}}$ при высоте слоя осадков за теплый период года (апрель – октябрь) $h_{\text{д}} = 348 \text{ мм}$ определяется по формуле

$$W_{\text{д}} = 10 \cdot h_{\text{д}} \cdot \Psi_{\text{д}} \cdot F, \text{ м}^3, \quad (1.1.2.5)$$

где $h_{\text{д}}$ – слой осадков за теплый период года (количество дождевых вод);

$\Psi_{\text{д}}$ – общий коэффициент стока дождевых вод;

F – площадь поверхности стока, га.

Общий коэффициент стока дождевых вод $\Psi_{\text{д}}$ рассчитан как средневзвешенная величина с учётом частных значений $\Psi_{\text{д}i}$ для площадей стока с различным видом поверхности

$$\Psi_{\text{д}} = \frac{\sum(\Psi_{\text{д}i} \cdot F_i)}{F}, \quad (1.1.2.6)$$

где $\Psi_{\text{д}i}$ – значения общих коэффициентов стока для различных видов поверхности;

F_i – площадь различных видов поверхностей стока, га.

$$\Psi_{\partial} = \frac{0,6 \cdot 13,02 + 0,1 \cdot 26,88 + 0,4 \cdot 3,99 + 0,2 \cdot 7,98}{51,87} = 0,263.$$

Среднегодовой объём дождевого стока:

$$W_{\partial} = 10 \cdot 304 \cdot 0,263 \cdot 51,87 = 41471,1 \text{ м}^3.$$

Среднегодовой объём талого стока при высоте слоя осадков за холодный период года (ноябрь – март) $h_m = 202$ мм определяется по формуле

$$W_m = 10 \cdot h_m \cdot \Psi_m \cdot F, \text{ м}^3, \quad (1.1.2.7)$$

где h_m – слой осадков за холодный период года (количество талых вод);

Ψ_m – общий коэффициент стока талых вод;

F – площадь поверхности стока, га.

$$W_m = 10 \cdot 202 \cdot 0,263 \cdot 51,87 = 27556,46 \text{ м}^3.$$

Годовой объём поливомоечных вод, стекающих с площади стока, определяется по формуле

$$W_M = 10 \cdot t \cdot k \cdot \Psi_M \cdot F_M, \text{ м}^3, \quad (1.1.2.8)$$

где t – удельный расход воды на мойку дорожных покрытий (0,2-1,5 л/м²);

k – среднее количество моек в году, 100-120;

F_M – площадь поверхности, подвергающейся мойке, га;

Ψ_M – коэффициент стока для поливомоечных вод, 0,5.

$$W_M = 10 \cdot 1,5 \cdot 100 \cdot 0,5 \cdot 3,02 = 2265 \text{ м}^3.$$

Таким образом, годовой объем поверхностного стока:

$$W_2 = 41471,1 + 27556,46 + 2265 = 68292,56 \text{ м}^3.$$

Расчетные объемы поверхностного стока при отведении на очистку определяются из условия приёма в аккумулирующую ёмкость большего из рассчитанных дождевого $W_{оч}$ и талого $W_{м. сун}$ суточных объёмов поверхностных сточных вод.

Объем дождевого стока определяется по формуле

$$W_{оч} = 10 \cdot h_a \cdot \Psi_{mid} \cdot F \text{ м}^3. \quad (1.1.2.9)$$

Максимальный слой осадков за дождь h_a принят равным 10мм.

Средний коэффициент стока для расчетного дождя Ψ_{mid} определён как средневзвешенная величина в зависимости от постоянных значений коэффициента стока Ψ_i для разного вида поверхностей.

$$\Psi_{mid} = \frac{0,95 \cdot 10 + 0,95 \cdot 3,02 + 0,1 \cdot 26,88 + 0,2 \cdot 7,98}{51,87} = 0,32.$$

Объем дождевого стока:

$$W_{оч} = 10 \cdot 25 \cdot 0,32 \cdot 51,87 = 4163,5 \text{ м}^3.$$

Максимальный суточный объём талых вод в середине периода снеготаяния, отводимых на очистные сооружения определяется по формуле

$$W_{м. сун} = 10 \cdot h_c \cdot a \cdot \Psi_m \cdot F \cdot K_y, \quad (1.1.2.10)$$

где F – площадь стока (10,5 га);

Ψ_m – общий коэффициент стока талых вод $\Psi_m = 0,6$;

h_c – слой талых вод за 10 дневных часов $h_c = 20$ мм;

a – коэффициент, учитывающий неравномерность снеготаяния, $a = 0,5$;

K_y – коэффициент, учитывающий частичный вывоз и уборку снега
определён по формуле

$$K_y = 1 - F_y / F, \quad (1.1.2.11)$$

где F_y – площадь, очищаемая от снега включая площадь кровель, оборудованных внутренними водостоками, га (5-15 % от общей площади территории).

$$K_y = 1 - (0,15 \cdot 51,87) / 51,87 = 0,85.$$

Максимальный суточный объём талых вод:

$$W_{m. \text{сут}} = 10 \cdot 20 \cdot 0,5 \cdot 0,263 \cdot 51,87 \cdot 0,85 = 1155,61 \text{ м}^3.$$

Полезный объём аккумулирующей ёмкости принят по большему расчётному расходу: $W_{m. \text{сут}} = 4163,5 \text{ м}^3$.

Объём аккумулирующей ёмкости с учётом накопления выделяемого осадка:

$$W_{ак} = 4163,5 \cdot 1,1 = 4579,85 \text{ м}^3.$$

Суточный расход поверхностных вод ($\text{м}^3/\text{сут}$) определяется с использованием данных по среднему в году количеству дождливых дней по формуле:

$$q_{\text{сут}} = \frac{W_{\text{д}}}{t_{\text{д}}}, \quad (1.1.2.12)$$

где $W_{\text{д}}$ – годовое количество дождевых вод, $\text{м}^3/\text{год}$;

$t_{\text{д}}$ – среднее в году количество дождливых дней, 90.

$$q_{\text{сут}} = \frac{41471,1}{90} = 460,8 \text{ м}^3/\text{сут}.$$

Часовой расход поверхностного стока ($\text{м}^3/\text{час}$) определяется с использованием данных по средней продолжительности дождя в течение суток по формуле:

$$q_{\text{час}} = \frac{q_{\text{сут}}}{t_{\text{д2}}}, \quad (1.1.2.13)$$

где $q_{\text{сут}}$ – суточный расход поверхностных вод, $\text{м}^3/\text{сут}$;

$t_{\text{д2}}$ – средняя продолжительность дождя в течении суток (определяется по данным предоставленным региональным центром Росгидромета), 3 часа.

$$q_{\text{час}} = \frac{460,8}{3} = 153,6 \text{ м}^3/\text{час}.$$

Суточный расход талого стока ($\text{м}^3/\text{час}$) определяется с использованием данных по среднему количеству дней интенсивного таяния снега по формуле:

$$q_{\text{сут}} = \frac{W_{\text{г}}}{t_{\text{т1}}}, \quad (1.1.2.14)$$

где $W_{\text{г}}$ – годовой объем талых вод, $\text{м}^3/\text{год}$;

$t_{\text{т1}}$ – среднее в году количество дней интенсивного таяния снега, 10 дней.

$$q_{\text{сут}} = \frac{27556,46}{10} = 2755,6 \text{ м}^3/\text{сут}.$$

Часовой расход талых стоков ($\text{м}^3/\text{час}$) определяется с использованием данных по средней продолжительности таяния снега в течение суток по формуле:

$$q_{\text{час}} = \frac{q_{\text{сут}}}{t_{\text{т2}}}, \quad (1.1.2.15)$$

где $q_{\text{сут}}$ – суточный расход талых вод, $\text{м}^3/\text{сут}$;

$t_{\text{т2}}$ – средняя продолжительность таяния снега в течении суток принятых 10 дней составляет 10 часов

$$q_{\text{час}} = \frac{2755,6}{10} = 275,6 \text{ м}^3/\text{час}.$$

Максимальный часовой расход сточных вод для расчета ПДС определяется как максимальное значение из часовых расходов дождевых стоков и талых вод.

Расход сточных вод от промпредприятия определяем по формуле (1.1.2.1) без учета расхода хозяйственно-бытовых сточных вод и расхода сточных вод от душевых сеток, $\text{м}^3/\text{сут}$.

$$Q_{\text{общ}} = 2937 + 3216 = 6153 \text{ м}^3 / \text{сут} .$$

1.2 Расчет скважин из подземного источника для получения пластовой воды

Требуемые объемы возвратных пластовых вод для добычи одной тонны нефти составляет в среднем: $1,6-2,5 \text{ м}^3$ – при законтурном заводнении, $10-15 \text{ м}^3$ – при площадном заводнении. Таким образом, для добычи одной тонны нефти необходимо $10958,9 \text{ м}^3 / \text{сут}$. Объем сточных вод рабочего поселка составляют $5623,2 \text{ м}^3 / \text{сут}$, следовательно, $5335,7 \text{ м}^3 / \text{сут}$ добавочной воды необходимо брать из скважин, подготавливая ее на УПВ для внедрения в пласт [47].

1.2.1 Тип водозаборного сооружения подземных вод

Водозабор из подземного источника необходим в качестве воды для заводнения пластов в процессе выкачивания нефти. Подземные воды добывают специальными устройствами – водозаборами различных типов с учетом условий залегания подземных вод, их формирования и обеспечения потребного расхода в течение расчетного срока, а в ряде случаев и в перспективе [1].

Для получения пластовой воды предпочтительны подземные источники, это обусловлено высоким качеством пресных подземных вод и их лучшей защищенностью от загрязнения. Устройства водозаборных узлов и состав их сооружений определяются условиями залегания, мощностью, водообильностью, глубиной и геологическим строением водоносных горизонтов, гидравлическими характеристиками подземного потока (напором, скоростью и направлением движения, связью с другими водоносными массивами, пластами и поверхностными водами), санитарным состоянием

территории, намеченной производительностью и технико-экономическими показателями.

1.2.2 Определение категории водозабора

Данный водозабор относится ко 2 категории надежности. Величина допускаемого снижения подачи воды не должна превышать 30%; длительность снижения подачи не должна превышать 10 суток. Перерыв в подаче воды или снижение подачи ниже указанного предела допускается на время выключения поврежденных и включения резервных элементов или проведения ремонта, но не более чем на 6 часов.

1.2.3 Обоснование выбора типа водозаборного сооружения

Мощность водоносного пласта 35 м, что более 25 м и коэффициент фильтрации равен 15 м/сут, что более, чем 0,12 м/сут. На основании этих данных проектируем скважину.

Для сооружения скважины используем роторный способ бурения. Суть способа состоит в разрушении пород инструментом, который вращается вокруг оси с одновременным созданием вертикальной нагрузки за счет веса бурового снаряда. Разбуренная порода непрерывно выносится из скважины восходящим потоком рабочего глинистого раствора, который подается по бурильным трубам грязевым насосом.

1.2.4 Расчет скважины

Понижение уровня воды S рассчитываем по формуле

$$S = 0,2 \cdot m, \quad (1.2.4.1)$$

где m – мощность водоносного пласта, $m = 35$ м,

0,2 – безразмерный коэффициент, принимаемый из опытных данных.

$$S = 0,2 \cdot 35 = 7 \text{ м}.$$

Радиус влияния скважины принимаем, согласно [6], для песчаников $R = 300$ м.

Расчет скважины начинается с определения притока воды к скважине – дебита и определяется по формуле Дюпюи

$$Q_c = \frac{2,73 \cdot K_\phi \cdot m \cdot S}{\lg \frac{R}{r}}, \quad (1.2.4.2)$$

где K_ϕ – коэффициент фильтрации водоносного пласта, м/сут, $K_\phi = 15$ м/сут для песчаников;

m – мощность водоносного пласта, м;

R – радиус влияния депрессионной воронки, м;

r – радиус скважины, м. Принимаем $r = \frac{D_H}{2} + 0,5 = \frac{0,281}{2} + 0,5 = 0,64$ м

S – понижение уровня воды в скважине при откачке, м;

$$Q_c = \frac{2,73 \cdot 15 \cdot 35 \cdot 7}{\lg \frac{300}{0,64}} = 3736,96 \text{ м}^3 / \text{сут} = 155,71 \text{ м}^3 / \text{ч} = 0,043 \text{ м}^3 / \text{с}.$$

Подсчитаем количество скважин по формуле

$$n = \frac{Q_{\text{общ}}}{Q_{\text{скв}}}, \quad (1.2.4.3)$$

где $Q_{\text{общ}}$ – общий расход $м^3/сут.$

$$n = \frac{5335,7}{3736,96} = 1,4 \cong 2 \text{ скважины}$$

По п. 5.13 мы определяем количество резервных скважин: 10 % от общего расхода.

$$n_{\text{рез}} = \frac{0,1 \cdot Q_{\text{общ}}}{Q_{\text{скв}}}, \quad (1.2.4.4)$$

$$n_{\text{рез}} = \frac{0,1 \cdot 5335,7}{3736,96} = 0,14 = 1 \text{ скважина}$$

Диаметр фильтра определяют по формуле

$$D_{\phi} = \frac{Q_{\text{max}}}{\Pi \cdot l_{\phi} \cdot V_{\phi}}, \quad (1.2.4.5)$$

где Q_{max} – подача насоса, $м^3/сут.$;

l_{ϕ} – длина рабочей водоприемной части фильтра, м, принимаем в пластах с мощностью менее 10 м – на 1 – 2 м меньше мощности пласта, в пластах с мощностью более 10 м – определяется по формуле

$$l_{\phi} = (0,5 - 0,8) \cdot m, \quad (1.2.4.6)$$

$$l_{\phi} = 0,6 \cdot 35 = 21 \text{ м}$$

V_{ϕ} – скорость фильтрации, $м^3/сут.$ Для дырчатых, щелевых, проволочных и сетчатых фильтров определяется по формуле

$$V_{\phi} = 64\sqrt[3]{k_{\phi}}, \quad (1.2.4.7)$$

$$V_{\phi} = 64\sqrt[3]{15} = 160,3 \text{ м}^3 / \text{сут}.$$

$$D_{\phi} = \frac{3840}{3,14 \cdot 121 \cdot 160,3} = 0,36 \text{ м} = 363,3 \text{ мм} = 400 \text{ мм}$$

Диаметр эксплуатационной колонны обсадных труб определяется по формуле

$$D_{\circ} = D_{\phi} + 50 \text{ мм}, \quad (1.2.4.8)$$

где D_{ϕ} – диаметр фильтра, мм.

$$D_{\circ} = 400 + 50 = 450 \text{ мм}.$$

Принимаем диаметр эксплуатационной колонны 450 мм.

Внутренний диаметр направляющей трубы равен:

$$D_{н} = D_{\circ} + 100 \text{ мм}, \quad (1.2.4.9)$$

где D_{\circ} – диаметр эксплуатационной колонны обсадных труб, мм.

$$D_{н} = 450 + 100 = 550 \text{ мм} = 0,55 \text{ м}.$$

Принимаем диаметр направляющих труб 550 мм.

Диаметр забоя:

$$D_{з} = \frac{D_{\phi}}{4}, \quad (1.2.4.10)$$

$$D_3 = \frac{400}{4} = 100 \text{ мм}$$

Принимаем диаметр забоя 100 мм.

Для вечномерзлых, корродирующих грунтов применение фильтров, содержащих металлические части в конструкции не рекомендовано, так как происходит окисление и разрушению металлических конструкций. Тип фильтра и область его применения представлена в таблице 2.

Таблица 2 – Тип фильтра и область его применения

Тип фильтра	Материал для изготовления	Особенности конструкции	Область применения
Фильтр-каркас гравитационно-щелевого типа	Кольцевые элементы из стеклопластика	Скважность каркаса по наружному диаметру 50-70%, по внутреннему диаметру 15-25%. Размер отверстий регулируется специальными вкладышами, установленными кольцевыми элементами	Пески различного гранулометрического состава. Подземные воды характеризуется коррозионными свойствами

1.2.5 Гидрогеологическая характеристика скважины

Гидрогеологические расчеты водозаборных сооружений производят на основании законов движения подземных вод с учетом гидравлических условий состояния подземного потока (напорный и безнапорный), при той или иной степени схематизации гидрогеологической обстановки.

Обычно для расчетов выделяют три основные схемы водоносных пластов: неограниченные по площади распространения, изолированные и слоистые горизонты, к которым относятся артезианские бассейны; полуограниченные пласты и пласты – полосы – долины рек; ограниченные по площади распространения пласты. Кроме того, учитывают также расположение

водоприемной части скважины в пласте, намеченном к эксплуатации: водоприемная часть вскрывает пласт на полную мощность (совершенная скважина) или не на полную (несовершенная скважина).

1.2.6 Определение уровней воды в скважине

Отметка статического горизонта воды составляет - 7 м. Определяем расчётную отметку динамических уровней воды в скважинах, м:

$$Z_{расч.дин} = Z_{стат.ур} - S_i, \quad (1.2.6.1)$$

где $Z_{стат.ур}$ – отметка статического уровня воды в скважине, м;

S_i – понижение уровня воды в i -ой скважине, м.

$$Z_{расч.дин} = 43 - 7 = 36 м.$$

1.2.7 Расчет депрессионного влияния

Для забора из подземных источников большого объема воды применяют групповые водозаборы из нескольких скважин. Когда скважины таких водозаборов забирают воду одновременно из одного и того же водоносного пласта и расположены друг от друга на расстоянии, меньшем суммы их радиусов влияния, производительность каждой из них снижается. Если расстояние между ними превышает сумму их радиусов влияния, они рассчитываются как независимые одиночные скважины.

Величина изменения расходов или динамических уровней при взаимном влиянии работающих скважин зависит от многих причин, в том числе от количества забираемой воды, расстояния между скважинами, мощности,

водообильности и условий питания водоносного пласта, взаимного расположения скважин и местности и т. п.

При понижении в первой скважине уровня воды, во второй скважине происходит срезка уровня. Аналогично, при понижении уровня воды во второй скважине.

Расход воды в скважине при понижении уровня воды на S определяется по формуле

$$Q_1' = Q_c \left(1 - \frac{t_{1,2}}{S_1}\right); \quad (1.2.7.1)$$

$$Q_2' = Q_c \left(1 - \frac{t_{2,3}}{S_2}\right); \quad (1.2.7.2)$$

Понижение уровня воды в j -ой скважине:

$$S_j = S_i \cdot k, \quad (1.2.7.3)$$

где S_i – понижение уровня в i -ой скважине, м;

k – величина, показывающая увеличение понижения уровня.

$$S_1 = S = 7 \text{ м}; \quad (1.2.7.4)$$

$$S_2 = 1,1 \cdot S_1; \quad (1.2.7.5)$$

$$S_2 = 1,1 \cdot 7 = 7,7 \text{ м};$$

Срезка уровня воды в скважине $n+1$ при откачке воды со скважины n с понижением уровня S_n .

$$t_{ij} = S_j - S_i, \quad (1.2.7.6)$$

где $t_{i,j}$ – срезка в i -ой скважине от воздействия j -ой скважины, м.

$$t_2 = 7,7 - 7 = 0,7 \text{ м}$$

Дебит скважины с учётом срезки

$$Q'_n = Q_n \cdot \left(1 - \frac{t_{n,n}}{S_n}\right), \quad (1.2.7.7)$$

$$Q'_1 = 155,71 \cdot \left(1 - \frac{0,7}{7}\right) = 140,14 \text{ м}^3 / \text{ч};$$

$$Q'_2 = 155,71 \cdot \left(1 - \frac{0,35}{7,7}\right) = 148,63 \text{ м}^3 / \text{ч};$$

1.2.8 Подбор основного и вспомогательного оборудования

Каждое водозаборное сооружение оснащено основным и вспомогательным оборудованием.

К основному оборудованию относятся: насосные агрегаты, затворы, водоводы – самотечные или сифонные, всасывающие и напорные, а также, запорная арматура.

К вспомогательному оборудованию относятся гидроэлеваторы для откачки осадка из водоприёмных камер; компрессоры, вакуум–насосы, дренажные насосы, грузоподъёмные устройства и механизмы, устройства для промывки фильтра.

1.2.9 Водоподъёмные установки

Работа водоподъёмной установки характеризуется частотой включения насоса в единицу времени, зависящей от регулирующего объёма бака. Безнапорный бак размещается в высшей точке системы на отметке,

обеспечивающей необходимый напор в системе. В напорном гидропневмобаке необходимый напор создаётся давлением сжатого воздуха, передающимся на воду через эластичную мембрану.

Тип водоподъёмного оборудования зависит от вида водозаборного сооружения, глубины водоносного горизонта, дебита водоисточника, а также условий водопотребления. Для автономных систем водоснабжения могут применяться насосы различных типов: консольные, консольные многоблочные, вихревые, погружные, бытовые, а также комплектные водоподъёмные устройства. Насосы могут размещаться в колодце или подземной камере.

Для подъёма из водозаборных скважин, как правило, применяются погружные насосы. Работу насосов следует применять в повторно-кратковременном режиме совместно с регулирующей ёмкостью. Производительность насосов при этом должна составлять не менее максимального часового расхода воды.

Полный напор насосной установки, m :

$$H_p = H_{geom} + \sum H_{total} + H_f, m, \quad (1.2.9.1)$$

где H_{geom} – геометрическая высота подъёма воды от динамического уровня воды в водозаборном сооружении до расчётной точки (наиболее высоко расположенного прибора), 36 m ;

$\sum H_{total}$ – потери напора при движении воды до расчётной точки, 0,2 m ;

H_f – необходимый свободный напор в расчётной точке, 7,8 m .

Потери напора при движении воды до расчётной точки, m :

$$\sum H_{total} = H_{geom} - (H_{отмостки} + H_{пола} + 0,5), m, \quad (1.2.9.2)$$

где $H_{отмостки}$ – высота отмостки над уровнем земли, 0,8 m ;

$H_{\text{пола}}$ – толщина пола, 0,35 м;

0,3 – высота обсадной трубы над уровнем пола, м.

$$\Sigma H_{\text{total}} = 36 - (0,8 + 0,35 + 0,5) = 34,35 \text{ м}$$

Итак, полный напор насосной установки, м:

$$H_p = 36 + 34,35 + 7,8 = 78,15 \text{ м}$$

Параметры насосного оборудования, которые соответствовали бы требованиям надёжности подачи воды и работы сооружения в целом, находят методом подбора по результатам расчётов.

С учётом того, что расходный режим и водохозяйственный баланс по источнику с прогнозом на 15 лет, подбираем насос большей подачи, чем в расчётах.

В качестве насоса принимаем насос типа SP 95-4 фирмы Grundfos. Насос устанавливается в скважине ниже уровня воды и соединяется с сетью с помощью труб. Трубы соединяются с помощью фланцев. В таблице 3 приведены технические характеристики насоса SP 95-4. Насос SP 95-4 представлен на рисунке 1.

Таблица 3 – Технические характеристики насоса марки SP 95-4

Подача насоса, <i>м³/ч</i>	Напор, <i>м</i>	Мощность электродвигателя, <i>кВт</i>	Диаметр, <i>мм</i>	Масса, <i>кг</i>	Длина, <i>мм</i>
120	80	18,5	200	91	1757

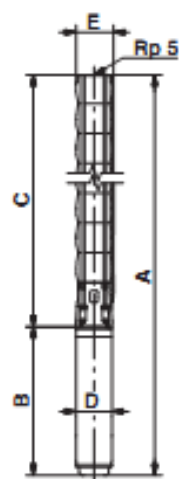


Рисунок 1 – Насос типа SP

1.2.10 Грузоподъемное оборудование

Для монтажа и демонтажа оборудования скважины применяем грузоподъемное устройство. Монтаж и демонтаж скважинного насоса предусматривается через кессон павильона.

Для этого используют различные типы грузоподъемных механизмов (ручные тали, кран–балки, козловые и мостовые краны), которые выбираются с учетом размеров сооружений, компоновки технологического оборудования, его размеров и максимальной массы поднимаемого элемента.

Для подъема и опускания насоса в скважину применяем электрическую таль марки Т - 050 грузоподъемностью 0,5 т. Она состоит из самоходной тележки, перемещающейся по подвесному монорельсу, и тали. Характеристики тали приведены ниже в таблице 4.

Таблица 4 – Технические характеристики тали Т - 050

Высота подъема, м	Размеры тали, мм			Установленная мощность, кВт	Радиус поворота пути, м	Наибольшая нагрузка на колесо, кН	Масса тали, кг
	L	L ₁	L ₂				
6,3	710	195	138	0,55+0,12	прямой	2,3	65

1.2.11 Строение павильона и устья скважины

Павильон устраивают над водозаборной скважиной. Он предназначен для размещения оборудования скважины, предотвращения несанкционированного доступа к скважине и оборудованию, защиты от неблагоприятных погодных условий.

Павильон устанавливается на подготовленном основании, выровненном и укрепленном слоем щебня. Высота павильона состоит из следующих составляющих:

$$H_n = h_1 + h_2 + h_3 + h_4 + h_5 + 0,3, м \quad (1.2.11.1)$$

где h_1 — высота монорельса грузоподъемного оборудования; 0,5 м;

h_2 — минимальное расстояние от тали до крюка 0,8 м;

h_3 — высота строповки груза, 0,5 м;

h_4 — высота груза, 1,7 м длина насоса;

h_5 — минимальное расстояние от груза до пола, 0,5 м;

0,3 м –расстояние от монорельса до перекрытия.

$$H_n = 0,5 + 0,8 + 0,5 + 1,7 + 0,5 + 0,3 = 4,3 м$$

Высота верхнего строения определяется с учётом строительного высотного шага, равного 0,3м. Исходя из этого, высота павильона будет на $H_n = 4,3 \approx 4,5 м$.

1.3 Существующая технология очистки сточных вод

В настоящее время очистка хозяйственно-бытовых сточных вод рабочего поселка осуществляется на локально очистных сооружениях, после чего очищенная вода сливается в реку Большая–Хета либо по рельефу.

На установке «ЛКОУ-600» предполагается, что сточные воды очищаются до норм сброса в водоем рыбохозяйственного значения, что также должно позволять использовать восстановленные сточные воды для технических целей: подпитка систем охлаждения и теплоснабжения (в теплый и холодный периоды года), полив территории, водоснабжение санузлов, подпитка оборотных систем очистки автомоек. Однако, установка недостаточно эффективна при очистке сточных вод до требуемого качества. Также очищенная сточная вода не удовлетворяет требованиям ОСТ 39-225-88 «Вода для заводнения нефтяных пластов. Требования к качеству» [47].

Помимо этого сток имеет высокие показатели по биополлютантам. Лабораторией кафедры инженерных систем зданий и сооружений инженерно-строительного института Сибирского федерального университета был определен качественный и количественный состав биологических загрязнителей стока. Биологические загрязнения представляют собой различные микроорганизмы, которые способны оказывать вред как экологической среде и человеку, так и инженерным сооружениям. В связи с этим существует необходимость удаления этих загрязнений из сточной воды. При анализе схемы водоочистки, выявлена зависимость снижения активности ила в биореакторах от концентрации биополлютантов. Обнаружен эффект вспухания и дезактивации активного ила вследствие угнетения биоценоза биополлютантами и их продуктами метаболизма – нейротоксическими ядами. Так при содержании 12000-15000 клеток *Oscillatoria putrida* в 1 дм³ сточной воды, поступающей на биореактор, снижение эффекта биологической очистки наблюдалось на 20%. Помимо этого, клетки *Oscillatoria putrida*, объединяясь общей слизистой пленкой, образуют мощные скопления на воздухораспределительных элементах биореактора, снижая, таким образом, кислородонасыщение, вызывая массовую гибель биоценоза активного ила.

Более того, цианобактерии выделяют в процессе жизнедеятельности сильнейшие нейротоксические яды, которые невозможно инактивировать при условии кондиционирования сточной воды с применением типовых методов очистки.

Техническими решениями по модернизации и реконструкции технологии очистки являются: отстойник с ламинарным модулем, гидротермодинамическая кавитационная установка горизонтально-проточного типа для интенсификации биологической очистки, биореактор с ершовой загрузкой. По технологической схеме, вода после биоокисления поступает на ультрафильтрационные аппараты, а конечным звеном очистки сточных вод, является установка обеззараживания ОДВ-60С работающая по принципу УФ-облучения.

Таблица 5 – Показатели качества хозяйственно-бытовых сточных вод поступающих на очистку

Показатели качества	Единицы измерения	Диапазон колебания
Взвешанные вещества	<i>мг/л</i>	270,0
БПК _{полн}	<i>мг/л</i>	544,4
Аммиак	<i>мг/л</i>	131,5
Нитриты	<i>мг/л</i>	0,25
Нитраты	<i>мг/л</i>	3,9
Фосфаты	<i>мг/л</i>	20,4
Железо общее	<i>мг/л</i>	2,4
Нефтепродукты	<i>мг/л</i>	0,3
Сухой остаток	<i>мг/л</i>	775
Сульфаты	<i>мг/л</i>	201,3
Хлориды	<i>мг/л</i>	149,9
АПАВ	<i>мг/л</i>	0,178
Запахи	<i>Балл</i>	6
Температура	<i>°С</i>	+6-+20
рН		9,26
Растворенный кислород	<i>мгО₂/л</i>	1
ХПК	<i>мл</i>	980

Таблица 6 – Показатели качества воды хозяйственно-бытовых сточных вод на существующих очистных сооружениях

№ пробы и ее характеристика	Показатель	Результат измерений, мг/дм ³	Норматив ПДК очищенной сточной воды, поступающей в водоем рыбохозяйственного назначения
Наименование пробы – Очищенные промливневые и	рН	7,2	6,0-9,0
	Взвешенные вещества	10	10

Окончание таблицы 6 - Показатели качества воды хозяйственно-бытовых сточных вод на существующих очистных сооружениях

№ пробы и ее характеристика	Показатель	Результат измерений, мг/дм ³	Норматив ПДК очищенной сточной воды, поступающей в водоем рыбохозяйственного назначения
хозяйственно-бытовые стоки с опорной базы промысла (ОБП) Ванкорского месторождения. Место отбора пробы – Точка сброса очищенных стоков в реку Большая-Хета.	Минерализация (сухой остаток)	130	Нормируется согласно категориям рыбохозяйственных водных объектов или его участков
	ХПК	156	30
	БПК ₅	96	2,1
	БПК _{полн}	137,14	3,0
	Растворенный кислород	0,5	4,0
	СПАВ	0,01	0,5

	Азот аммонийный	17,2	0,4
	Азот нитритный	1,18	0,2
	Азот нитратный	2,36	9
	Хлориды	32, 3	300
	Сульфаты	10,0	100
	Фосфаты	7,3	0,2
	Кальций	40,04	1,9
	Нефтепродукты	0,06	0,05
	Железо общее	0,18	0,1
	Щелочность	4,07	7-9
	Температура	20 °С	До + 5°С к среднегодовой температуре реки

1.4 Замкнутая схема очистки сточных вод

1.4.1 Расчет технологии очистки хозяйственно - бытовых сточных вод

1.4.1.1 Расчет решеток

Решетки, предназначенные для задержания крупных загрязнений в сточной воде, устанавливают на пути движения жидкости. Решетка состоит из наклонно или вертикально установленных параллельных металлических стержней, укрепленных на металлической раме. Наклон решетки чаще всего составляет 60 - 70° к горизонту.

Решетки по способу очистки их от задержанных ими загрязнений подразделяются на простейшие, которые очищают ручным способом, и механические, которые очищают механическими приспособлениями.

В прозорах решетки движутся зубцы граблей, укрепляемых на подвижной шарнирно-пластинчатой цепи. Цепь приводится в движение двигателем через привод с шестеренчатой передачей. Отбросы, снятые со стержней решетки поднятые граблями на подвижную ленту, направляются в дробилку для их размельчения. По действующим нормативам механическую очистку решетки и

дробление отходов требуется производить при количестве отходов более $0,1 \text{ м}^3/\text{сут}$.

На очистных станциях для очистки городских сточных вод устанавливают решетки со стержнями, расположенными на расстоянии 16 мм друг от друга. Стержни решетки обычно выполняют из металлических полос круглой, квадратной, прямоугольной или другой формы. Наибольшее распространение получили стержни прямоугольного сечения из полосовой стали $6 - 10 \text{ мм}$, так как отбросы на них не заклиниваются и легко снимаются граблями.

При расчете решеток определяют их размеры и потери напора, которые возникают при прохождении сточной жидкости через решетку. Ширину решетки V_p , число прозоров n , площадь живого сечения ω определяют по расходу сточных вод и заданной скорости движения сточной жидкости через решетку. Эта скорость должна быть такой, чтобы задержанные на решетке отбросы под влиянием кинетической энергии струи не продавливались через прозоры [16]. Исходя из этого условия, V_p принимают равной $0,8 - 1 \text{ м/с}$. Зная расход воды q по формуле

$$q = \omega \cdot V_p = b \cdot n \cdot h \cdot V_p, \text{ м}^2; \quad (1.4.1.1.1)$$

$$\omega = q / V_p = 0,0197 / 0,8 = 0,0242 \text{ м}^2.$$

Приняв скорость $V_p=0,8 \text{ м/с}$, величину прозора решетки $b=0,016 \text{ м}$, глубину потока h , находят число прозоров

$$n = \frac{q}{bhV_p} K_{cm}, \text{ шт}; \quad (1.4.1.1.2)$$

$$n = \frac{0,0197}{0,016 \cdot 0,11 \cdot 0,8} 1,1 = 16, \text{ шт},$$

а также ширину решетки

$$B_p = bn + S(n-1), м; \quad (1.4.1.1.3)$$

$$B_p = 0,016 \cdot 16 + 0,01(16-1) = 0,406 м,$$

где K_{cm} - коэффициент, учитывающий стеснение потока граблями и задержанными загрязнениями; принимается равным 1,05 - 1,1;

S - толщина стержня, мм.

Количество прозоров принимаем $n = 16$, и стержней $n_{cm} = 16$.

Потеря напора в решетке может быть определена по формуле:

$$h_p = \zeta \frac{V_1^2}{2g^2} K, \quad (1.4.1.1.4)$$

$$h_p = 0,83 \frac{0,8^2}{2 \cdot 9,81^2} 3 = 0,0083,$$

где V_1 - скорость движения воды в канале перед решеткой, принимаемая равной 0,7 - 0,8 м/с;

ζ - коэффициент сопротивления;

K - коэффициент, учитывающий увеличение потери напора за счет засорения решетки, принимается равным 3.

Коэффициент сопротивления определяется по формуле

$$\zeta = \beta \left(\frac{S}{b} \right)^3 \sin \varphi, \quad (1.4.1.1.5)$$

$$\zeta = 1,79 \left(\frac{0,01}{0,016} \right)^3 \sin 60 = 0,83,$$

где β – коэффициент, зависящий от формы поперечного сечения стержней решетки, принимается равным: 1,79 – для круглых стержней; 2,42 – для прямоугольных и 1,83 – для прямоугольных с закругленными ребрами;

φ – угол наклона решетки к горизонту.

Количество отбросов, снимаемых с решетки, при норме загрязнений $q_{омб} = 8 м^3 / год$ на одного жителя и при объемном весе загрязнений в среднем $750 кг/м^2$ будет:

$$W_{омб} = \frac{q_{омб} \cdot N}{365 \cdot 1000}, \quad (1.4.1.1.6)$$

$$W_{омб} = \frac{8 \cdot 3520}{365 \cdot 1000} = 0,077 м^3 / сут;$$

$$P_{омб} = \frac{750 \cdot W_{омб}}{1000}, \quad (1.4.1.1.7)$$

$$P_{омб} = \frac{750 \cdot 0,077}{1000} = 0,05775 м / сут.$$

1.4.1.2 Расчет вертикального отстойника с ламинарным модулем

Вертикальные отстойники представляют собой круглые, квадратные или многоугольные в плане резервуары с конусным или пирамидальным днищем. Вертикальные отстойники обычно предусматривают на станциях производительностью до $50000 м^3/сут$, а чаще - до $20\ 000 м^3/сут$ и при низком уровне грунтовых вод.

Сточная жидкость подводится к низу рабочей части отстойника по центральной трубе. После выхода из трубы сточная жидкость движется снизу вверх к сливным желобам, по которым поступает в отводной лоток. Во время движения сточной жидкости по отстойнику из нее выпадают взвешенные вещества, удельный вес которых больше удельного веса воды.

При расчете отстойников для бытовых сточных вод проточную скорость принимают не более 0,7 мм/с, а время отстаивания - таким же, как и для горизонтальных отстойников. Рассчитывая отстойники по заданному расходу q , времени отстаивания, определяют необходимый объем, $м^3$, рабочей части отстойника [16]:

$$W = qt, м^3, \quad (1.4.1.2.1)$$

$$W = 53,88 \cdot 0,5 = 26,94 м^3.$$

Высоту рабочей части отстойника, $м$, определяют по формуле:

$$H = Vt, м, \quad (1.4.1.2.2)$$

$$H = 0,7 \cdot 1800 = 1,26 м.$$

Затем находят площадь живого сечения, $м^2$:

$$F = W / H, м^2, \quad (1.4.1.2.3)$$

$$F = 26,94 / 1,26 = 21,38 м^2.$$

Диаметр отстойника, $м$:

$$D = \sqrt{\frac{(F + f)}{n}}, м, \quad (1.4.1.2.4)$$

$$D = \sqrt{\frac{21,38 + 0,5}{2}} = 3,3 м,$$

где f – площадь живого сечения центральной трубы, определяемая по формуле

$$f = q / V_{ц.тр}, м^2, \quad (1.4.1.2.5)$$

$$f = 0,015 / 0,03 = 0,5 м^2.$$

Общая высота отстойника определяется по формуле:

$$H_{\text{ц}} = H + H_2 + H_3, м, \quad (1.4.1.2.6)$$

$$H_{\text{ц}} = 1,26 + 0,3 + 0,5 = 2,06, м,$$

где H_2 – высота нейтрального слоя между низом отражательного щита и слоем осадка равная 0,3 м;

H_3 – высота борта отстойника, равная 0,5 м.

Блоки ламинарных элементов выполнены из параллельно установленных листов или пластин, расстояние между которыми составляет 0,025 – 0,1 м, т.е. значительно меньше, чем общая глубина отстойной зоны. Пластины в блоках устанавливаются под углом 45 – 70° к горизонту, что обеспечивает сползание осадка.

Отстойники с ламинарным модулем отличаются от обычных более высокой производительностью (время осаждения взвеси 10 – 30 мин) и эффектом очистки (85 – 90 %), так как обеспечивают задержание не только грубодисперсных, но и тонкоэмульгированных частиц нефтепродуктов и взвеси. Они компактны и занимают значительно меньшую площадь (в 6 - 10 раз по сравнению с обычными отстойниками).

Высота ламинарного модуля принимается по рабочей части отстойника, и равна $H_{\text{л.м.}} = 1 м$. Количество пластин составляет 56 штук. Осадок сползает в иловой приямок, из которого периодически удаляется. Всплывающие вещества собираются в пазухе между секциями и удаляются погружающимся лотком, поворотными трубами.

Расстояние между блоками, а также между стенкой отстойника и блоком принимается из условий их монтажа и отведения задержанных загрязнений в зоне накопления и обычно составляет около 0,1 м.

1.4.2.3 Расчет биореактора с ершовой загрузкой

Биореактор – это сооружение, в котором сточная вода фильтруется через загрузочный материал, покрытый биологической пленкой (биопленкой), образованной колониями микроорганизмов. Биореактор состоит из следующих частей:

- фильтрующей загрузки, помещенной в резервуар круглой или прямоугольной формы в плане (тело биореактора);
- водораспределительного устройства, для равномерного орошения сточной водой поверхности загрузки;
- дренажного устройства для удаления профильтрованной жидкости;
- воздухораспределительного устройства для поступления воздуха внутрь биореактора.

В технологии применяем высоконагружаемый биореактор [15].

Высоту биореактора назначают в зависимости от БПК_{полн} очищенной сточной воды, а гидравлическую нагрузку – в пределах 10 – 30 м³/(м²·сут). Допустимое значение БПК_{полн} поступающих на биофильтр сточных вод – 300 мг/дм³.

Определяем коэффициент K по формуле:

$$K = \frac{L_{en}}{L_{mix}}, \quad (1.4.2.4.1)$$

где L_{en} и L_{mix} – концентрация БПК_{полн} в поступающей и очищенной сточной воде, мг/л;

$$K = \frac{240}{31,44} = 7,63 \text{ мг/л.}$$

По среднезимней температуре сточной воды T и найденному значению K определяем высоту биофильтра H , гидравлическую нагрузку q и расход воздуха $V_{уд}$; для очистки без рециркуляции значения H , q и $V_{уд}$ следует принимать по ближайшему большему значению K , для очистки с рециркуляцией – по меньшему значению K . При очистке без рециркуляции находят площадь биофильтров по формуле:

$$S = \frac{Q}{q}, \text{ м}^2, \quad (1.4.2.4.2)$$

где Q – расход очищаемых сточных вод, $\text{м}^3 / \text{сут}$;

q – гидравлическая нагрузка, $\text{м}^3 / (\text{м}^2 \cdot \text{сут})$;

$$S = \frac{1293,11}{q}, \text{ м}^2.$$

Среднезимняя температура сточной воды $T=14$ °С;

Высота биореактора $H=3$ м;

Гидравлическая нагрузка $q=10 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{сут})$;

Удельный расход воздуха $q_a=10 \text{ м}^3/\text{м}^3$

Среднее значение БПК_{полн} в смеси стоков перед фильтром:

$$L_{mix} = L_{mix} \cdot K^{\min}, \text{ мг / л}, \quad (1.4.2.4.3)$$

где K^{\min} – наименьшее ближайшее к K значение из таблицы

$$L_{mix} = 31,44 \cdot 5,09 = 160,03, \text{ мг / л}.$$

Общая площадь биореактора:

$$F = \frac{Q_w \cdot (K_{rec} + 1)}{q}, \text{ м}^2, \quad (1.4.2.4.4)$$

где Q_w – суточный расход сточной воды, $\text{м}^3/\text{сут}$;

$$F = \frac{1293,11 \cdot 1}{10} = 129,3, \text{ м}^2.$$

Число и размеры секций n зависят от способа распределения сточной воды по поверхности. Обычно количество секций принимают не менее 2-х и не более 6-8.

В практике проектирования применяют биореакторы прямоугольной формы в плане размерами сторон 3x3, 3,6x4, 9x12, 12x12, 15x15, 12x18 м и др., с высотой слоя загрузки 2,3 и 4 м, а так же круглой формы в плане диаметром 6, 12, 18, 24, 30 м, с высотой слоя загрузки 2, 3, 4 м.

Принимаем высоконагружаемый биореактор круглый в плане диаметром 3 м, $F_1 = 64,65 \text{ м}^2$, $H = 3 \text{ м}$, с количеством секций $n = 2 \text{ м}$.

В качестве загрузки применяем синтетически ерши.

Значение БПК на входе в биореактор $\text{БПК}_5 = 60 \text{ мг/л}$.

Нормативное количество загрязнений на выходе из биореактора - $C_{\text{БПК}}^{\text{оч}} = 7,86 \text{ мг/л}$.

Количество БПК, которое необходимо удалить из сточной воды в биореакторе:

$$G_{\text{БПК}} = \frac{(C_{\text{БПК}}^{\text{отст}} - C_{\text{БПК}}^{\text{оч}}) \times Q_{\text{сут}}}{1000}, \text{ кг/сут}, \quad (1.4.2.4.5)$$

$$G_{\text{БПК}} = \frac{(60 - 7,86) \times 1293,11}{1000} = 67,42 \text{ кг/сут}.$$

Для формирования нитрифицирующей биопленки в биореакторе нагрузка на биопленку должна быть не более 0,2 г БПК на 1 г биопленки по сухому веществу в сутки.

Нагрузка определяется соотношением:

$$q = \frac{G_{\text{БПК}}}{G_{\text{БП}}}, \text{кг.} \quad (1.4.2.4.6)$$

Найдем массу биопленки, находящейся на ершовой загрузке и общую длину ершовой загрузки на биопленке:

$$G_{\text{БП}} = \frac{67,42}{0,2} = 337,1 \text{ кг.}$$

Общее требуемое количество ершовой загрузки определяется тем, что на 1 погонном метре ерша образуется 933г. активной биопленки.

Расчет требуемого количества ершовой загрузки:

$$L_{\text{ерш}}^{\text{общ}} = \frac{G_{\text{БП}}}{0,933}, \text{п.м.}, \quad (1.4.2.4.7)$$

$$L_{\text{ерш}}^{\text{общ}} = \frac{337,11}{0,933} = 361,3 \text{ п.м.}$$

Конструктивно принимаем размещение ершовой загрузки в виде горизонтальных дисков, располагающихся с шагом $S_{\text{диска}}=50\text{мм}$. Высота дисков 0,05м. Шаг ерша в диске $S_{\text{ерш}}=50\text{мм}$. диаметр одного диска без ершовой загрузки в биореакторе 0,3м.

Количество ершовой загрузки на одном диске:

$$L_{\text{ерш}}^{\text{диска}} = \frac{L_{\text{диска}}}{S_{\text{ерш}}}, \text{п.м.}, \quad (1.4.2.4.8)$$

$$L_{ерш}^{диска} = \frac{0,95}{0,05} = 19 \text{ м.}$$

Определим количество дисков:

$$N\partial = \frac{L_{ерш}^{общ}}{L_{ерш}^{завеса}}, \text{ шт,} \quad (1.4.2.4.9)$$

$$N\partial = \frac{361,3}{19} = 19 \text{ шт.}$$

Реактивные вращающиеся оросители состоят из двух, четырех или шести дырчатых труб, консольно закрепленных на общем стояке, в который подается вода из распределительной камеры. Стояк может вращаться вокруг своей оси. Вода поступает из стояка в радиальные трубы и через отверстия выливается из них. Под действием реактивной силы истечения воды распределитель вращается. Расчет реактивного оросителя состоит в определении его размеров, числа распределительных труб, количества отверстий, напора воды, частоты вращения стояка. Скорость истечения из отверстий принимается не менее 0,5 м/с, диаметр отверстий – не менее 10 мм, напор воды очень небольшой – не менее 0,5-1 м.

Диаметр реактивного оросителя:

$$D_{op} = D - 0,2, \text{ м,} \quad (1.4.2.4.10)$$

где D – диаметр биофильтра, м;

$$D_{op} = D - 0,2 = 2,8, \text{ м.}$$

Количество распределительных труб принимает 4. Закрепляются консольно на стояке.

Требуемый диаметр

$$D_{mp} = 1000 \cdot \sqrt{\frac{4q}{\pi \omega n_{mp}}}, \text{ мм}, \quad (1.4.2.4.11)$$

где q – средний расход сточных вод, $\text{м}^3/\text{с}$;

v – скорость в начале распределительной трубы, $\text{м}/\text{с}$.

$$D_{mp} = 1000 \cdot \sqrt{\frac{4 \cdot 0,015}{3,14 \cdot 0,5 \cdot 4}} = 16 \text{ мм}.$$

Число отверстий на каждой распределительной трубе:

$$n_0 = \frac{1}{1 - \left(1 - \frac{0,08}{D_{op}}\right)^2}, \text{ шт}, \quad (1.4.2.4.12)$$

$$n_0 = \frac{1}{1 - \left(1 - \frac{0,08}{2,8}\right)^2} = 17, \text{ шт}.$$

Расстояние от оси стояка до каждого отверстия рассчитываем по формуле:

$$r_i = 500 \cdot D_{op} \sqrt{\frac{i}{n_{отв}}}, \text{ мм}. \quad (1.4.2.4.13)$$

Расчеты сводим в таблицу.

Таблица 8 – Расстояние от оси стояка до каждого отверстия

№	$D_{op, мм}$	$n_{омв}$	$r_{i, мм}$
1	2,8	17	339,55
2	2,8	17	480,20
3	2,8	17	588,12
4	2,8	17	679,10
5	2,8	17	759,26
6	2,8	17	831,72
7	2,8	17	898,36
8	2,8	17	960,39
9	2,8	17	1018,65
10	2,8	17	1073,75
11	2,8	17	1126,16
12	2,8	17	1176,24
13	2,8	17	1224,26
14	2,8	17	1270,48
15	2,8	17	1315,07
16	2,8	17	1358,20
17	2,8	17	1400,00

Частота вращения реактивного оросителя:

$$n_o = 34,8 \cdot 10^6 \cdot \frac{q}{n_{омв} \cdot d_{омв}^2 \cdot D_{op} \cdot n_{mp}}, \text{ мин}^{-1}, \quad (1.4.2.4.14)$$

где $d_{отв}$ – диаметр отверстий, 10 мм.

$$n_o = 34,8 \cdot 10^6 \cdot \frac{0,015}{17 \cdot 100 \cdot 2,8 \cdot 4} = 27,4 \text{ мин}^{-1}.$$

Требуемый напор у реактивного оросителя

$$h_{op} = 1000 \cdot \left(\frac{q}{n_{mp}} \right)^2 \cdot \left(\frac{256 \cdot 10^6}{d_{омв}^4 \cdot n_{омв}^2} - \frac{81 \cdot 10^6}{D_{mp}^4} + \frac{294 \cdot D_{op}}{k^2} \right), \text{ м}, \quad (1.4.2.4.15)$$

$$h_{op} = 1000 \cdot \left(\frac{0,015}{4} \right)^2 \cdot \left(\frac{256 \cdot 10^6}{10^4 \cdot 17^2} - \frac{81 \cdot 10^6}{50^4} + \frac{294 \cdot 2,8}{1,32^2} \right) = 7,7, м.$$

Распределительные трубы располагаем на 0,2 м выше поверхности загрузки.

1.4.2.5 Подбор ультрафильтрационной установки

Ультрафильтрация воды представляет собой надежный и эффективный способ очистки воды от тонкодисперсных и коллоидных примесей, органических веществ, бактерий и вирусов, не меняющий ее солевой состав. Метод ультрафильтрации, основанный на использовании мембран с размером пор от 0,1 до 0,01 мкм, предназначен для получения технологической воды, а также может быть использован в качестве ступени очистки сточных вод.

Подбор ультрафильтрационной установки осуществляем по часовому расходу $q = 53,9 м^3 / ч.$ и остаточному химическому составу загрязнителей.

Выбираем типовой блок системы ультрафильтрации фирмы WATER UF20/4 производительностью от 50 до 80 м³/ч, длиной 4000мм, шириной 1600мм, высотой 2950мм.

1.4.2.6 Обеззараживание хозяйственно-бытовых сточных вод

Наиболее распространенным способом обеззараживания воды в настоящее время является хлорирование. Однако, этот способ имеет ряд недостатков. Токсичность хлора требует особых мер предосторожности при его хранении, транспортировании, дозировании. Необходим постоянный контроль за дозой остаточного активного хлора в очищенной воде. Очищенная вода

содержащая активный хлор неприемлема для оборотных систем в связи с образованием побочных хлорорганических веществ.

Наряду с хлорированием второй по распространенности метод обеззараживания – это ультрафиолетовое облучение.

Расчетный бактерицидный поток рассчитывается по формуле

$$F_{\sigma} = \frac{Q_{\sigma} \cdot \alpha \cdot K \cdot \lg(P \div P_0)}{1563,4 \cdot \eta \cdot \eta_0}, \text{Вт}, \quad (1.4.2.6.1)$$

где Q_{σ} - расчетный расход обеззараживаемой воды в $\text{м}^3/\text{ч}$;

α - коэффициент поглощения облучаемой воды см^{-1} , для обработанной воды из поверхностных источников водоснабжения $0,3 \text{ см}^{-1}$;

K - коэффициент сопротивляемости облучаемых бактерий, принимаемый равным 2500 ;

P_0 - количество бактерий в 1 л воды, максимальное расчетное загрязнение исходной воды принимаемое равны коли - индексу $P_0=1000$;

P - количество бактерий после облучения;

η - коэффициент использования бактерицидного потока , для установок с погруженным источником погружения $0,9$;

η_0 - коэффициент использования бактерицидного излучения, зависящий от толщины слоя воды, ее физико-химических свойств и конструктивного типа установки, равным $0,9$.

$$F_{\sigma} = \frac{53,9 \cdot 0,3 \cdot 2500 \cdot \ln(115513,3)}{1563,4 \cdot 0,9 \cdot 0,9}, \text{Вт}.$$

Расход электроэнергии на обеззараживание воды вычисляется по формуле:

$$S = \frac{N_n}{Q_{\text{час}}}, \text{Вт} \cdot \text{ч} / \text{м}^3, \quad (1.4.2.6.2)$$

где N – мощность, потребляемая одной установкой;

$$S = \frac{1850}{53,9} = 34,32, \text{Вт} \cdot \text{ч} / \text{м}^3.$$

Потребляемое количество установок составит:

$$n = \frac{F_6}{N_n}, \text{шт}; \quad (1.4.2.6.3)$$

$$n = \frac{372,2}{1850} = 1, \text{шт}.$$

На основании расчетов выбираем установку ОДВ-60С с максимальной производительностью $60 \text{ м}^3/\text{ч}$, потребляемой мощностью 1850 Вт , массой 165 кг , длиной 400 мм , шириной 560 мм , высотой 1400 мм .

1.4.3 Расчет технологии очистки промышленных сточных вод

1.4.3.1 Существующая технология очистки

В настоящий момент очистка промышленных сточных вод осуществляется на локально очистных сооружениях, после чего очищенная вода сливается в реку Большая–Хета либо по рельефу.

На установке «ЛКОУ-400» предполагается, что сточные воды очищаются до норм сброса в водоем рыбохозяйственного значения, что также должно позволять использовать восстановленные сточные воды для

технических целей: подпитка систем охлаждения и теплоснабжения (в теплый и холодный периоды года), полив территории, водоснабжение санузлов, подпитка оборотных систем очистки автомоек. Однако, установка недостаточно эффективна при очистке сточных вод до требуемого качества. Также очищенная сточная вода не удовлетворяет требованиям ОСТ 39-225-88 «Вода для заводнения нефтяных пластов. Требования к качеству».



Рисунок 2 - Технологическая схема очистки сточных вод

МР – механическая решетка, У – усреднитель, ФУ – фильтрационная установка, СФ – сорбционный фильтр, УФ – блок обеззараживания УФ

Таблица 9 – Показатели качества сточных вод поступающих на очистку

№ Пробы и ее характеристика	Показатель	Результат измерений (С+Δ), мг/дм ³
Наименование пробы – Модельная вода (проба 2) проба 2 объемом 1 литр – 10 мл обработанных очищенных промливневых сточных вод УПСВ-Юг и 990 мл пластовой воды из уравнильных резервуаров системы ППД на УПСВ-Юг.	рН	6.8±0,2
	Взвешенные вещества	148
	Минерализация (сухой остаток)	175,5±24,7
	ХПК	1700±0,30
	БПК ₅	595±0,15
	БПК _{полн}	850±0,15
	Растворенный кислород	Менее 0,1
	СПАВ	0,01
	АПАВ	0,03
	Азот аммонийный	-
	Азот нитритный	0,19
	Азот нитратный	0,043 ±0,39
	Хлориды	32, 3±0,36
	Сульфаты	76,9±3,5
	Фосфаты	0,12±0,01
	Кальций	58,2±0,4
Нефтепродукты	48,9±0,05	
Железо общее	15,1±1,08	

	Сероводород	1,16±0,34
	Двуокиси углерода	0,12±0,2
	Щелочность	6,04±0,2

Оборудование станции состоит из блоков: механической и физико-химической-фильтрационной очистки, обеззараживания, обработка осадка.

1.4.3.2 Схема очистки стоков промышленной зоны с технологией оборотной системы водопользования

Применение замкнутых водооборотных систем при проектировании предприятий позволяет размещать эти объекты в районах с ограниченными водными ресурсами, но обладающими благоприятными экономико-географическими условиями. Такое инженерно-экологическое направление является наиболее прогрессивным и перспективным, позволяя одновременно решать проблемы водообеспечения и охраны окружающей среды.

В качестве технических решений для организации оборотных систем водопользования в тяжелых климатических условиях может быть применено внедрение локальных очистных установок блочно-модульного типа.

На таких установках сточные воды очищаются до норм сброса в водоем рыбохозяйственного значения, что также позволяет использовать восстановленные сточные воды для технических целей: подпитка систем охлаждения и теплоснабжения (в теплый и холодный периоды года), полив территории, водоснабжение санузлов, подпитка оборотных систем очистки автомоек.



Рисунок 3 - Технологическая схема очистки сточных вод

ТО – тонкослойный отстойник с боном нефтесорбером; СФ – сорбционный фильтр; КУ – кавитационная установка; АЕ – аккумулирующая ёмкость; РУ – резервуар-усреднитель

Установка «ЛКОУ – 400» была модернизирована следующими конструктивными элементами:

- тонкослойный отстойник с боном нефтесорбером;
- сорбционный фильтр;
- кавитационная установка.

Это позволило повысить эффективность очистки нефтесодержащих сточных вод промышленной площадки нефтегазового месторождения с 60% до 86,7%.

1.4.3.3 Расчет тонкослойного отстойника

Тонкослойные отстойники применяются на станциях по очистке сточных вод, имеющих пропускную способность более 15 тыс. м³/сут. Наиболее распространенными являются отстойники с прямоугольной формой. Впускные и выпускные устройства выполняются таким образом, чтобы поток воды равномерно распределялся по всей площади живого сечения отстойника. Вода впускается через трубопровод, расположенный во фронтальной части отстойника. При этом устраивается направляющая полупогружная перегородка в начале резервуара. Отвод воды осуществляется через отводящий трубопровод, установленные в торце отстойника [16].

Задаемся исходными данными:

Гидравлическая крупность $\mu_0 = 0,3 \text{ мм/с}$;

Глубина яруса в проточной части в отстойнике $H_{\text{set}} = 0,2 \text{ м}$;

Коэффициент использования объема проточной части отстойника $K_{\text{set}} = 0,7$

Длина пластин в ярусе

$$L_{bl} = \frac{v_w \cdot h_{ii}}{\mu_0}, \text{ м} \quad (1.4.3.3.1)$$

где v_w - скорость рабочего потока, принимается 6 м/с;

h_{ii} - высота яруса тонкослойного блока, м, равная $H_{set} = 0,2$ м;

$$L_{bl} = \frac{6 \cdot 0,2}{0,3} = 2 \text{ м}$$

Назначается количество отделений отстойника, не менее двух, $n=10$ шт.

Ширина одного тонкослойного блока $B_{bl}=2$ м;

Длина зоны тонкослойного отстаивания определяется

$$l_{bl} = \frac{q_w}{3,6 \cdot n \cdot B_{bl} \cdot K_{set} \cdot v_w}, \text{ м} \quad (1.4.3.3.2)$$

где q_w – максимальный часовой расход воды, $\text{м}^3/\text{ч}$;

$$l_{bl} = \frac{256,4}{3,6 \cdot 10 \cdot 2 \cdot 0,7 \cdot 6} = 0,8 \text{ м}$$

Находится общая расчетная длина отстойника по формуле

$$L_{cmp} = l_1 + l_{bl} + l_2 + l_3 + l_4 + l_5, \text{ м} \quad (1.4.3.3.3)$$

где l_1 - длина зоны выделения крупных примесей, равная 1-1,5 м;

l_3 - 0,3 м;

l_4 - 0,05 – 0,1 м;

l_5 - 0,4 – 0,5 м;

$$l_2 = l_{bl} \cdot \sin(90 - \alpha), \text{ м} \quad (1.4.3.3.4)$$

где α – угол наклона пластины к горизонту, равный 45-60°;

$$l_2 = 0,8 \cdot \sin(90 - 60) = 0,4 \text{ м}$$

$$L_{cmp} = 1 + 0,8 + 0,4 + 0,3 + 0,05 + 0,4 = 2,95 \text{ м}$$

Общая высота отстойника

$$H_{cmp} = h_1 + h_2 + h_3 + h_4, \text{ м} \tag{1.4.3.3.5}$$

где h_1 принимается $\geq 0,6 \text{ м}$;

$$h_3 = 0,2 - 0,5 \text{ м};$$

$$h_4 = 0,4 - 0,5 \text{ м};$$

$$h_{2\setminus} = L_{bl} \cdot \sin \alpha, \text{ м} \tag{1.4.3.3.6}$$

$$h_2 = 2 \cdot \sin 60^\circ = 1, \text{ м}$$

$$H_{cmp} = 0,6 + 1 + 0,2 + 0,4 = 2,2 \text{ м}$$

Исходя из расчетных габаритов отстойника, принимаю тонкослойный отстойник марки ОТ – 50, следующих технических характеристик

Таблица 10 – Технические характеристики отстойника

Марка	Q, $\text{м}^3/\text{ч}$	Объем конусов сбора осадка, м^3	Габариты $L \times B \times H, \text{ мм}$	Масса нетто/с водой, кг	Э, %
ОТ - 50	50	1,45	3795×2088×2400	1800/12000	90

Определяем количество осадка, удаляемого за сутки:

$$Q_{mud} = \frac{Q \cdot C \cdot \text{Э}}{(100 - p_{mud}) \cdot \gamma_{mud} \cdot 10^6}, \text{ м}^3/\text{сут} \tag{1.4.3.3.7}$$

Где Q_{mud} - суточный расход сточных вод, $m^3/сут$;

C - концентрация механических примесей в воде, $216,67 \text{ мг/л}$;

Э - эффект задержания осаждающихся примесей, 90% ;

p_{mud} - влажность осадка, 95% ;

γ_{mud} - объемная масса частиц осадка, $2,65 \text{ т/м}^3$.

$$Q_{mud} = \frac{6153 \cdot 216,7 \cdot 90}{(100 - 95) \cdot 2,65 \cdot 10^6} = 9,05 \text{ м}^3/\text{сут}$$

Расход воды, поступающий на следующее сооружение равен

$$Q = Q_{cym} - Q_{mud}, \text{ м}^3/\text{сут} \quad (1.4.3.3.8)$$

$$Q = 6153 - 9,05 = 6143,95 \text{ м}^3/\text{сут}$$

Таблица 11 – Эффект очистки после тонкослойного отстойника

Показатели качества воды	$C_i^{\text{до}}, \text{ мг/л}$	$\text{Э}, \%$	$C_i^{\text{после}}, \text{ мг/л}$
Взвешенные вещества	216,7	90	21,67
БПК _{полн}	240	0	240
Азот аммонийных солей N	26,7	0	26,7
Фосфаты P ₂ O ₅	11	0	11
Хлориды	5,3	90	0,53
СПАВ	8,3	0	8,3

1.4.3.4 Расчет сорбционных напорных фильтров

Сорбционные напорные фильтры применяются для удаления нефтепродуктов, тяжелых металлов и трудноокисляемой органики. Как правило, сорбционная загрузка имеет селективные свойства и предназначена

для удаления одной из перечисленных групп загрязняющих веществ. Для решения комплексного удаления нефтепродуктов и ИТМ.

Важным требованием для эффективной работы сорбционного фильтра является наличие ступени предварительной очистки воды от взвешенных веществ и не эмульгированных нефтепродуктов. Сорбционная емкость в процессе работы фильтра снижается на 26,7% от начальной. Период полного износа сорбента составляет 2 года. Восстановить сорбционные свойства можно за счет регенерации фильтрующей загрузки путем обжига. Процесс проводится в печах высокотемпературного безкислородного термолитиза. А также, выполняется промывка обратным потоком воды для взрыхления загрузки. Накопившиеся загрязнения вымываются и сбрасываются в дренаж фильтра [16].

Определение площади фильтра. Площадь напорного фильтра определяют по формуле

$$F = \frac{Q_{сут}}{T \cdot v_{р.н} - 3,6 \cdot 3(\omega_1 \cdot t_1 + \omega_2 \cdot t_2 + \omega_3 \cdot t_3) - n \cdot t_4 \cdot v_{р.н}}, \quad (1.4.3.4.1)$$

где $Q_{сут}$ - производительность фильтра в $м^3/сут$;

T - продолжительность работы станции в течение суток в ч;

$v_{р.н}$ - расчетная скорость фильтрования в $м/ч$;

n - число промывок фильтров за сутки;

ω_1 и t_1 - интенсивность в $л/сек \cdot м^2$ и продолжительность в ч первоначального взрыхления фильтрующей загрузки;

ω_2 и t_2 - интенсивность подачи воды в $л/сек \cdot м^2$ и продолжительность в ч водовоздушной промывки;

ω_3 и t_3 - интенсивность в $л/сек \cdot м^2$ и продолжительность отмывки в ч;

t_4 - продолжительность простоя фильтра из-за промывки в ч.

$$F = \frac{6153}{24 \cdot 8 - 3,6 \cdot 3(5 \cdot 0,2 + 5 \cdot 0,01 + 5 \cdot 0,2) - 3 \cdot 0,56 \cdot 8} = 39,34 \text{ м}^2$$

Площадь одного фильтра определяют по формуле

$$f = \frac{F}{N}, \quad (1.4.3.4.2)$$

где F - площадь напорного фильтра;

N - количество напорных фильтров;

$$f = \frac{39,34}{4} = 9,83 \text{ м}^2$$

Принимаем к работе 4 напорных сорбционных фильтров и 1 резервный

Расчет распределительной системы фильтра.

Напорный вертикальный фильтр имеет диаметр $D = 2 \text{ м}$.

Площадь загрузки фильтра $f = 9,83 \text{ м}^2$.

Интенсивность промывки $\omega = 5 \text{ л/сек} \cdot \text{м}^2$

Общий расход воды на промывку на один фильтр $q_{\text{пр}} = 9,83 \cdot 5 = 49,14 \text{ л/сек} = 0,049 \text{ м}^3/\text{с}$.

Диаметр стального коллектора распределительной системы напорного фильтра при скорости входа в него промывной $v_{\text{кол}} = 1,07 \text{ м/сек}$ будет $d_{\text{кол}} = 50 \text{ мм}$.

С каждой стороны коллектора размещается 5 ответвлений в виде горизонтальных стальных труб наружным диаметром 20 мм, привариваемых к коллектору под прямым углом на взаимных расстояниях 0,05 м (между осями труб).

На штуцерах ответвлений укрепляются щелевые дренажные колпачки. Необходимая суммарная площадь щелей в дренажных колпачках должны быть 0,8 – 1 % рабочей площади фильтра, т.е.

$$\sum f_{щ} = 0,05 \cdot \frac{\pi \cdot D}{5}, \quad (1.4.3.4.3)$$

$$\sum f_{щ} = 0,05 \cdot \frac{3,14 \cdot 0,2}{5} = 0,00628 \text{ м}^2$$

Площадь щелей на каждом колпачке составляет $f_{щ} = 192 \text{ мм}^2 = 0,000192 \text{ м}^2$.

Общее число колпачков на ответвлениях распределительной системы

$$n = \frac{\sum f_{щ}}{f_{щ}}, \quad n = \frac{0,00628}{0,000192} = 33 \text{ шт.} \quad (1.4.3.4.4)$$

Так как фильтр имеет в плане круглое сечение, то ответвления будут разной длины, а именно: 0,95 м, 0,9 м, 0,85 м, 0,8 м, 0,7 м.

Суммарная длина всех ответвлений распределительной системы фильтра $D = 2 \text{ м}$ составит $L = 5 \cdot (0,9 + 0,85 + 0,8 + 0,7) + 2 \cdot 0,95 = 18,15 \text{ м}$.

Среднее расстояние между дренажными колпачками

$$e = L : n = 18,15 : 33 = 0,55 \text{ м} = 550 \text{ мм}.$$

Количество промывной воды, приходящейся на один колпачок, составит $q_{\text{колп}} = 0,049 : 33 = 0,00148 \text{ м}^3/\text{с} = 1,48 \text{ л/с}$

Скорость прохода промывной воды через щели колпачка составит

$$v_{щ} = q_{\text{колп}} : f_{щ} = 0,00148 : 0,000192 = 7,7 \text{ м/с}.$$

Сопротивление в щелях дренажных колпачков распределительной системы круглого в плане фильтра, состоящей из центрального коллектора и боковых распределительных труб неравной длины, определяется по формуле

$$h = \frac{v_{щ}^2}{2 \cdot g \cdot \mu^2}, \quad (1.4.3.4.5)$$

где $v_{щ}$ - скорость движения воды в щелях колпачка, 1,05 м/с

μ - коэффициент расхода, равный 0,5

$$h = \frac{1,05}{2 \cdot 9,81 \cdot 0,5^2} = 0,225 \text{ м}$$

Так внедрение блока сорбционного фильтрования позволило интенсифицировать процесс очистки сточных вод, повысить общую эффективность кондиционирования стока.

1.5 Расчет дополнительного оборудования

1.5.1 Аккумулирующая емкость

Аккумулирующая емкость предназначена для сбора обработанных хозяйственно-бытовых и промышленных сточных вод. Объем аккумулирующей емкости равен максимальному остатку воды в промежуток времени 5-6 часов, следовательно, аккумулирующую емкость рассчитываем по формуле

$$W_{акк} = Q \cdot 5, \text{ м}^3 \quad (1.5.1.1)$$

где Q - расход остаточной воды в, $\text{м}^3/\text{ч}$;

$$W_{акк} = 310 \cdot 5 = 1551 \text{ м}^3$$

Принимаем аккумулирующую емкость объемом 1600 м^3 .

1.5.2 Расчет резервуара-усреднителя

Резервуар-усреднитель суммирует объем воды из аккумулирующей емкости и добавочной воды из скважин, после чего каждые 30 минут подает воду в установку подготовки пластовой воды УППВ.

Рассчитывается требуемый коэффициент усреднения K_{av} по формуле

$$K_{av} = \frac{C_{max} - C_{mid}}{C_{adm} - C_{mid}}, \quad (1.5.2.1)$$

где C_{max} - максимальная концентрация загрязнений в стоке, мг/л;

C_{mid} - средняя концентрация загрязнений в стоке, мг/л;

C_{adm} - концентрация, допустимая по условию работы последующих сооружений, мг/л.

$$K_{av} = \frac{342 - 99}{260 - 99} = 1,5$$

Объем усреднителя W_{cir} рассчитывается:

$$W_{cir} = 0,21 \cdot q_w \cdot t_{cir} \cdot \sqrt{K_{av}^2 - 1}, \text{ м}^3 \quad (1.5.2.2)$$

где q_w - расход сточных вод, м³/ч;

t_{cir} - период колебаний цикла, ч.

$$W_{cir} = 0,21 \cdot 228,3 \cdot 0,5 \cdot \sqrt{1,5^2 - 1} = 27 \text{ м}^3$$

Принимаем усреднитель диаметром 3 м, следовательно высота будет равна:

$$H = \frac{W_{cir}}{\frac{\pi \cdot d^2}{4}} \quad (1.5.2.3)$$

$$H = \frac{27}{\frac{3,14 \cdot 3^2}{4}} = 3,85 \text{ м}$$

1.5.3 Расчет шламонакопителя

При объемном весе осадка сточных вод в шламонакопителе $0,025 \text{ т/м}^3$.
Объем шламонакопителя при расчете получасового запаса осадка равен:

$$W_{ш.н} = \gamma \cdot Q_{ч} \cdot 1 \cdot \rho \quad (1.5.3.1)$$

$$W_{ш.н} = 0,025 \cdot 310,25 \cdot 1 \cdot 1,9 = 14,74 \text{ м}^3$$

Принимаем шламонакопитель диаметром 2,6 м, следовательно высота будет равна:

$$H = \frac{W_{ш.н}}{\frac{\pi \cdot d^2}{4}} \quad (1.5.3.2)$$

$$H = \frac{14,74}{\frac{3,14 \cdot 2,6^2}{4}} = 2,78 \text{ м}$$

1.6 Общая система подготовки пластовой воды

Требуемые объемы возвратных пластовых вод для добычи одной тонны нефти составляет в среднем: $1,6-2,5 м^3$ —при законтурном заводнении, $10-15 м^3$ —при площадном заводнении. Таким образом, для добычи одной тонны нефти необходимо $10958,9 м^3/сут$. Объем сточных вод рабочего поселка составляют $5623,2 м^3/сут$, следовательно, $5335,7 м^3/сут$ добавочной воды необходимо брать из скважин, подготавливая ее на УПВ для внедрения в пласт [47].

1.6.1 Расчет установки подготовки пластовой воды УПВ

1.6.1.1 Расчет напорного гидроциклона

Максимальный диаметр частиц взвеси δ_{max} , см, которые могут быть уловлены при заданной гидравлической крупности задерживаемых частиц:

$$\delta_{max} = \sqrt{\frac{18 \cdot \mu \cdot u_0}{100 \cdot g \cdot (\rho_T - \rho_{жс})}}, \quad (1.6.1.1.1)$$

где $\mu = 0,01$ - коэффициент вязкости;

g – ускорение свободного падения, $м/с^2$;

ρ_T - удельный вес механических загрязнений, $г/см^3$;

$\rho_{жс} = 1г/см^3$ - удельный вес воды;

u_0 - гидравлическая крупность частиц, $мм/с$.

По таблице 12 подбирается гидроциклон, который может выделить частицы крупностью δ_{max} , и назначаются размеры основных рабочих узлов.

$$\delta_{max} = \sqrt{\frac{18 \cdot 0,01 \cdot 0,75}{100 \cdot 9,81 \cdot (7,4 - 1)}} = 0,0046 см = 46 мкм.$$

Глубина погружения сливного патрубка H_k , см:

$$H_{\kappa} = \frac{D_{hc}}{2 \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}}, \quad (1.6.1.1.2)$$

$$H_{\kappa} = \frac{10}{2 \cdot \operatorname{tg} \frac{20}{2}} = 28,57 \text{ см}.$$

Граничная крупность разделения δ_{ep} , мкм, т.е. максимальный размер задерживаемых выбранным гидроциклоном частиц:

$$\delta_{ep} = 2,7 \cdot 10^3 \frac{D_{hc}^{0,543} \cdot d_{en}^{1,643} \cdot d_{ex}^{0,014} \cdot \mu^{0,5}}{d_{шт}^{0,572} \cdot H_{\psi}^{0,507} \cdot H_{\kappa}^{0,714} \cdot (\rho_T - \rho_{ж})^{0,5} \cdot P_n^{0,222}}, \text{ л/с} \quad (1.6.1.1.3)$$

где P_n - давление питания, МПа.

Граничная крупность разделения δ_{ep} , обеспечиваемая выбранным гидроциклоном, должна быть меньше, чем максимальный диаметр частиц δ_{\max} , улавливаемых при заданной гидравлической крупности. Тогда подобранный гидроциклон обеспечит эффект очистки несколько выше задаваемого. Если $\delta_{ep} > \delta_{\max}$, то необходимо повторить подбор, задаваясь другими размерами гидроциклона.

$$\delta_{ep} = 2,7 \cdot 10^3 \frac{10^{0,543} \cdot 2,5^{1,643} \cdot 2,5^{0,014} \cdot 0,01^{0,5}}{2^{0,572} \cdot 30^{0,507} \cdot 28,57^{0,714} \cdot (7,4 - 1)^{0,5} \cdot 1,6^{0,222}} = 16,72 \text{ л/с}.$$

Производительность гидроциклона Q_{hc} , л/с:

$$Q_{hc} = 1,03 \cdot D_{hc}^{0,053} \cdot d_{en}^{1,28} \cdot d_{ex}^{0,405} \cdot d_{шт}^{0,143} \cdot H_{\psi}^{0,015} \cdot \alpha^{0,025} \cdot P_n^{0,443}, \quad (1.6.1.1.4)$$

$$Q_{hc} = 1,03 \cdot 10^{0,053} \cdot 2,5^{1,28} \cdot 2,5^{0,405} \cdot 2^{0,143} \cdot 30^{0,015} \cdot 20^{0,025} \cdot 1,6^{0,443} = 8,36 \text{ л/с} = 30,096 \text{ м}^3 / \text{ч}.$$

Общее количество гидроциклонов N , шт:

$$N = \frac{Q_w}{Q_{hc}}, \quad (1.6.1.1.5)$$

где $Q_w = 10958,9 \text{ м}^3 / \text{ч}$ - расход сточной воды, $\text{м}^3 / \text{ч}$.

Так как время пребывания очищаемой воды в гидроциклоне 10 минут, следовательно, в расчете учитываем соответствующую долю от часового расхода.

$$N = \frac{60,19}{30,096} = 2шт$$

При заданной гидравлической крупности частиц $u_0 = 0,75 \text{ мм/с}$ максимальный диаметр задерживаемых частиц будет равен $\delta_{\max} = 46 \text{ мкм}$. Ему соответствуют следующие характеристики гидроциклона: диаметр цилиндрической части $D_{hc} = 10 \text{ см}$, диаметр питающего патрубка $d_{en} = 2,5 \text{ см}$, диаметр сливного патрубка $d_{ex} = 2,5 \text{ см}$, диаметр шламового патрубка $d_{шл} = 2 \text{ см}$, высота цилиндрической части $H_y = 30 \text{ см}$ и угол конусности конической части $\alpha = 20^\circ$. Максимальные частицы, которые будут задерживаться выбранным гидроциклоном, составляет $\delta_{zp} = 16,72 \text{ мкм}$. Данный гидроциклон имеет производительность $Q_{hc} = 30,096 \text{ м}^3 / \text{ч}$, общее количество гидроциклонов $N = 2шт$ [8].

1.6.1.2 Расчет флотатора

Флотация – способ очистки, основанный на удалении загрязнений с помощью пузырьков воздуха. Всплывая, пузырьки захватывают частицы примесей, в том числе масла и нефтепродукты, и выносят их на поверхность

воды, образуя там пленку или пенный слой, который затем снимается специальными пеносборными механизмами.

Вода после предварительной очистки от крупных загрязнений может содержать большие количества нефтепродуктов в виде маленьких капель, а также мелкие частицы минерального происхождения. Для очистки от таких загрязнений возможно применение флотаторов.

Стоки подаются на очистку в «ФДП» с помощью погружного насоса. Такая «проточная» схема позволяет регулировать производительность аппарата и не требует установки дополнительных накопительных емкостей, а сам флотатор можно установить практически на любом расстоянии и высоте от источника образования сточных вод. При залповом сбросе сточных вод не происходит проскока неочищенной воды.

Первая ступень флотации имеет отстойную зону, что позволяет подавать воду на очистку без предварительного отстаивания, что значительно упрощает схему очистных сооружений. При этом отсутствие фильтрующих элементов делает оборудование простым и надежным в эксплуатации. Конструкция флотаторов позволяет использовать химические реагенты (коагулянты, флокулянты), что значительно увеличивает степень очистки воды [4].

Таблица 14 - Эффективность очистки на флотаторе ФДП-4К

Загрязнения	Допустимые концентрации загрязнений сточной воды на входе, мг/л	Эффективность очистки, %, не менее
Взвешенные вещества	5000	90
Нефтепродукты	1000	96
Жиры	5000	90
ХПК	5000	60
БПКполн	2500	60

ПАВ*	300	60
------	-----	----

Таблица 15 - Технические характеристики

Параметры	Размерность	Значение параметров и характеристик
Производительность	$м^3/ч$	18,0–22,0
Габаритные размеры		
— длина	$мм$	6 790
— ширина	$мм$	2 392
— высота	$мм$	3000
Масса сухая, не более	$кг$	3 650
Напряжение питания	$В$	3Ф~380
Установочная мощность	$кВт$	14,0

Рабочее давление воды $P_p = 5 \text{ атм}$. Коэффициент, учитывающий степень недостижения равновесия, $f = 0.8$.

Среднее расчетное атмосферное давление $P = 750 \text{ мм. рт. ст.}$

Диаметр пузырей воздуха во флотаторе принимать $d_{п} = 100 - 200 \text{ мкм}$.

Скорость движения воды во флотаторе $W_{ф} = 10 - 20 \text{ м/ч}$, а в отстойнике $W_o = 4 - 6 \text{ м/ч}$.

Количество пены, образующейся при флотации – 20% от общего объема воды.

Пена из лотка отсасывается насосом, скорость движения пены по лотку в трубе отсоса $W_{п} = 2 \text{ м/с}$.

Объем воды в рецикле

$$Q_{\text{рец}} = R \cdot Q = 0.5 \cdot 234,3 = 117,15 \text{ м}^3 / \text{ч} \quad (1.6.1.2.1)$$

Определяем объем воздуха, необходимого для насыщения воды рецикла газом

$$V_{\text{возд}} = 1.3 \cdot \epsilon \cdot (f \cdot p - 1) \cdot Q_{\text{рец}} = 1.3 \cdot 22.4 \cdot (0.8 \cdot 5 - 1) \cdot 117,15 \cdot \frac{10^{-6}}{10^{-3}} = 10,23 \text{ м}^3 / \text{ч} \quad (1.6.1.2.2)$$

Концентрация воздуха в воде

$$C_{\text{возд}} = \frac{V_{\text{возд}}}{Q_{\text{рец}}} = \frac{10,23}{117,15} = 0.09 \text{ м}^3 / \text{м}^3 = 9\% \quad (1.6.1.2.3)$$

Общий объем флотатора

$$Q_{\text{общ}} = Q + Q_{\text{рек}} = 234,3 + 117,15 = 351,45 \text{ м}^3 / \text{ч} \quad (1.6.1.2.4)$$

Массовый расход на входе

$$G_{\text{ТВ}} = C_n^{\text{мс}} \cdot Q \cdot 10^{-3} = 7,4 \cdot 234,3 \cdot 10^{-3} = 1,73 \text{ кг} / \text{ч} \quad (1.6.1.2.5)$$

Объемный расход

$$Q_{\text{ТВ.ч.}} = \frac{G_{\text{ТВ}}}{\rho_{\text{ТВ.ч}}} = \frac{1,73}{1380} = 0,001 \text{ м}^3 / \text{ч} \quad (1.6.1.2.6)$$

$$C_{\text{мс.ч.}} = \frac{Q_{\text{ТВ.ч.}}}{Q_{\text{общ}}} = \frac{0,001}{351,45} = 0,00000357 = 0,357 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3 / \text{м}^3 = 0,00036\% \quad (1.6.1.2.7)$$

Скорость всплытия пузыря

$$r_n = \frac{d_n}{2} = \frac{150}{2} = 75 \text{ мкм} = 0.075 \cdot 10^{-3} \text{ м} \quad (1.6.1.2.8)$$

$$d_n = 150 \text{ мкм}$$

$$\mu_{жс} = 1.308 \cdot 10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с}$$

$$\rho_{жс} = 1000 \text{ кг/м}^3$$

$$\begin{aligned} V_{всп} &= \frac{1}{9} \cdot \left(\frac{g \cdot r_n^2}{\mu_{жс}} \right) \cdot \rho_{жс} \cdot \left[1 + C_{тв.ч.} \cdot \left(\frac{\rho_{тв}}{\rho_{жс} - 1} \right) - C_{возд} \right] \cdot 3600 = \\ &= \frac{1}{9} \cdot \left(\frac{9.81 \cdot (0.075 \cdot 10^{-3})^2}{1.308 \cdot 10^{-3}} \right) \cdot 1000 \cdot \left[1 + 0.357 \cdot 10^{-5} \cdot \left(\frac{1380}{1000 - 1} \right) - 0.09 \right] \cdot 3600 = 27,7 \text{ м/ч} \end{aligned}$$

Время пребывания пузыря в слое воды

$$\tau_{преб} = \frac{H}{V_{всп}} = \frac{3}{27,7} = 0.1 \text{ ч} = 6 \text{ мин} \quad (1.6.1.2.9)$$

Необходимый объем флотатора

$$V_{фл} = Q_{общ} \cdot \tau_{преб} = 351,45 \cdot 0.1 = 35,14 \text{ м}^3 \quad (1.6.1.2.10)$$

Устанавливаем 2 флотатора в системе очистки воды, поэтому

$$F_{\phi} = \frac{V_{\phi}}{2 \cdot H} = \frac{35,14}{2 \cdot 3} = 5,86 \text{ м}^2 \quad (1.6.1.2.11)$$

Выбираем флотатор цилиндрической формы

Диаметр флотатора

$$D_{\phi} = 1.13 \sqrt{F_{\phi}} = 1.13 \cdot \sqrt{5,86} = 2,74 \text{ м} \quad (1.6.1.2.12)$$

Принимаем $\varnothing 3 \text{ м}$ (стандартный)

Скорость движения жидкости во флотационной камере

$$F_{\text{стан}} = \frac{\pi \cdot D_{\phi}^2}{4} = \frac{\pi}{4} \cdot 3^2 = 7 \text{ м}^2 \quad (1.6.1.2.13)$$

Скорость жидкости

$$\omega_{\text{жс}} = \frac{Q_{\text{общ}}}{2 \cdot F_{\phi}^{\text{ст}}} = \frac{351,45}{2 \cdot 7} \cong 25 \text{ м/ч} \quad (1.6.1.2.14)$$

Скорость движения воды в отстойнике

Рекомендуемая скорость в отстойнике $W_{\text{отс}} = 4 \div 6 \text{ м/ч}$

Принимаем $W_{отс} = 5 \text{ м/ч}$

$$F_{отс} = \frac{Q_{общ}}{2 \cdot W_{отс}} = \frac{351,45}{2 \cdot 5} = 35,1 \text{ м}^2 \quad (1.6.1.2.15)$$

$$D_{отс} = 1,13 \sqrt{F_{отс} + F_{\phi}} = 1,13 \cdot \sqrt{35,1 + 7} = 7,33 \approx 7,5 \text{ м} \quad (1.6.1.2.16)$$

$$F_{отс} = \frac{\pi}{4} \cdot D^2 - F_{\phi л} = \frac{3,14}{4} \cdot 7,5^2 - 7 = 37,1 \text{ м}^2 \quad (1.6.1.2.17)$$

Расчитаем диаметр трубы для отвода пены. Количество пены, образующейся при флотации

$$Q_{пены} = \frac{0,2 \cdot Q_{общ}}{2} = \frac{0,2 \cdot 351,45}{2} = 35 \text{ м}^3 / \text{ч} \text{ на один флотатор} \quad (1.6.1.2.18)$$

Длина лотка

$$l_{лотка} = D_{\phi} - 0,1 = 7,5 - 0,1 = 7,4 \text{ м} \quad (1.6.1.2.19)$$

Диаметр трубы для отвода пены

$$D_{тр.п.} = 1,13 \sqrt{\frac{Q_{пены}}{W_{п} \cdot 3600}} = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{35}{2 \cdot 3600}} = 0,25 \text{ м} \quad (1.6.1.2.20)$$

Принимаем $\varnothing 250 \text{ мм}$

Удельная нагрузка на длину слива

$$L_{уд} = \frac{Q_{пены}}{l_{лотка}} = \frac{35}{7.4} = 4,7 \text{ м}^3/\text{м}\cdot\text{ч} \quad (1.6.1.2.21)$$

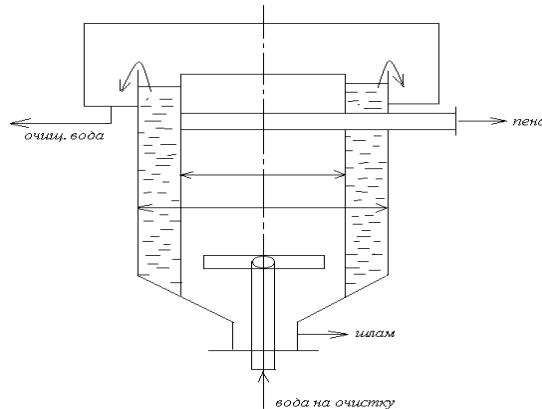


Рисунок 4 - Схема флотатора

Рассчитаем ороситель для подачи воды. Диаметр трубы для подачи воды определяется по формуле

$$D_{тр} = 1.13 \sqrt{\frac{Q_{общ}}{3600 \cdot W_{ж}}} = 1.13 \sqrt{\frac{351,45}{3600 \cdot 1}} = 0.25 \text{ м} = 250 \text{ мм} \quad (1.6.1.2.22)$$

Скорость жидкости в трубе, подаваемой насосом $W_{ж} = 1 \text{ м/с}$

Принимаем стандартный диаметр трубы $D_{тр} = 250 \text{ мм}$

Диаметр горизонтальных труб

Количество труб $n = 6$

$$D_{\text{тр}} = 1,13 \sqrt{\frac{Q_{\text{общ}}}{3600 \cdot W_{\text{ж}} \cdot n}} = 1,13 \sqrt{\frac{351,45}{3600 \cdot 1 \cdot 6}} = 0,1 \text{ м} = 100 \text{ мм} \quad (1.6.1.2.23)$$

Принимаем $D_{\text{тр}} = 50 \text{ мм} = 0,05 \text{ м}$

$$F_{\text{отв}} = \frac{\pi \cdot D_{\text{тр}}^2}{4} = \frac{3,14}{4} \cdot 0,05^2 = 0,00196 \text{ м}^2 \quad (1.6.1.2.24)$$

$$F_{\text{отв}}^{\text{всех}} = \frac{Q_{\text{общ}}}{3600 \cdot n \cdot W_{\text{ж}}} = \frac{351,45}{3600 \cdot 1 \cdot 6} = 0,0081 \text{ м}^2 \quad (1.6.1.2.25)$$

$$n_{\text{отв}} = \frac{F_{\text{отв}}^{\text{всех}}}{F_{\text{отв}}} = \frac{0,0081}{0,00196} \cong 4 \text{ отв} \quad (1.6.1.2.26)$$

Длина трубы для подачи воды

Диаметр оросителя $\varnothing 5000 \text{ мм}$

$$L_{\text{тр}} = \frac{D_{\text{ор}} - D_{\text{тр}}}{2} = \frac{5000 - 250}{2} = 2375 \text{ мм} \quad (1.6.1.2.27)$$

Шаг между отверстиями

$$t_{\text{отв}} = \frac{L_{\text{отв}}}{n_{\text{отв}} + 1} = \frac{2375}{4 + 1} = 475 \text{ мм} \quad (1.6.1.2.28)$$

2 Эколого-экономическое обоснование применения рекомендуемой технологии

С точки зрения экономической целесообразности внедрения предлагаемой схемы очистки нефтесодержащих сточных вод предприятий

нефтегазовых месторождений следует исходить из значительного снижения экологических платежей.

Так основные принципы исчисления размера вреда, причиненного водным объектам основаны на выявлении фактов нарушения водного законодательства, наступление которых устанавливается по результатам государственного контроля и надзора в области использования и охраны водных объектов на основании натуральных обследований, инструментальных определений, измерений и лабораторных анализов.

Исчисление размера вреда основывается на компенсационном принципе оценки и возмещения размера вреда по величине затрат, необходимых для установления факта причинения вреда и устранения его причин и последствий, в том числе затрат, связанных с разработкой проектно-сметной документации, и затрат, связанных с ликвидацией допущенного нарушения и восстановлением состояния водного объекта до показателей, наблюдаемых до выявленного нарушения, а также для устранения последствий нарушения.

2.1 Размер вреда от сброса загрязняющих веществ в составе сточных вод

Размер вреда, причиненного водному объекту сбросом загрязняющих веществ в составе сточных вод и (или) дренажных (в том числе шахтных, рудничных) вод, производится по формуле

$$Y = K_B \cdot K_{вг} \cdot K_{ин} \cdot \sum_{i=1}^n (H_i \cdot M_i) \cdot K_{из}, \text{ тыс.руб.} \quad (2.1.1)$$

где K_B – коэффициент, учитывающий экологические факторы (состояние водных объектов) (таблица 16);

$K_{вг}$ – коэффициент, учитывающий природно-климатические условия в зависимости от времени года (таблица 17);

$K_{ин}$ – коэффициент индексации, учитывающий инфляционную составляющую экономического развития;

H_i – таксы для исчисления размера вреда от сброс i -го загрязняющего вещества в водные объекты, тыс. руб./т;

M_i – масса сброшенного i -го загрязняющего вещества определяется по каждому загрязняющему веществу, т;

$K_{из}$ – коэффициент, учитывающий интенсивность негативного воздействия загрязняющих веществ на водный объект.

Таблица 16 – Коэффициент $K_в$, учитывающий экологические факторы состояния водных объектов

Наименование	Значение коэффициента $K_в$
Бассейн р. Енисей	1,36
Бассейн р. Обь	1,22
Бассейн Карского моря	1,23
Бассейн р. Лена	1,27
Бассейн моря Лаптевых	1,18
Бассейн о. Байкал, о. Байкал	2,80

Коэффициент $K_в$, установленный для бассейна водного объекта, увеличивается в случаях причинения вреда водным объектам, содержащим природные лечебные ресурсы, и особо охраняемым водным объектам, родникам, гейзерам – в 1,5 раза; болотам, ручьям, прудам, обводненным карьерам – в 1,3 раза; каналам – в 1,2 раза; ледникам и снежникам – в 1,4 раза.

Таблица 17 – Коэффициент $K_{вг}$, учитывающий природно-климатические условия в зависимости от времени года

Месяцы	Значение коэффициента $K_{вг}$
Июнь, июль, август	1,1
Сентябрь, октябрь, ноябрь, декабрь, январь, февраль	1,15
Март, апрель, май	1,25

Согласно «Методике исчисления размера вреда, причиненного водным объектам вследствие нарушения водного законодательства с изменениями от 26 августа 2015 года», коэффициент индексации, учитывающий инфляционную составляющую экономического развития, принимается на уровне накопленного к периоду исчисления размера вреда индекса-дефлятора по отношению к 2007 году, который определяется как произведение соответствующих индексов-дефляторов по годам по строке "инвестиций (капитальных вложений) за счет всех источников финансирования".

Коэффициент $K_{из}$ учитывает интенсивность негативного воздействия загрязняющих веществ на водный объект и устанавливается в зависимости от кратности превышения фактической концентрации загрязняющего вещества при сбросе на выпуске сточных вод над его фоновой концентрацией в воде водного объекта.

Коэффициент $K_{из}$ принимается: для загрязняющих веществ I и II классов опасности – в размере рассчитанной кратности превышения; для загрязняющих веществ III и IV классов опасности – равном 1 при превышениях до 10 раз; равном 2 при превышениях более 10 и до 50 раз; равном 5 при превышениях более 50 раз.

Размер вреда, исчисленный по формуле 2.1.1, уменьшается на величину фактической оплаты сверхнормативного или сверхлимитного (при его наличии) сброса загрязняющих веществ, который рассчитывается исходя из массы загрязняющих веществ [48].

Таблица 18 – Общие принципы для расчета массы веществ, превышающих ДК

Показатель	Результат измерений, $мг/дм^3$	Согласованный норматив ДК для сброса в водоем рыбохозяйственного назначения, $мг/дм^3$
Взвешенные вещества	33,4	10

Нефтепродукты	0,06	0,05
Железо общее	0,32	0,1
БПК _{полн}	137,4	3
ХПК	156	30

$$M_i = Q \cdot (C_{\phi} - C_{di}) \cdot T \cdot 10^{-6}, \quad (2.1.2)$$

$$M_{\text{бнк}} = 310 \cdot (137,4 - 3) \cdot 365 \cdot 24 \cdot 10^{-6} = 364,98 \text{ т/год}$$

$$M_{\text{взв}} = 310 \cdot (33,4 - 10) \cdot 365 \cdot 24 \cdot 10^{-6} = 63,55 \text{ т/год}$$

$$M_{\text{неф.нр}} = 310 \cdot (0,06 - 0,05) \cdot 365 \cdot 24 \cdot 10^{-6} = 0,027 \text{ т/год}$$

$$M_{\text{железо}} = 310 \cdot (0,32 - 0,01) \cdot 365 \cdot 24 \cdot 10^{-6} = 0,84 \text{ т/год}$$

$$M_{\text{ХПК}} = 310 \cdot (156 - 30) \cdot 365 \cdot 24 \cdot 10^{-6} = 342,16 \text{ т/год}$$

$$Y_{\text{БПК}} = 1,36 \cdot 3,78 \cdot 1,25 \cdot 5 \cdot (5 \cdot 364,98 \cdot 0,455) = 24678,5 \text{ тыс.руб/год}$$

$$Y_{\text{неф.нр}} = 1,36 \cdot 3,78 \cdot 1,25 \cdot 5 \cdot (280 \cdot 0,027 \cdot 27,55) = 6692 \text{ тыс.руб/год}$$

$$Y_{\text{взв.в}} = 1,36 \cdot 3,78 \cdot 1,25 \cdot 5 \cdot (63,54 \cdot 1,83) = 3736,02 \text{ тыс.руб/год}$$

$$Y_{\text{железо}} = 1,36 \cdot 3,78 \cdot 1,25 \cdot 5 \cdot (0,84 \cdot 13,775) = 371,78 \text{ тыс.руб/год}$$

$$Y_{\text{ХПК}} = 1,36 \cdot 3,78 \cdot 1,25 \cdot 5 \cdot (342,16 \cdot 34,435) = 378,56 \text{ тыс.руб/год}$$

$$\sum Y = 24678,5 + 6692 + 3736,02 + 371,78 + 378,56 = 35856,86 \text{ тыс.руб/год}$$

Ущерб за истощение источника р.Большая Хета рассчитывается по формуле

$$Y = K_e \cdot K_{ин} \cdot H_u \cdot Q_B, \quad (2.1.3)$$

$$Y = 1,36 \cdot 3,78 \cdot 5,8 \cdot 155,71 \cdot 24 \cdot 365 = 40670481,37 \text{ руб/год}$$

Таблица 19 – Размер экологического ущерба

Показатель	Фактический сброс, т/год	Размер экологического ущерба, тыс.руб
Взвешенные вещества	63,55	3736,02

БПК _{полн}	364,98	24678,5
Нефтепродукты	0,027	6692
Железо общее	0,84	371,78
ХПК	342,16	378,56

Совокупный ущерб, нанесенный водному объекту, составляет:

$$U_{\text{итого}} = 40670481,37 + 35856860 = 76527341,3 \text{ руб} / \text{год} = 76,53 \text{ млн.руб} / \text{год}$$

Таким образом, произведя расчет возмещения ущерба по традиционной схеме очистки и предлагаемой, очевидна эколого-экономическая эффективность внедрения сорбционного узла и узла кавитационной доочистки.

Прямое снижение эксплуатационных затрат в части экологических платежей составляет 76,53 млн. руб/год.

2.2 Расчет зоны санитарной охраны для очистных сооружений

Размеры санитарно-защитных зон для канализационных очистных сооружений следует применять по таблице 20.

Принимаем размер санитарно-защитной зоны 300м по периметру от здания локальной очистной станции [50].

Таблица 20 - Санитарно-защитные зоны для канализационных очистных сооружений

Сооружения для очистки сточных вод	Расстояние в м при расчетной производительности очистных
------------------------------------	--

	сооружений в тыс. м ³ /сутки			
	до 0,2	более 0,2 до 5,0	более 5,0 до 50,0	более 50,0 до 280
Насосные станции и аварийно-регулирующие резервуары, локальные очистные сооружения	15	20	20	30
Сооружения для механической и биологической очистки с иловыми площадками для сброженных осадков, а также иловые площадки	150	200	400	500

Окончание таблицы 20 - Санитарно-защитные зоны для канализационных очистных сооружений

Сооружения для очистки сточных вод	Расстояние в м при расчетной производительности очистных сооружений в тыс. м ³ /сутки			
	до 0,2	более 0,2 до 5,0	более 5,0 до 50,0	более 50,0 до 280
Сооружения для механической и биологической очистки с термомеханической обработкой осадка в закрытых помещениях	100	150	300	400
Поля:				
а) фильтрации	200	300	500	1000
б) орошения	150	200	400	1000
Биологические пруды	200	200	300	300

3 Технико-экономическое обоснование предлагаемой схемы очистки сточных вод

Размер капитальных вложений определялся по прайс-листам в текущих прогнозных ценах. Стоимость строительно-монтажных работ пересчитывается с учетом индексов в ценах на 1 квартал 2017г. Стоимость нового оборудования, трубопроводов, материалов выбирается по прайс-листам торговых фирм или производителей [35]. Результаты расчетов капитальных

вложений приведены в таблице 1 приложения 1. Сводный сметный расчет предлагаемой схемы представлен в таблице 2 приложения 1.

3.1 Расчет эксплуатационных затрат и оценка окупаемости проекта

Эксплуатационные затраты замкнутой системы очистки сточных вод определены с учетом технологии для двух схем очистки хозяйственно-бытовых и промышленных сточных вод, а также подготовки пластовой воды.

Годовые эксплуатационные расходы суммируются по отдельным элементам годовых затрат и определяются по формуле

$$C_{\text{Э}} = C_{\text{мат}} + C_{\text{з/п}} + C_{\text{эл}} + C_{\text{В}} + C_{\text{Т}} + C_{\text{ам}} + C_{\text{кр}} + C_{\text{тр}} + C_{\text{пр}}, \quad (3.1.1)$$

где $C_{\text{мат}}$ – стоимость основных материалов, *тыс. руб.*;

$C_{\text{з/п}}$ – заработная плата обслуживающего персонала с отчислениями на социальное страхование, *тыс. руб.*;

$C_{\text{эл}}$ – стоимость электроэнергии, *тыс. руб.*;

$C_{\text{В}}$ – стоимость воды, используемой на собственные нужды, *тыс. руб.*;

$C_{\text{Т}}$ – отчисления на тепло, *тыс. руб.*;

$C_{\text{ам}}$ – амортизационные отчисления, *тыс. руб.*;

$C_{\text{кр}}$ – затраты на капитальный ремонт, *тыс. руб.*;

$C_{\text{тр}}$ – затраты на текущий ремонт основных фондов и прочие расходы, *тыс. руб.*;

$C_{\text{пр}}$ – прочие расходы, *тыс. руб.*

Расчет отдельных элементов затрат эксплуатационных расходов базируется на исходных данных, разрабатываемых в различных разделах проекта:

- технологического – годовая потребность в отдельных видах материалов, воды на собственные нужды, численность обслуживающего персонала по отдельным категориям работающих;

- электротехнический-годовой расход электроэнергии, расчетная величина присоединяемой и заявленной мощности энергоприемников;

- теплотехнический-годовой расход тепловой энергии или топлива, вид теплоносителя или топлива, их параметры и марки.

Таблица 21 – Фонд оплаты труда

Квалификация сотрудника	Число рабочих, <i>шт</i>	Заработная плата (месячная), <i>тыс.руб.</i>	Заработная плата (годовая), <i>тыс.руб.</i>
Младший обслуживающий персонал (МОП)	9	8,2	1023,0
Техническая служба (ТС)	2	16,5	454,7
Инженерно-технический рабочий (ИТР)	1	41,2	568,3
Итого:	12	65,9	2046,0

Таблица 22 – ФОТ с учетом режима работы сотрудников

Квалификация сотрудника	Количество рабочих дней в году	Заработная плата (годовая), <i>тыс.руб.</i>
Младший обслуживающий персонал (МОП)	122	341,9
Техническая служба (ТС)	183	228,0
Инженерно-технический рабочий (ИТР)	240	373,7
Итого:		943,6

Стабилизационный фонд составляет 1102,4 *тыс.руб.*

Таблица 23 – Единые стимулирующие выплаты сотрудникам

Квалификация сотрудника	Стабилизационный фонд, тыс.руб.	«Капитал», тыс.руб	«Бонус», тыс.руб	Премияльная надбавка, тыс.руб.
Младший обслуживающий персонал (МОП)	681,1	408,6	272,4	2,5
Техническая служба (ТС)	226,7	136,0	90,7	3,8
Инженерно-технический рабочий (ИТР)	194,6	116,8	77,9	6,5
Итого:	1102,4	661,5	441,0	12,8

Показатели мощности электросилового оборудования представлены в таблице 24.

Таблица 24 – Показатели мощности электросилового оборудования

Наименование агрегата	Мощность, кВт	Количес тво	$\sum кВт$
Флотатор ФДП 4К	6	4	24
УФ-установка ОДВ-60С	1,85	1	1,85
Кавитатор горизонтальный	48	1	48
Кавитатор вихревой	120	1	120
Насос SP 95-4	18,5	2	37
Ультрафильтрационная установка	24	1	24
Насос Л	25,5	5	127,5
			382,35

Присоединяемая мощность по формуле:

$$\sum N^1 = \frac{P^0 \cdot K^0 \cdot \sum N}{\cos\varphi}, \quad (3.1)$$

где P^0 – коэффициент, учитывающий электроосветильную нагрузку, 1,5;

K^0 – коэффициент, учитывающий трансформаторный резерв, 0,7;

$\cos\phi$ – коэффициент мощности электродвигателя, 0,9;

$\sum N$ – сумма мощностей всех рабочих электроприемников, *кВт/ч*,
принимается по паспортным данным приборов.

$$\sum N^I = \frac{1,5 \cdot 0,7 \cdot 382,35}{0,9} = 446,075 \text{ кВт}.$$

Годовая потребленная мощность по формуле:

$$W = \sum N^I \cdot 24 \cdot 365, \quad (3.2)$$

$$W = 446,075 \cdot 24 \cdot 365 = 3907617 \text{ кВт} = 3907,6 \text{ МВт}.$$

Так как $\sum N < 750$ кВт·ч, тогда принимаем одноставочный тариф и стоимость электроэнергии определяем по формуле:

$$C_{\text{эл}} = \frac{T_1 \cdot W}{10^3}, \quad (3.3)$$

где T_1 – тариф на электроэнергию, *2,26 руб/кВт·ч*.

$$C_{\text{эл}} = \frac{2,26 \cdot 3907617}{10^3} = 8831,2 \text{ тыс.руб.}$$

Амортизационные отчисления за полное восстановления основных фондов очистного сооружения по формуле:

$$C_{\text{ам}} = \frac{N_i \cdot K_i}{100}, \quad (3.4)$$

где K_i – затраты на трубы, оборудование, здания, *тыс.руб*;

H_i – процент амортизации, 2,5% здания, 4,5% трубы, 8-10% оборудование.

Таблица 25 – Амортизационные отчисления

Наименование	Затраты K_i , тыс.руб	H_i , %	$C_{ам}$, тыс.руб.
Здание очистных сооружений	350,0	2,5	8,7
Трубопроводы	373,1	4,5	16,8
Оборудование	8647,4	8	692,0
Итого:	9370,5		717,5

Затраты на тепловую энергию по формуле:

$$C_T = \frac{Q_T \cdot T_{тэ}}{1000}, \quad (3.5)$$

где $T_{тэ}$ – цена за Гкал, 1762,3 руб.;

Q_T – количество теплоты потребляемое за отопительный сезон, Гкал.

Количество теплоты потребляемое за отопительный сезон по формуле:

$$Q_T = 24 \cdot T_0 \cdot \sum x_i \cdot a_i \cdot V_i \cdot (t_{ср} - t_n), \quad (3.6)$$

где T_0 – количество дней в году потребления тепловой энергии, 240 дней;

a_i – коэффициент нагрева помещения, 1,08;

t_n – наружная температура, -25°C ;

V_i – строительный объем здания, тыс.м³;

$t_{ср}$ – требуемая температура обогрева, $^{\circ}\text{C}$;

x_i – коэффициент потребления тепловой энергии зданий и сооружений, ккал/м³· $^{\circ}\text{C}$ ·ч.

Таблица 26 – Расчет количества теплоты потребляемое за отопительный сезон

Здания и сооружения	$\sum x_i$	$V_i, \text{ тыс. м}^3$	$t_{\text{ср}}, \text{ }^\circ\text{C}$	$Q_T, \text{ Гкал}$	$C_T, \text{ тыс.руб.}$
Здание очистных сооружений	0,39	1,05	0,35	34,67	61,1

Расчет стоимости ремонта

Стоимость капитального ремонта

$$C_{кр} = 0,1 \cdot 61458,6 = 6145,86 \text{ тыс.руб.}$$

Стоимость текущего ремонта

$$C_{тр} = 0,2 \cdot 8798,6 = 1759,7 \text{ тыс.руб.}$$

Стоимость ремонта

$$C_p = 6145,86 + 1759,7 = 7905,58 \text{ тыс.руб.}$$

Тариф на горячую воду учитывается в расчете тепловой энергии.

Таблица 27 – Расчет стоимости водоснабжения

Вид жидкости	Количество рабочих в сутки, чел	Норма q, л/сут	$Q_{\text{сн}}, \text{ м}^3/\text{сут}$	$T_{\text{вив}}, \text{ руб. м}^3$	Свив, тыс. руб	Свив (годовое), тыс. руб
Холодная вода	12	25	0,3	43,53	0,01306	4,7665

Прочие расходы принимаются в размере 20% от суммы амортизационных отчислений и заработной платы обслуживающего персонала

$$C_{пр} = 0,2 \cdot (717,5 + 2046,0) = 552,7 \text{ тыс.руб.}$$

Годовые эксплуатационные затраты определим по формуле:

$$C_{\text{э}} = C_{\text{з/п}} + C_{\text{эл}} + C_{\text{Виб}} + C_{\text{тэ}} + C_{\text{ам}} + C_{\text{р}} + C_{\text{пр}}, \quad (3.7)$$

где $C_{\text{з/п}}$ – заработная плата обслуживающего персонала с отчислениями на социальное страхование, *тыс.руб*;

$C_{\text{эл}}$ – стоимость электроэнергии, *тыс.руб*;

$C_{\text{Виб}}$ – стоимость водоснабжения, *тыс.руб*;

$C_{\text{пр}}$ – прочие затраты, *тыс.руб*;

$C_{\text{ам}}$ – амортизационные отчисления, *тыс.руб*;

$C_{\text{р}}$ – стоимость ремонта, *тыс.руб*;

$C_{\text{тэ}}$ – стоимость тепловой энергии, *тыс.руб*;

$$\begin{aligned} C_{\text{э}} &= 2046,0 + 8831,2 + 4,7665 + 61,1 + 717,5 + 7905,58 + 552,7 = \\ &= 20118,85 \text{ тыс.руб/год.} \end{aligned}$$

Приведенные затраты показывают экономическую эффективность реализуемого проекта по формуле:

$$П = K_{\text{п}} \cdot E + C_{\text{э}}, \quad (3.8)$$

где E – индекс дисконтирования, 12 %;

$K_{\text{п}}$ – капитальные вложения, *руб.*;

$C_{\text{э}}$ – эксплуатационные затраты, *руб.*

$$П = 61458,6 \cdot 0,12 + 20118,86 = 26293,89 \text{ тыс. руб}$$

Амортизационные отчисления по внедряемому оборудованию составляет:

$$AO = C_T \cdot \frac{1}{СПИ}, \text{ руб.}, \quad (3.9)$$

где C_T – стоимость оборудования, рублей;
 СПИ – срок полезного использования.

$$AO = 8647357,5 \cdot \frac{1}{10} = 864735,75 \text{ руб.}$$

Определяем простой срок окупаемости на микроуровне[55]:

$$PP = \frac{C_T}{\mathcal{E}_n + AO}, \text{ год}, \quad (3.10)$$

где \mathcal{E}_n – экономический эффект от внедрения схемы, руб.

$$PP = \frac{8647357,5}{76500000 + 864735,75} = 0,112 \text{ год}$$

Таким образом, простой срок окупаемости на микроуровне составит 1
 месяц.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения бакалаврской работы, была рассчитана замкнутая схема очистки сточных вод с компоновкой локальных очистных сооружений с максимально возможным заданным эффектом очистки стока. В аппаратном оформлении для очистки промливневых сточных вод предложено: тонкослойный отстойник с нефтеловушкой, сорбционный фильтр, кавитатор;

- для очистки хозяйственно-бытовых сточных вод: решетка, отстойник с ламинарным модулем, лопастной кавитатор, биореактор с ершовой загрузкой, ультрафильтрационные аппараты, УФ установка;

- для подготовки пластовой воды: УППВ с флотационным блоком и блоком гидроциклонов

- а также: резервуар-усреднитель, шламоуплотнитель.

В процессе исследования и подготовки проекта разработан способ получения и активации сорбента на основе глиежа со стабильно высокой эффективностью, разработан способ очистки сточных вод буровых растворов нефтегазовых месторождений загрязненных нефтепродуктами, с использованием сорбционной технологии с кавитационной активацией, а также обоснована эколого-экономическая целесообразность применения

рекомендованной технологии на основе снижения экологических платежей (на 76,5 млн.руб в год) и возможностью использования очищенных стоков в качестве пластовых вод.

Таким образом, внедрение цикла «нулевого сброса» позволил сократить нагрузку на территорию со сложными природно-климатическими условиями, сократить объемы воды из подземного источника, благодаря использованию стоков от хозяйственно-бытовой и промливневой канализации, а также решить проблему с его утилизацией.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Абрамов, Н. Н. Водоснабжение : учебное пособие / Н.Н. Абрамов. - Москва : Стройиздат, 1982. – 440 с.
2. Александров, А.А. Монтаж систем внешнего водоснабжения и канализации : справочник монтажника / А.А. Александров – Москва: Стройиздат, 1988. – 576 с.
3. Алексеев, Е. В. Водоотведение и водная экология : учебн. пособие / Алексеев Е.В., Саломеев В.П., Залетова Н.А., Алексеев С.Е., Гогина Е.С., Ружицкая О.А. - Москва : АСВ, 2016. – 240 с.
4. Алексеев, Е.В. Очистка сточных вод флотацией. Основы технологии и применение : монография / Алексеев Е.В. - Москва : АСВ, 2015. – 160 с.
5. Арсенов, В. Г. Водоснабжение : курс лекций / В.Г. Арсенов. – Иваново : ИГЭУ, 2002.
6. Асонов, А. М. Расчет сооружений очистки городских сточных вод (механическая и био-химическая очистки) : учеб. пособие / А. М. Асонов – Екатеринбург : Изд-во УрГУПС, 2009. – 68 с.
7. Баженов, В. И. Водоснабжение и водоотведение : учебник и практикум / Павлинова И.И., Баженов В.И., Губий И.Г : Юрайт, 2016. - 380 с.
8. Башаров, М. М. Устройство и расчет гидроциклонов : учеб. пособие / М. М Башаров, О.А. Сергеева; под редакцией А.Г. Лаптева - Казань : Вестфалика, 2012. – 92 с.
9. Беликова, С. Е. Справочник. / под ред. д.т.н., действительного члена Академии промышленной экологии С.Е. Беликова. М.: Аква-Терм, 2007. – 240с.
10. Белоконев, Е. Н. Водоотведение и водоснабжение : учебн. пособие / Е. Н. Белоконев, Т. Е. Попова, Г. Н. Пурас. - Ростов-на-Дону : Феникс, 2009. – 379 с.

11. Булчаев, Н. Дж. Разработка и исследование технологий и технических средств для поддержания пластового давления нефтяных месторождений : автореферат дис. ... канд. техн. наук : 25.00.17 : защищена 27.12.2013 / Н. Дж. Булчаев ; науч. рук. А. В. Минеев ; Сиб. федер. ун-т. - Тюмень, 2013. – 23 с.
12. Ветошкин, А. Г. Инженерная защита водной среды : учебное пособие / А. Г. Ветошкин. - Санкт-Петербург ; Москва ; Краснодар : Лань, 2014. – 416 с.
13. Воронов, Ю. В. Водоотведение : учебн. пособие / Ю. В. Воронов, Е.В. Алексеев. – Москва : ИНФРА-М, 2012. – 414 с.
14. Воронов, Ю. В. Водоотведение и очистка сточных вод : учебное пособие / Ю. В. Воронов - Москва : АСВ, 2009. – 760 с.
15. Гудков, А.Г. Биологическая очистка сточных вод: учебное пособие / А.Г Гудков. - Вологда: ВоГТУ, 2002. – 127 с.
16. Гудков, А.Г. Механическая очистка сточных вод : учебное пособие / А.Г Гудков. - Вологда: ВоГТУ, 2003. – 156с.
17. Гуринович, А.Д. Системы питьевого водоснабжения с водозаборными скважинами: планирование проектирование, строительство и эксплуатация : монография / А.Д. Гуринович. - Минск : Технопринт, 2004. - 244 с.
18. Дубровская, О. Г. Водоотведение и очистка сточных вод : учебно-методическое пособие / Л. В. Приймак, О. Г. Дубровская. – Электрон. дан. – Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2015. – 43 с.
19. Дубровская, О.Г. Кондиционирование сточных вод энергетических систем и комплексов / О.Г. Дубровская, В.В Евстигнеев, В.А Кулагин, Journal of Siberian Federal University. Engineering & Technologies, 6 (2011 4). P 665–675.
20. Дубровская, О.Г. Ресурсосберегающие технологии обезвреживания и утилизации отходов предприятий теплоэнергетического комплекса Красноярского края: монография / О.Г. Дубровская, Л. В. Приймак, И. В. Андруняк - Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2014. – 164 с.
21. Дубровская, О.Г. Эколого-экономические проблемы систем водоснабжения и водоотведения. Эколого-экономическая оценка воздействия на водные объекты: учебно-методическое пособие / сост.: О. Г. Дубровская, Л. В. Приймак, И. В. Андруняк. – Электрон. дан. – Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2015. – 38 с.
22. Егоркина, Р. Ю. Разработка информационного и методического обеспечения мониторинга отходов нано- и микроэлектроники : дис. ... канд. техн. наук : 05.11.13 / Егоркина Регина Юрьевна. – Москва, 2010. – 137 с.
23. Жмаков, Е.В. Снижение экологических нагрузок на водные объекты северных территорий за счет интенсификации процессов очистки сточных вод / Е. В. Жмаков // Строительство и Архитектура – формирование среды жизнедеятельности. – Ачинск , 2016. – С. 137-1405. Кожинов, В.Ф. Очистка питьевой и технической воды : учебное пособие / В.Ф. Кожинов : Стройиздат, 2008. – 304 с.
24. Илясов, Г. А. Водоснабжение и водоотведение: учебное пособие / Г. А. Илясов. - Саратов : СГТУ, 1994. – 80 с.

25. Квеско, Б. Б. Методы и технологии поддержания пластового давления : учебное пособие / Б. Б. Квеско., Н. Г. Квеско. - Красноярск : СФУ, 2016. – 112 с.
26. Квеско, Б. Б. Разработка и эксплуатация газовых, газоконденсатных и нефтегазовых месторождений : учебное пособие / Б. Б. Квеско. - Красноярск : СФУ, 2016. – 203 с.
27. Колова, А. Ф. Водоснабжение и водоотведение : учебн. пособие / А. Ф. Колова, Т. Я. Пазенко. - Красноярск : ИПК СФУ, 2012. – 144 с.
28. Колова, А. Ф. Водоснабжение и водоотведение : учеб. пособие / А. Ф. Колова, Т. Я. Пазенко – Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2012. – 148 с.
29. Кулагин, В. А. Моделирование двухфазных суперкавитационных потоков : монография / В. А. Кулагин. – Красноярск : ИПЦ КГТУ, 2001. – 187 с.
30. Кулагин, В. А. Суперкавитация в энергетике и гидроэнергетике. – Красноярск : КГТУ, 2000. – 108 с.
31. Курганов, А. М. Организация отведение поверхностного стока с урбанизированных территорий : учебн. пособие / М. И. Алексеев., М. И. Курганов. – Москва : АСВ, 2000. – 352 с.
32. Лутошкин, Г. С. Сбор и подготовка нефти, газа и воды : учебник для студентов вузов / Г. С. Лутошкин. - Москва : Альянс, 2005. – 319 с.
33. Набиев, А. Т. Защита водных объектов от воздействия металлсодержащих сточных вод : дис. ... канд. техн. наук : 03.00.16 / Набиев Андрей Талибжанович. – Уфа, 2010. – 200 с.
34. Павлинова, И. И. Водоснабжение и водоотведение : учебн. пособие / И. И. Павлинова, В. И. Баженов, И. Г. Губий. - 4-е изд., перераб. и доп. - Москва : Юрайт, 2012. – 472 с.
35. Панибратов, Ю.П. Экономические расчеты в курсовом и дипломном проектировании: учебное пособие / Ю.П. Панибратов, Н.И. Барановская, А.А. Артамонов; СПб. гос. архит.-строит. ун-т. - СПб., 2011. – 96 с.
36. Самусь, О. Р. Водоснабжение и водоотведение с основами гидравлики : учебное пособие / О. Р. Самусь, В. М. Овсянников, А. С. Кондратьев. - М.-Берлин: Директ-Медиа, 2014. – 128 с.
37. Сомов, М.А. Водоснабжение : учебн. пособие / М. А. Сомов, М. Г. Журба, Ж. М. Говорова - Москва : АСВ, 2010. – 544 с.
38. Сомов, М. А. Водоснабжение : учебн. пособие / М. А. Сомов, Л. А. Квитка. - Москва : ИНФРА-М, 2012. – 286 с.
39. Харченко, Т. И. Разработка замкнутых систем водоочистки пластовых вод как основа экологической безопасности эксплуатации нефтяных месторождений / Т. И. Харченко // Строительство и Архитектура – формирование среды жизнедеятельности. – Ачинск , 2016. – С. 143-147.
40. Харченко, Т. И. Экологическая безопасность нефтегазопромысловых участков / Т. И. Харченко, Е. В. Жмаков, Э.А. Эльдарзаде // Региональная Энергетика и Энергосбережение. – Москва, 2017. – С. 2.
41. Шифрина, С.М. Справочник по эксплуатации систем водоснабжения, канализации газоснабжения / Под ред. С.М. Шифрина. – Л.: Стройиздат, 1976. – 385 с.

42. Эльдарзаде, Э. А. Использование очищенного промышленного и ливневого стока, как альтернативного источника водопользования предприятия / Э.А. Эльдарзаде // Строительство и Архитектура – формирование среды жизнедеятельности. – Ачинск, 2016. – С. 122-123.

43. Яковлев, С. В. Водоотведение и очистка сточных вод : учебн. пособие / С.В. Яковлев, Ю.В. Воронов. – Москва : АСВ, 2004. – 704 с.

44. Яковлев, С. В. Водоотведение и очистка сточных вод : учебн. пособие / С. В. Яковлев, Ю. В. Воронов. – Москва : АСВ, 2002. – 701 с.

45. Яковлев, С. В. Комплексное использование водных ресурсов : учебное пособие / С. В. Яковлев. – Москва : АСВ, 2005. – 384 с.

46. ГСН 81-05-02-2007 Сборник сметных норм дополнительных затрат при производстве строительно-монтажных работ в зимнее время. Издание 2-е, измененное и дополненное. Росстрой, Москва, 2007 – 66 с.40. СП 32.13330.2012 Канализация. Наружные сети и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 2.04.03-85 (с Изменением N 1)

47. ОСТ 39-225-88 Вода для заводнения нефтяных пластов. Требования к качеству (утв. приказом Министерства нефтяной промышленности от 28 марта 1988 г. N 147)41. СанПиН 2.1.4.1074-01. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. С изменениями 2010 (СанПиН 2.1.4.1074-01 с изм. 2010)

48. Об утверждении Методики исчисления размера вреда, причиненного водным объектам вследствие нарушения водного законодательства : приказ Минприроды России от 13 апреля 2009 г. № 87.

49. Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения : приказ Минсельхоза России от 13 декабря 2016 г. № 552.

50. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 «Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов. Новая редакция» (с изменениями на 25 апреля 2014 года)

51. СанПиН 2.1.5.980-00. 2.1.5. Водоотведение населенных мест, санитарная охрана водных объектов. Гигиенические требования к охране поверхностных вод. Санитарные правила и нормы" (утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 22.06.2000) (с изм. от 04.02.2011, с изм. от 25.09.2014)

52. СП 42.13330.2011 Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений. Актуализированная редакция СНиП 2.07.01-89*(с Поправкой)

53. СП 32.13330.2012 Канализация. Наружные сети и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 2.04.03-85* (утв. Приказом Минрегиона РФ № 636/11 от 29.12.2011).

54. Рекомендации по расчету систем сбора, отведения и очистки поверхностного стока с селитебных территорий, площадок предприятий и

определению условий выпуска его в водные объекты. Дополнения к СП 32.13330.2012. – Москва : ОАО «НИИ ВОДГЕО», 2014. – 92 с.

55. Саенко, И. А. Экономика отрасли : учебн. метод. пособие / И. А. Саенко., Е. В. Крелина., Н. О. Дмитриева. – Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2012. – 47 с.



СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
SIBERIAN FEDERAL UNIVERSITY



Разработка замкнутых систем оборотного водопользования как элемент концепции нулевого сброса

Выпускники:

Жмаков Е.В
Эльдарзаде Э.А
Харченко Т.И

Руководитель:

Дубровская О.Г

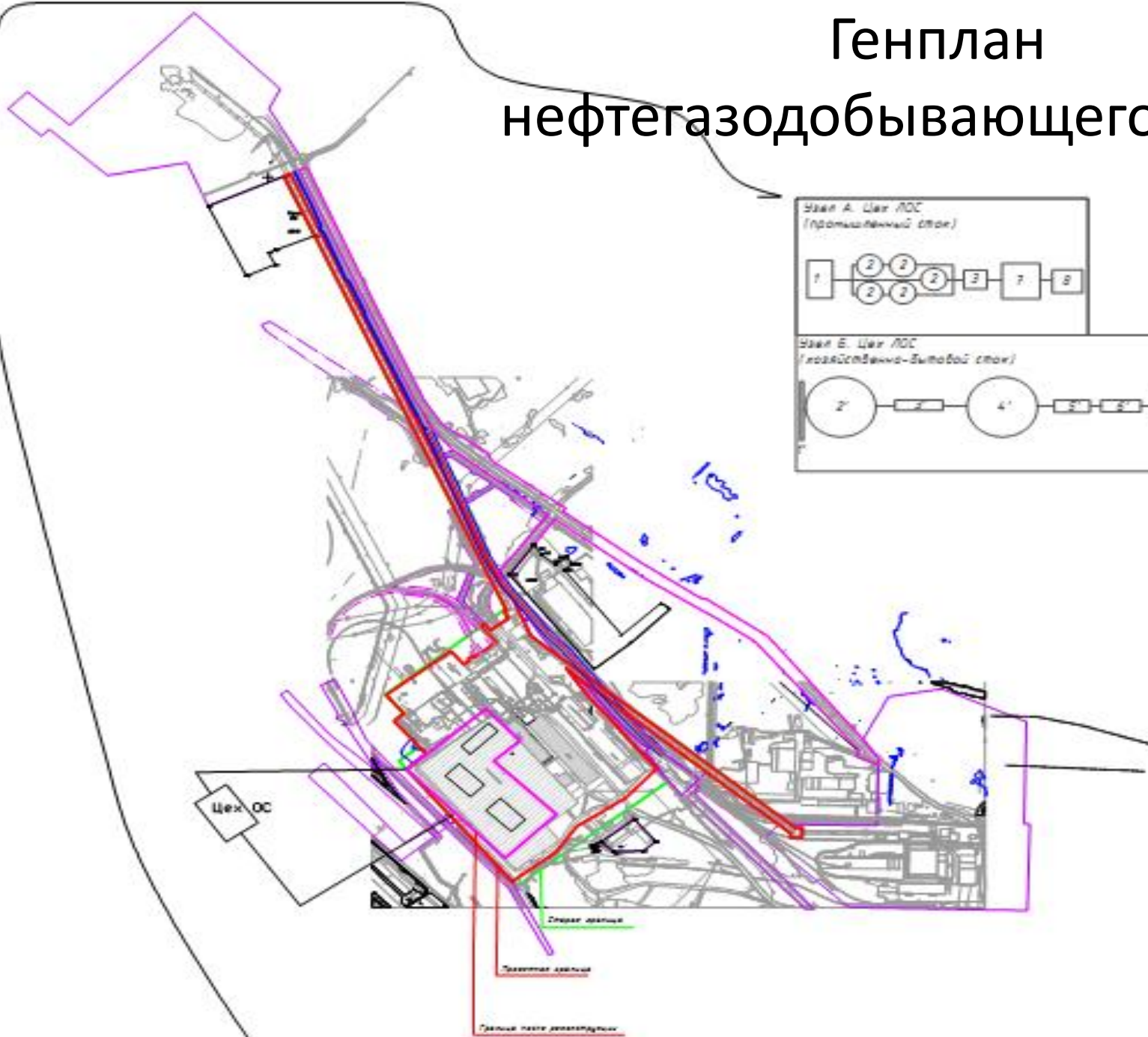


СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
SIBERIAN FEDERAL UNIVERSITY

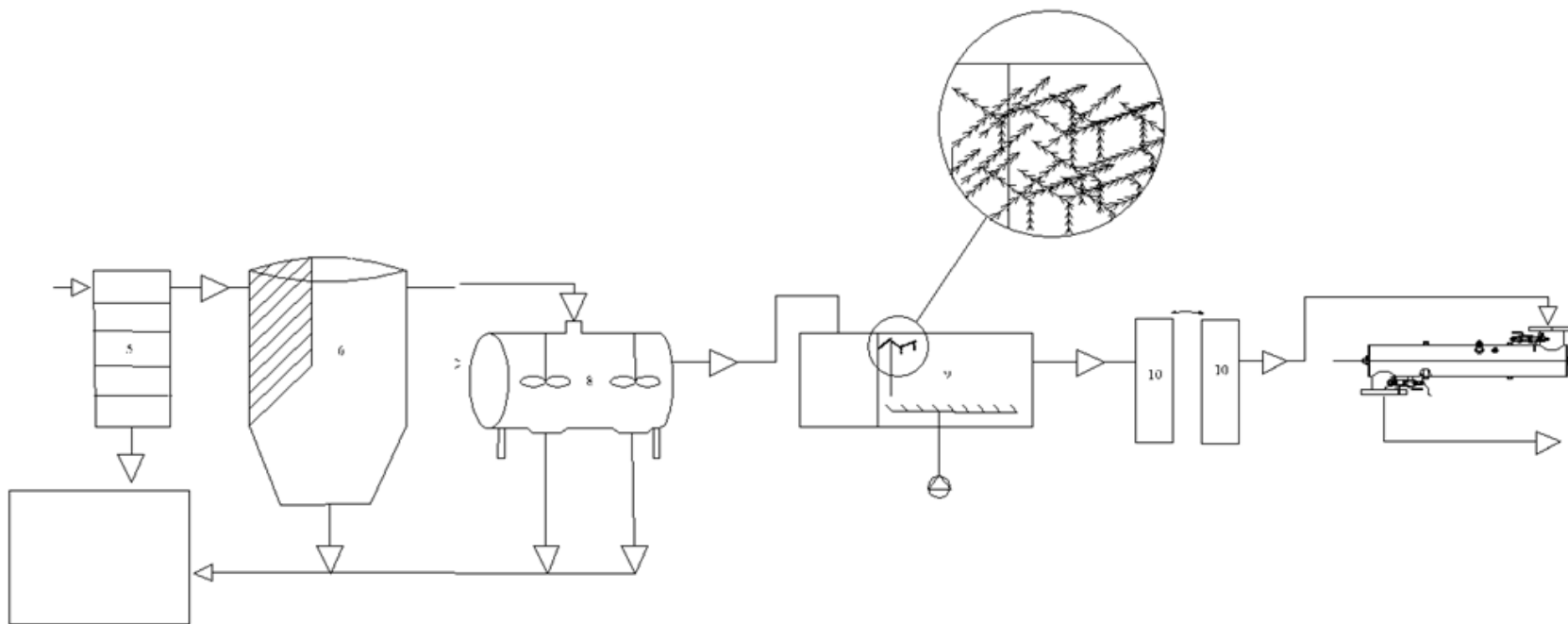


Расчет технологии очистки хозяйственно-бытовых сточных вод

Генплан нефтегазодобывающего участка



Технологическая схема очистки хозяйственно-бытовых сточных вод



Технологическая схема очистки хозяйственно-бытовых сточных вод

- 1 – Решетка;
- 2 – Отстойник с ламинарным модулем;
- 3 – Лопастной кавитатор;
- 4 – Биореактор с ершовой загрузкой;
- 5 – Ультрафильтрационные аппараты;
- 6 – УФ установка

№ пробы и ее характеристика	Показатель	Результат измерений, мг/дм ³	Норматив ПДК очищенной сточной воды, поступающей в водоем рыбохозяйственного назначения
<p>Наименование пробы – Очищенные промливневые и хозяйственно-бытовые стоки с опорной базы промысла (ОБП) Ванкорского месторождения.</p>	рН	7,2	6,0-9,0
	Взвешенные вещества	10	10
	Минерализация (сухой остаток)	130	Нормируется согласно категориям рыбохозяйственных водных объектов или его участков
	ХПК	156	30
	БПК ₅	96	2,1
	БПК _{полн}	137,14	3,0
	Растворенный кислород	0,5	4,0
	СПАВ	0,01	0,5
	Азот аммонийный	17,2	0,4
	Азот нитритный	1,18	0,2
<p>Место отбора пробы – Точка сброса очищенных стоков в реку Большая-Хета.</p>	Азот нитратный	2,36	9
	Хлориды	32, 3	300
	Сульфаты	10,0	100
	Фосфаты	7,3	0,2
	Кальций	40,04	1,9
	Нефтепродукты	0,06	0,05
	Железо общее	0,18	0,1
	Щелочность	4,07	7-9



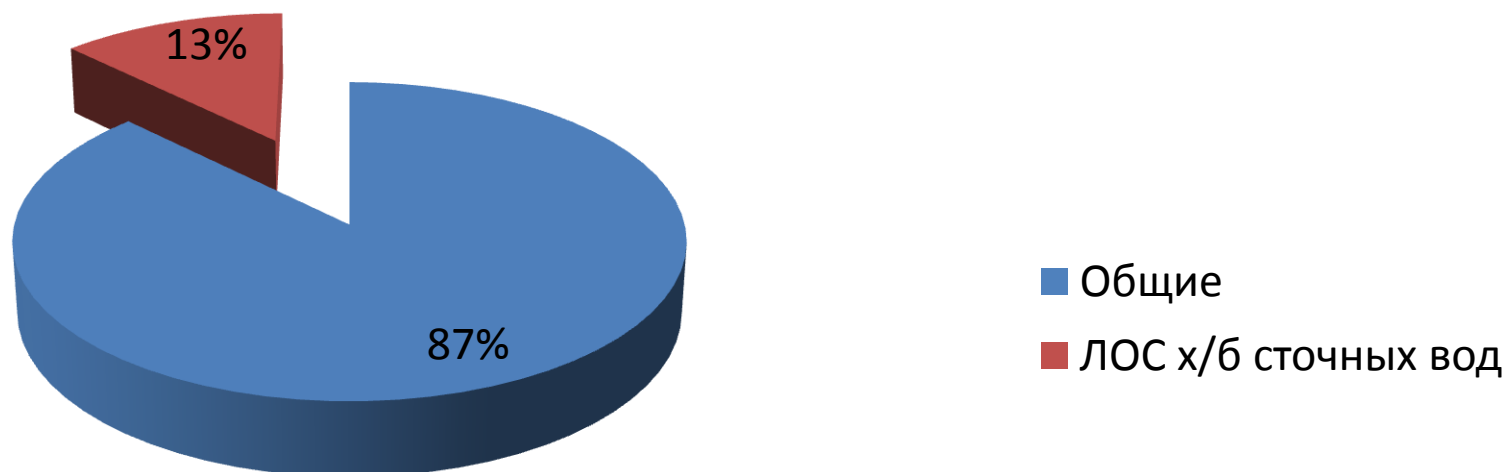
Диктующие сооружения

- Отстойник с ламинарным модулем
- Гидротермодинамическая кавитационная установка горизонтально-проточного типа
- Биореактор с ершовой загрузкой



Капитальные вложения на реконструкцию и модернизацию технологической схемы очистки х/б сточных вод составляют: 8,82 млн.руб

Капитальные вложения





СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
SIBERIAN FEDERAL UNIVERSITY



Расчет технологии очистки промышленных сточных вод



Классификация стока

Категория стока	Вид сточной воды	Расход, м ³ /сут
I	буровой шлам, отработанные буровые технологические жидкости и буровые сточные воды, образующиеся в процессе промывки скважины.	1538,25
II	буровые сточные воды (БСВ) образующиеся при обмыве буровой площадки и оборудования, система охлаждения оборудования.	3691,8
III	отработанные жидкости для вызова притока и глушения скважины, а также флюиды (пластовая вода, нефть, газ), полученные в процессе испытания.	922,95



Химический состав стока

Показатель	Результат измерений (С+Δ) мг/дм ³	Норматив
Водородный показатель (рН)	6.8±0,2	5,4-6,6
Азот аммонийный	-	Не более 0,02
Азот нитратный	3,35±0,39	Не более 0,2
Хлориды	45,86±0,36	Не более 0,02
Сульфаты	10,36±3,5	Не более 0,5
Кальций	56,85±0,4	Не более 0,8
Нефтепродукты	0,08±0,01	Не более 0,05
Железо общее	0,25±0,08	Не более 0,05



Технологическая схема

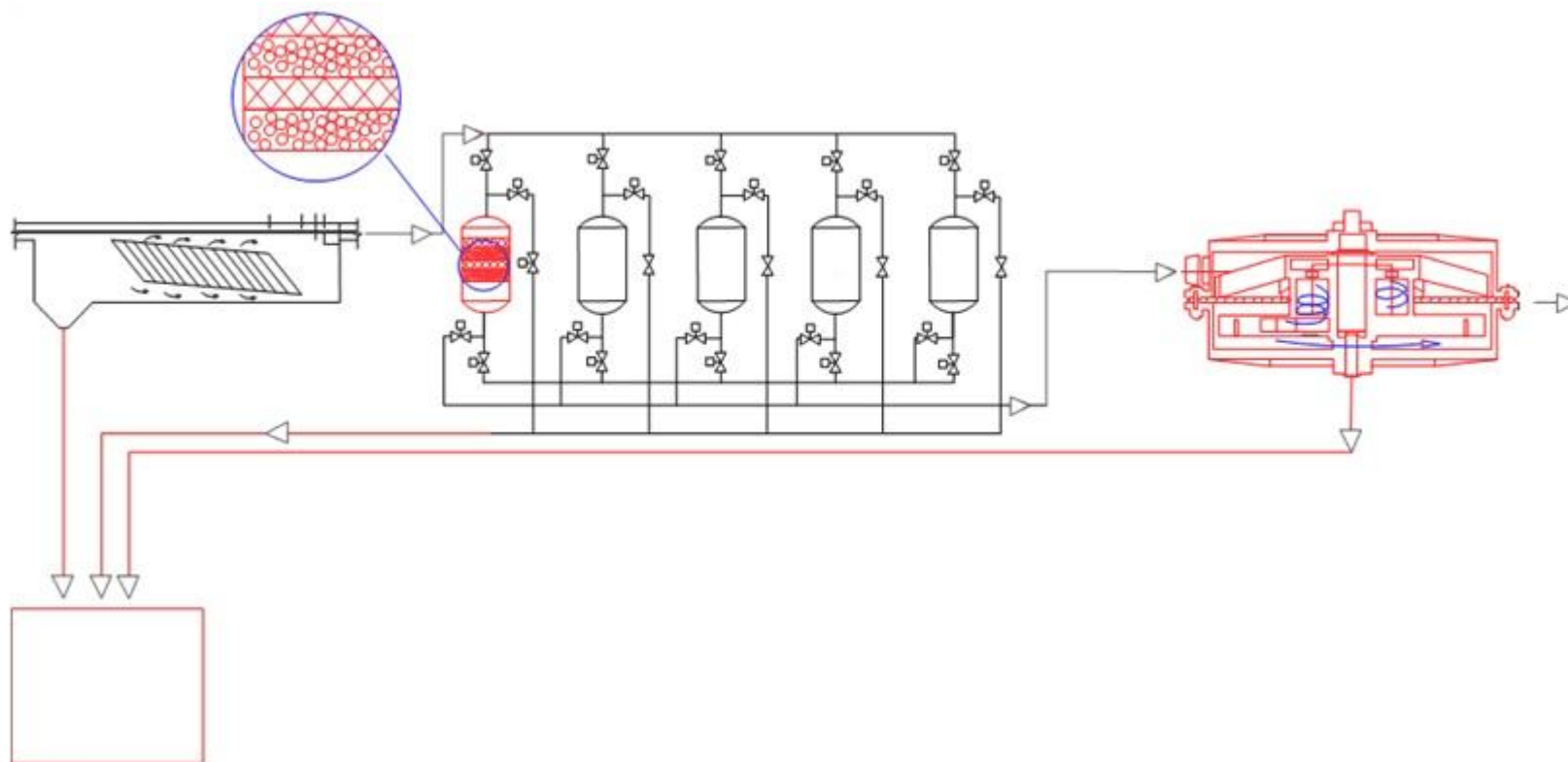


Схема очистки промышленного стока

- 1 – Тонкослойный отстойник с нефтеловушкой; 2 – сорбционный фильтр; 3 – кавитатор;
4 - шламоуплотнитель



Конструктивные параметры оборудования

- Модернизация отстойника совмещенного с нефтеловушкой, основным элементом которого является нефтесборный сорбирующий БОН.
- Внедрение кавитационной обработки.
- Фильтровально-сорбционный блок доочистки

Характеристика сорбента



Показатель	Глиеж термокислотной активации	Глиеж модифицированный кавитационной обработкой с режимом 3000 об/мин
Вид	Гранулы свободной формы, размером 1,15-1,3 мм, цвет от белого до кремового	Гранулы свободной формы, размером 0,03-0,3 мм, цвет от белого до кремового
Сорбционная емкость (поглощающая способность) по меди, мг / г	17,52 – 25,6	15,79 – 26,7
Температура применения, °С	+4...+25	+4...+25
Степень извлечения тяжелых металлов	81,2%	95,1%
Cu	64%	86,9%
Fe	86,6%	98,9%
Pb	92,9%	99,7%
Максимальная доза сорбента	5 - 12,8 г/л	5 – 9,4 г/л
Доза выгружаемого сорбента	0,7 мг/л	0,68 мг/л
Расчетная высота сорбционной загрузки в адсорбере	В зависимости от D сорбционного фильтра 0,80 – 1,50м	В зависимости от D сорбционного фильтра 0,45 – 0,60м

Эффективность схемы

№ линии	Исходная концентрация нефтепродуктов в воде	Условия фильтрации	Конечная концентрация (глиеж модифицированный кавитацией)	Эффект очистки (глиеж модифицированный кавитацией)
1	40 мг/дм ³	Нормальные условия(20±2°С)	5,32 мг/дм ³	86,7%
2	40 мг/дм ³	Нагрев(40±2°С)	5,32 мг/дм ³	86,7%
3	40 мг/дм ³	Охлаждение до +0,1...+0,4°С	5,32 мг/дм ³	86,7%

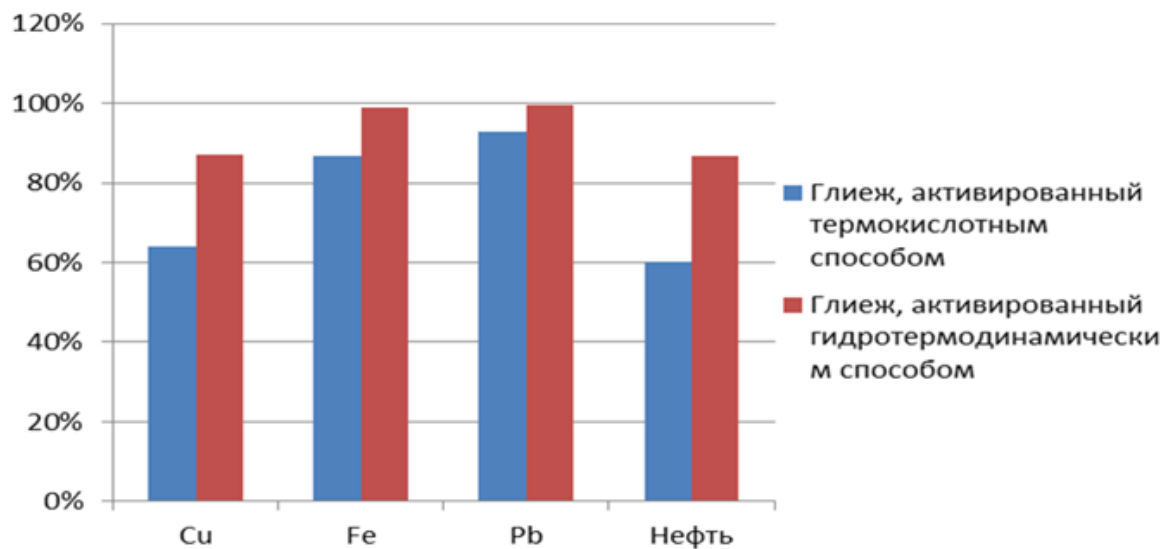
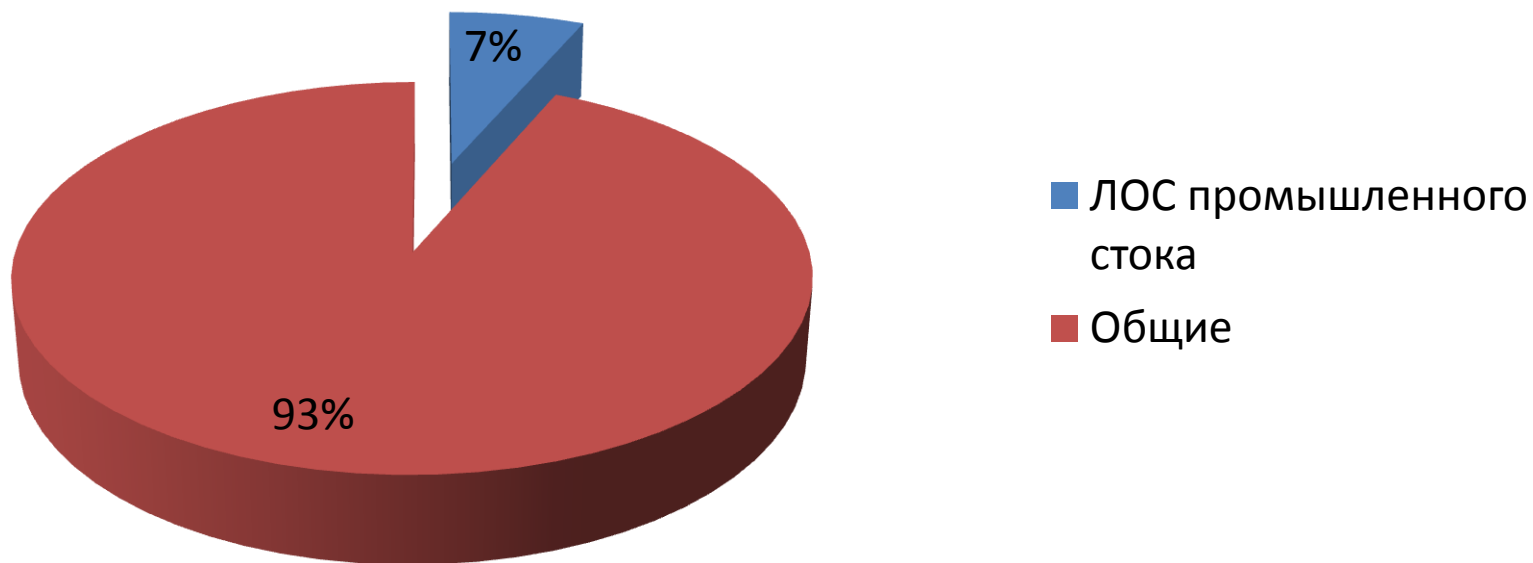


Рисунок - Эффективность очистки нефтесодержащих сточных вод



Капитальные вложение на реконструкцию и модернизацию технологической схемы очистки промышленных сточных вод составляют: 4,29 млн.руб

Капитальные вложения





СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
SIBERIAN FEDERAL UNIVERSITY



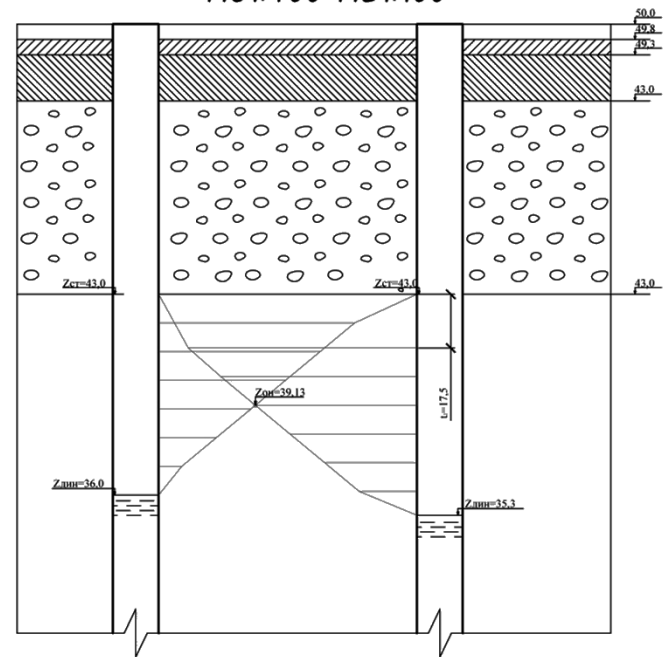
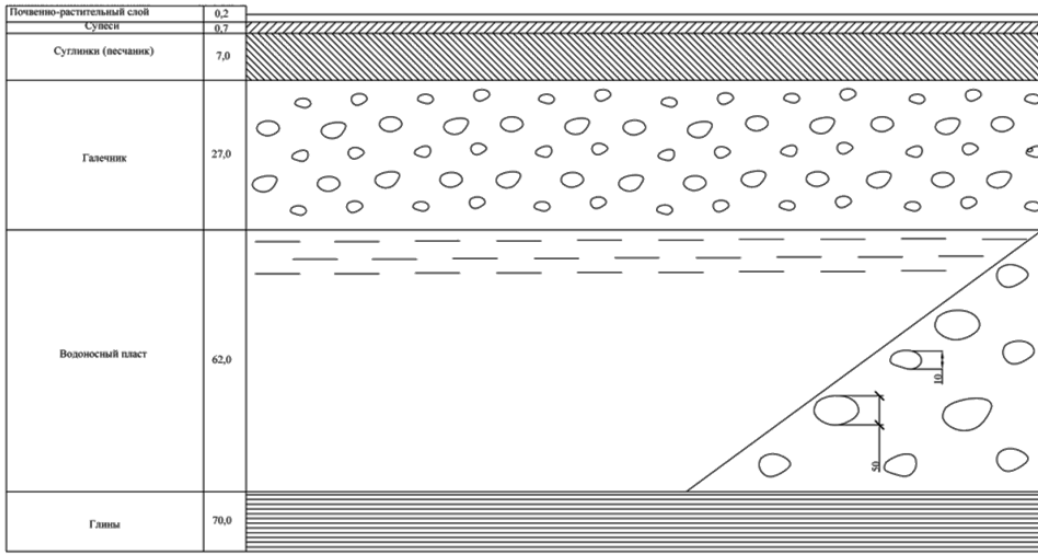
Общая система подготовки пластовой воды



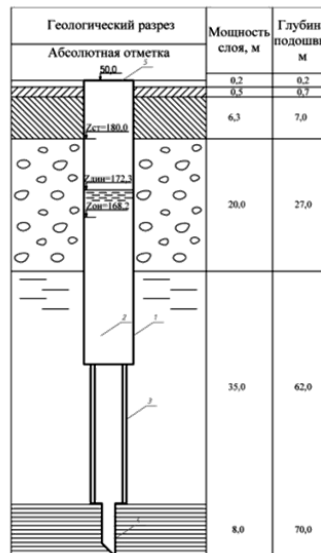
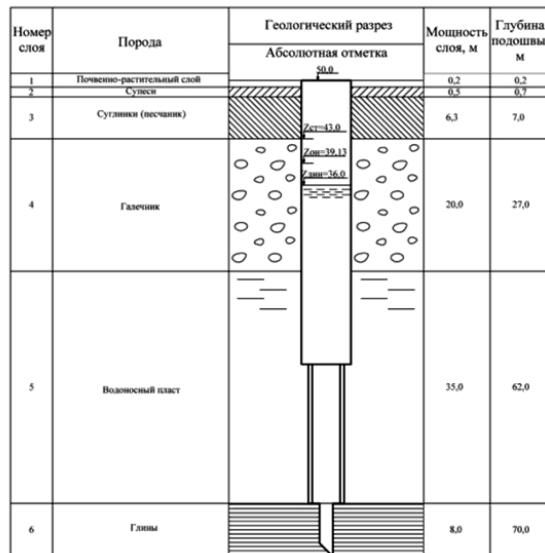
Устройство скважины

Влияние группового расположения скважин
МВ1:400 Мз1:100

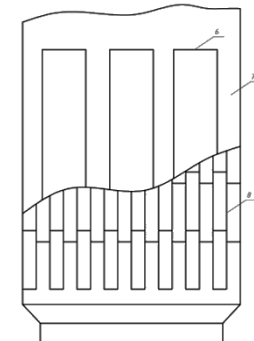
Профиль грунта М1:400



Геолого-технический разрез скважин М1:400

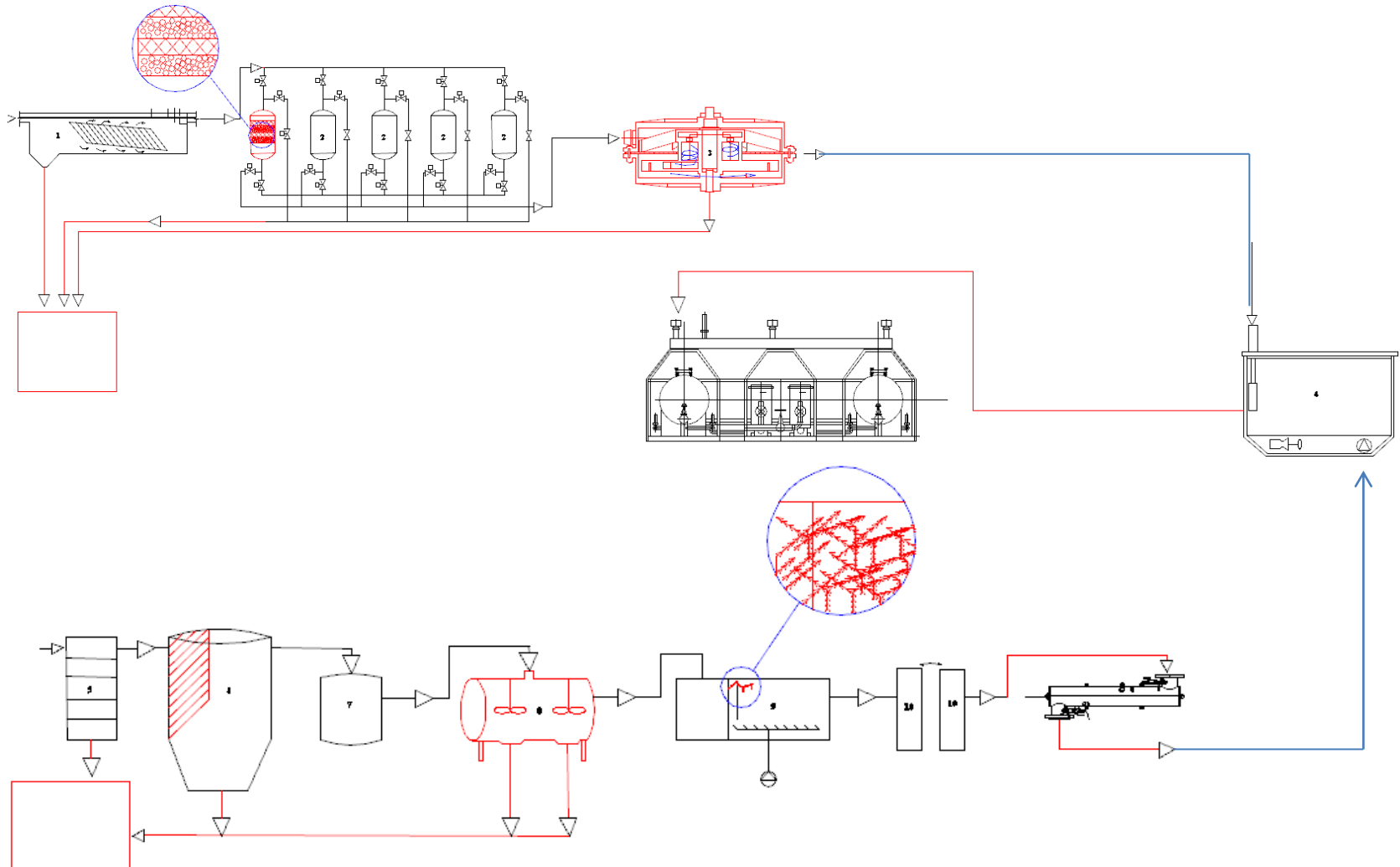


Фильтр-каркас
гравитационно-щелевого типа



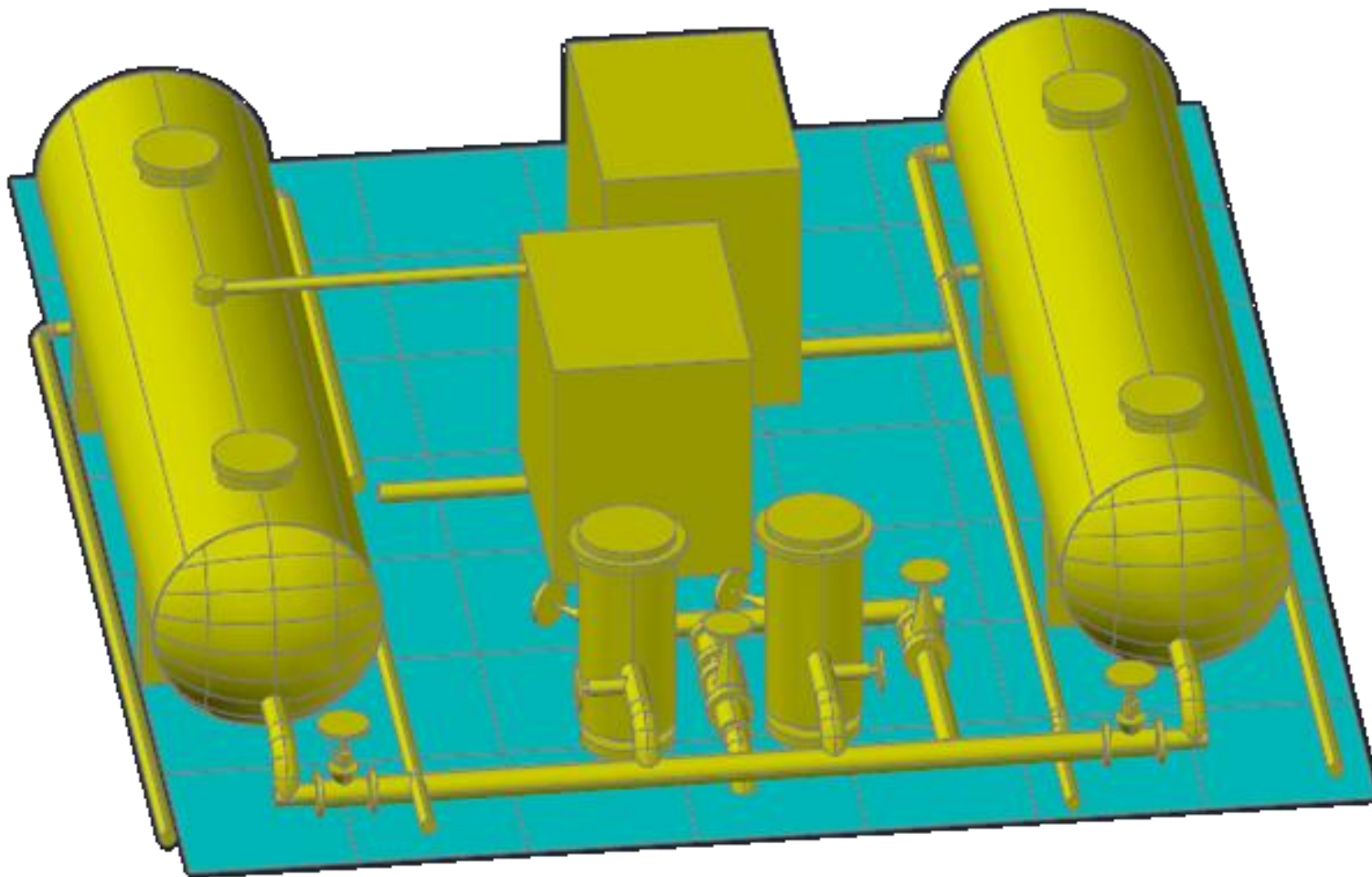


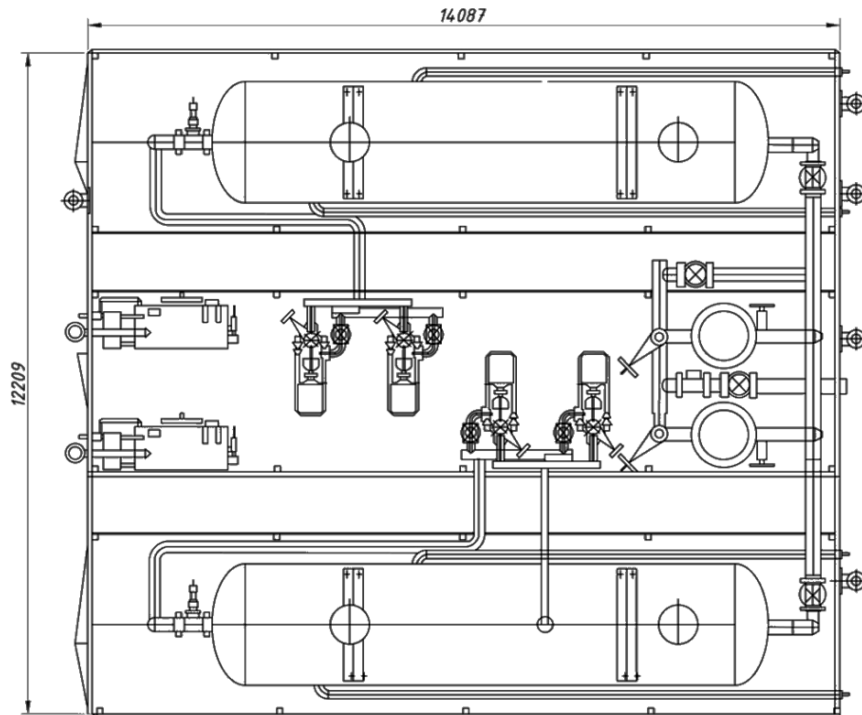
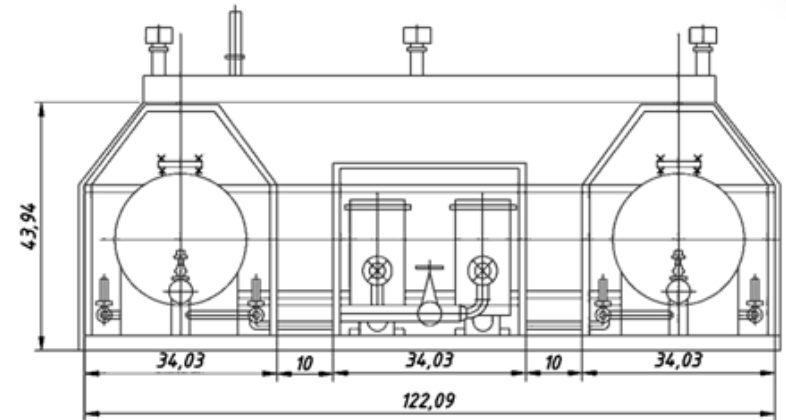
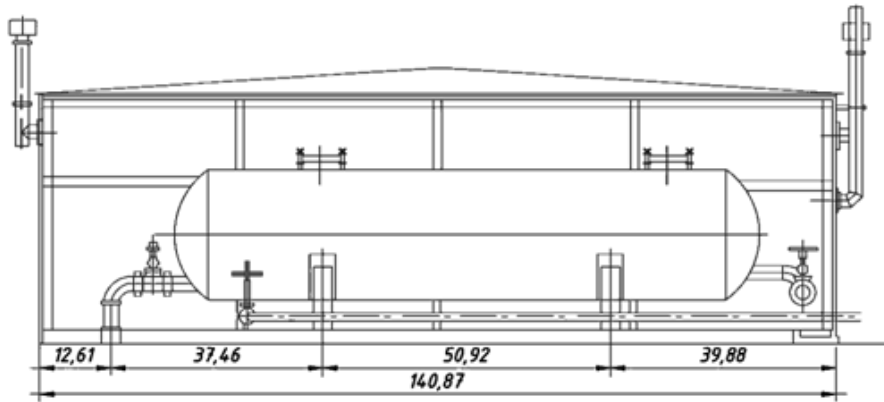
Объединенная обратная технологическая схема очистки хозяйственно-бытовых, промышленных и пластовых вод





Установка подготовки пластовой воды 3D модель



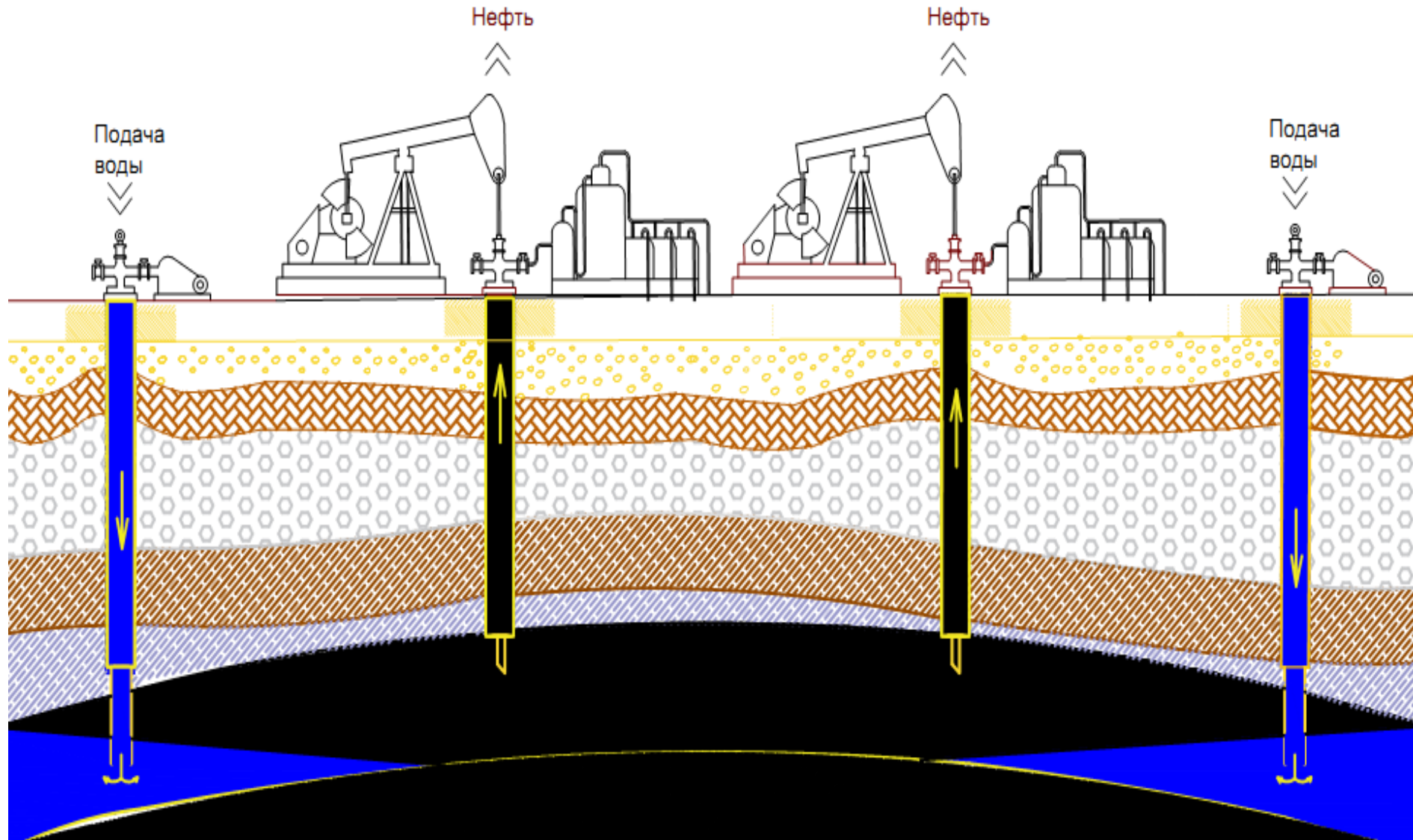


Технические характеристики

Эффективность	96%
Производительность	до 11000м ³ /сут
Габаритные размеры	14м x 12,2м
Рабочее давление	1,0 МПа



Законтурное заводнение пласта





Флотатор ФДП-4К

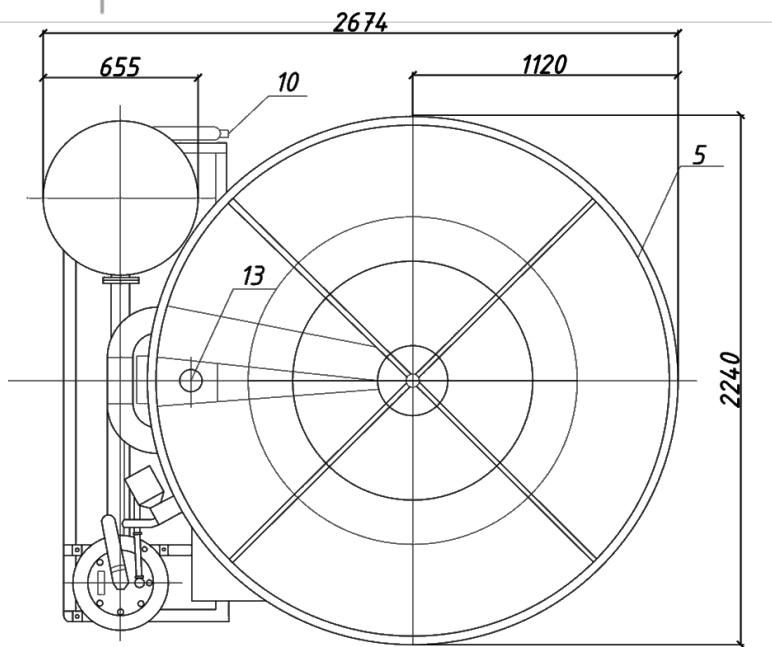
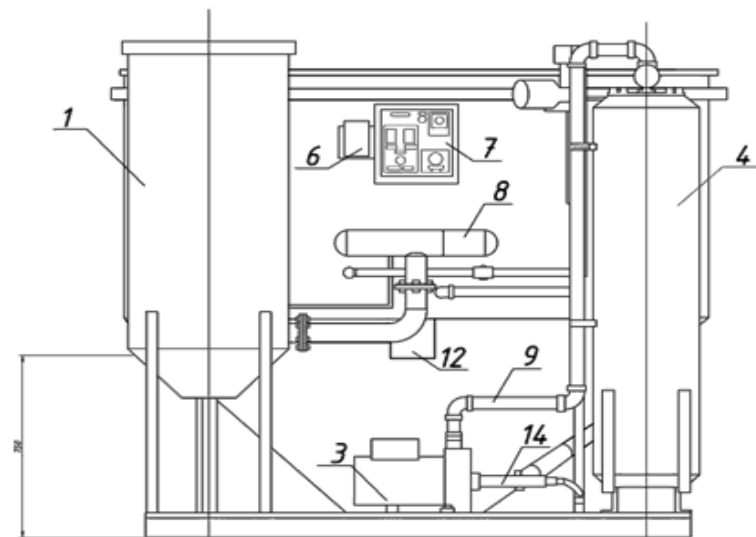
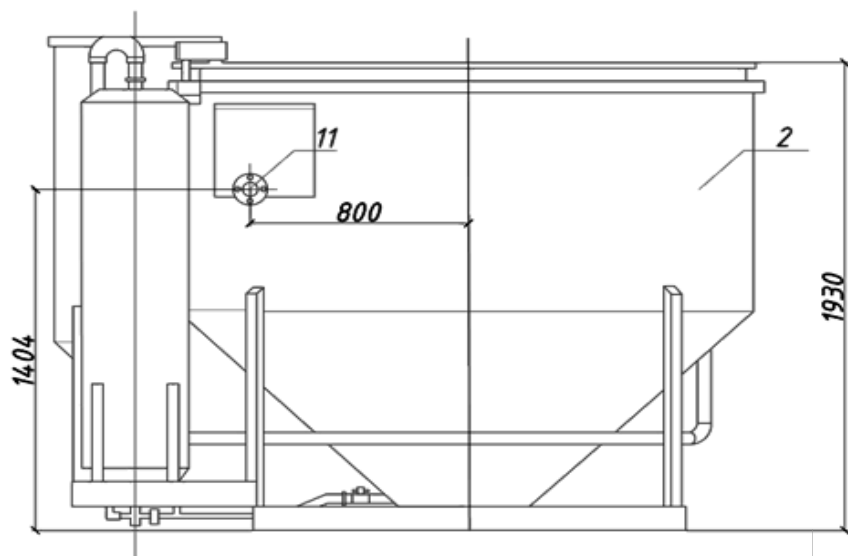


Технические характеристики

Производительность	22 м ³ /ч
Габаритные размеры	D = 3м, H = 1,6м
Установленная мощность	6 кВт
Эффективность	60%-96%



Габаритный чертеж двухступенчатого флотатора ФДП-4К
М 1:10



Поз	Назначение
1	Камера смешения
2	Ёмкость
3	Насосный агрегат
4	Сатуратор вертикального исполнения
5	Скребок-колесо
6	Блок автоматики
7	Пульт управления
8	Кольцевой перфорированный коллектор
9	Напорный трубопровод
10	Вход стоков
11	Выход обработанной воды
12	Выход шлама
13	Сброс осадка
14	Сливной трубопровод



Наименование загрязняющего вещества (класс опасности)	ПДК, мг/л	Такса Н, тыс руб/т	Масса сброшенного загрязняющего вещества М, т	Коэффициент К.,	Размер вреда от сброса загрязняющего вещества У, тыс руб
БПК _{полн}	3	0,455	364,98	5	24678,5
ХПК	30	34,435	342,16	5	378,56
Взвешенные вещества	10	1,83	63,55	5	3736,02
Нефтепродукты	0,05	27,55	0,027	5	6692
Железо общее	0,1	13,775	0,84	5	371,78
Сумма годового платежа за сброс загрязняющих веществ составляет 35,86млн руб					
Сумма годового платежа за истощение источника составляет 40,67млн руб					
Итого: 76,53млн руб					

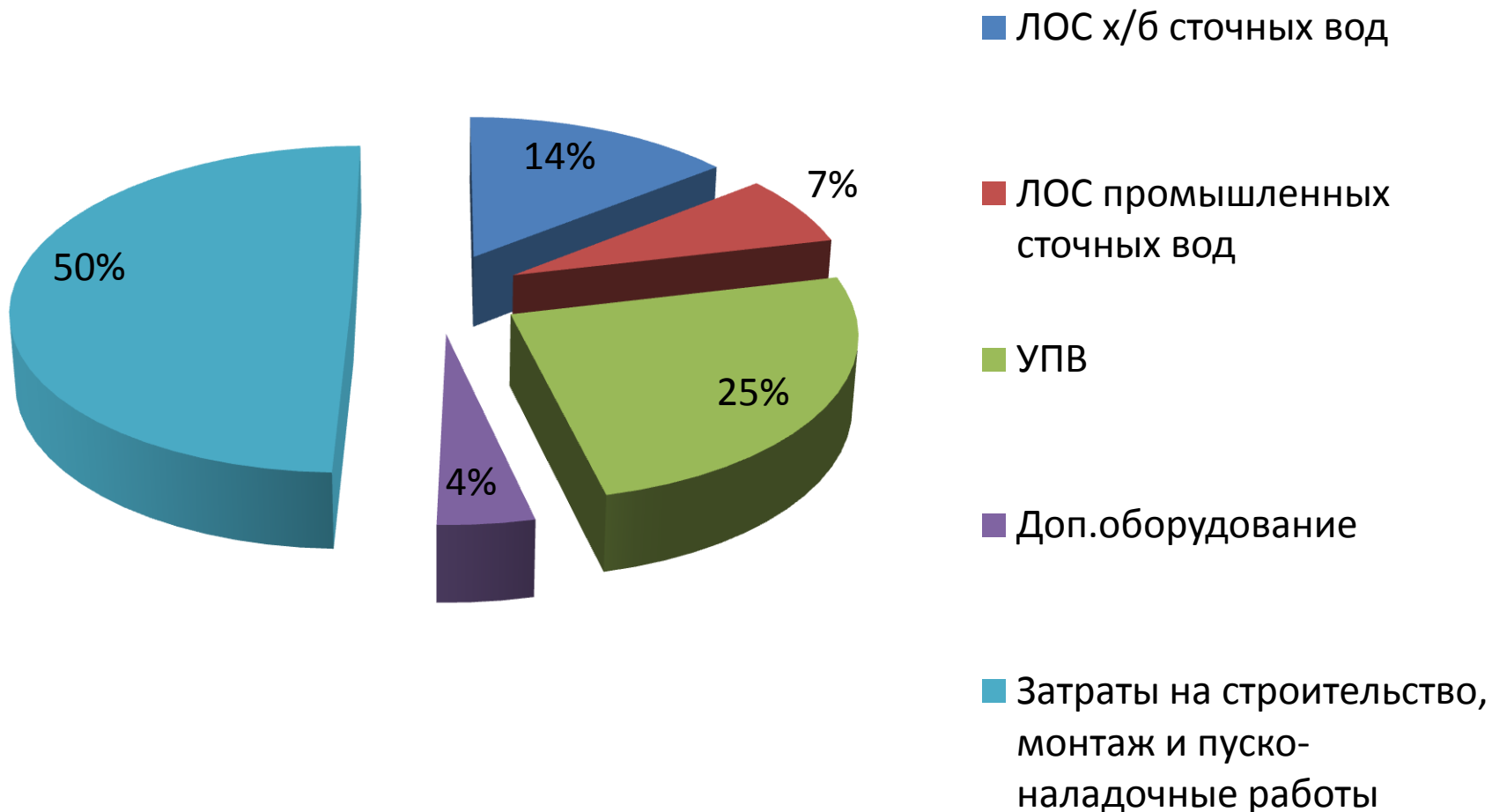
**Прямое
снижение
эксплуатационны
х затрат в части
экологических
платежей
составляет 76,53
млн. руб/ год.**

Показатель	Фактический сброс, т/год	Размер экологического ущерба, тыс.руб
Взвешенные вещества	63,55	3736,02
БПК _{полн}	364,98	24678,5
Нефтепродукты	0,027	6692
Железо общее	0,84	371,78
ХПК	342,16	378,56



Капитальные вложения на реализацию концепции «нулевого сброса»

Капитальные вложения





— Проектная граница

— Граница ЛОС до модернизации

— Граница ЛОС после модернизации

Сокращение площади под ЛОС на 30%

Эффективность проекта

