

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Тольяттинский государственный университет»

АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ  
(институт)

кафедра «Теплогазоснабжение, вентиляция, водоснабжение и водоотведение»

08.04.01 «Строительство»  
(код и наименование направления подготовки)

«Водоснабжение городов и промышленных предприятий»  
(наименование профиля магистерской программы)

**МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ**

на тему **«Совершенствование системы водоснабжения  
г. Жигулевск»**

Студент	<u>В.В. Перерва</u> (И.О. Фамилия)	_____
Научный руководитель	<u>В.М. Филенков</u> (И.О. Фамилия)	_____
Консультант	<u>И.А. Лушкин</u> (И.О. Фамилия)	_____

Руководитель программы к.т.н., доцент В.М. Филенков  
(ученая степень, звание, И.О. Фамилия) \_\_\_\_\_  
« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_\_ г. (личная подпись)

**Допустить к защите**

Заведующий кафедрой к.т.н., доцент М.Н. Кучеренко  
(ученая степень, звание, И.О. Фамилия) \_\_\_\_\_  
« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_\_ г. (личная подпись)

**Тольятти 2016 г.**

# СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1 АНАЛИЗ ЭЛЕМЕНТОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СХЕМ С КОНТАКТНЫМИ ОСВЕТИТЕЛЯМИ.....	6
1.1 Типы и конструктивные особенности контактных осветителей .....	6
1.1.1 Конструкции контактных осветителей.....	6
1.1.2 Водораспределительные системы контактных осветителей.....	9
1.1.3 Гранулометрический состав загрузки контактных осветителей.....	13
1.1.4 Фильтрующие материалы применяемые на контактных осветителях.	18
1.2 Технологические схемы с контактными осветителями .....	27
1.2.1 Традиционная технологическая схема очистки природных вод с контактными осветителями.....	27
1.2.2 Принципиальная технологическая схема применения озона и активных углей на водоочистных станциях с КО .....	29
1.2.3. Технологическая схема очистной станции с контактными осветителями и ультрафильтрационными блоками .....	36
2 ОЦЕНКА РАБОТЫ СУЩЕСТВУЮЩЕЙ СИСТЕМЫ ВОДОСНАБЖЕНИЯ ГОРОДА ЖИГУЛЕВСК .....	38
2.1 Характеристика водного объекта .....	38
2.2 Техническое состояние системы водоснабжения.....	39
3 РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЙ ПО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ РАБОТЫ ВОДОЗАБОРА И НФС ГОРОДА ЖИГУЛЕВСК.....	50
3.1 Рекомендации по рыбозащите .....	50
3.2 Выбор загрузки контактных осветителей на НФС г. Жигулевск .....	52
3.3 Обеззараживание воды на очистных сооружениях .....	59
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	68
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ .....	69

## **ВВЕДЕНИЕ**

**Актуальность работы.** Обеспечение населения чистой питьевой водой является важнейшим направлением социально-экономического развития России. В настоящее время водозаборные сооружения и станции водоподготовки большинства городов физически и морально устарели, требуется замена изношенного оборудования. Примером таких сооружений служит система водоснабжения г. Жигулевск. Срок эксплуатации водозабора и насосно-фильтрационной станции составляет более 50 лет. Модернизация системы водоснабжения г. Жигулевск позволит повысить качество подаваемой воды на очистку, снизив тем самым нагрузку на очистные сооружения.

**Целью работы** является разработка мероприятий по совершенствованию работы водозабора и насосно-фильтровальной станции г. Жигулевск.

**Объект исследования:** система водоснабжения г. Жигулевск.

**Предмет исследования:** водозаборные сооружения и насосно-фильтрационная станция г. Жигулевск.

**Для реализации цели поставлены следующие научно-технические задачи:**

- Оценка работы существующей системы водоснабжения г. Жигулевск;
- Анализ элементов технологических схем с контактными осветлителями;
- Исследование современных методов очистки и обеззараживания воды на станциях водоподготовки;
- Разработка мероприятий по совершенствованию работы системы водоснабжения г. Жигулевск.

**Научная новизна заключается в:**

– Обосновании необходимости совершенствования технологического оборудования на водозаборных сооружениях и насосно-фильтрационной станции г. Жигулевск;

– Разработке мероприятий по совершенствованию работы системы водоснабжения г. Жигулевск.

**Методы исследования.** Для решения поставленных задач использовались теоретические методы.

**Практическая значимость работы** заключается в том, что предлагаемые мероприятия по совершенствованию работы на водозаборных сооружениях позволят улучшить качество забираемой воды, снизив тем самым нагрузку на очистные сооружения, а мероприятия по совершенствованию работы на насосно-фильтрационной станции позволят более эффективно эксплуатировать очистные сооружения.

**Результаты исследования выносимые на защиту:**

- Рекомендации по рыбозащите на водозаборных сооружениях;
- Результаты выбора фильтрующей загрузки контактных осветлителей для насосно-фильтрационной станции г. Жигулевск;
- Мероприятия по обеззараживанию воды на насосно-фильтрационной станции г. Жигулевск.

**Апробация работы.** Основные положения диссертации опубликованы в следующих сборниках:

1. Анализ возможных технологических схем с контактными осветлителями / YOUNG ELPIT 2015. Международный инновационный форум молодых ученых в рамках V международного экологического конгресса (VII международной научно-технической конференции) «Экология и безопасность жизнедеятельности промышленно-транспортных комплексов ELPIT 2015 (Самара - Тольятти, Россия, 16-20 сентября 2015 г.): сб. науч. докл. / под ред. А.В. Васильева. - Самара: АНО «Издательство СНЦ». 2015. С. 61-65;

2. Пути совершенствования системы водоснабжения г.о. Жигулевск / Сборник докладов в конференции с участием предприятий, учреждений, организаций городского округа Тольятти «Проблемы экологии городского округа Тольятти и пути их решения», 25.11.2015 г., г.о. Тольятти: - Тольятти: Кассандра, 2015. С. 29-31.

**Личный вклад автора** состоит в обосновании темы, цели, задач и разработке мероприятий по совершенствованию работы водозаборных сооружений и насосно-фильтровальной станции г. Жигулевск.

**Структура и объем диссертации.** Диссертация состоит из введения, 3 глав, общих выводов, библиографии из 63 наименований. Общий объем работы 74 страниц, включая 24 иллюстрации и 7 таблиц.

# **1 АНАЛИЗ ЭЛЕМЕНТОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СХЕМ С КОНТАКТНЫМИ ОСВЕТИТЕЛЯМИ**

## ***1.1 Типы и конструктивные особенности контактных осветителей***

### ***1.1.1 Конструкции контактных осветителей***

Контактные осветители являются необычными сооружениями для осветления и обесцвечивания воды. Конструктивно контактные осветители (далее КО) похожи на фильтры с песчаной загрузкой. Песчаная загрузка укладывается непосредственно на дренажную систему, либо на слой гравия. Вода проходит через песчаную загрузку снизу вверх - в направлении уменьшения размеров зерен загрузки. Коагулянт добавляется в обрабатываемую воду до поступления ее в фильтр. Таким образом, наблюдается контактная коагуляция. При такой коагуляции коллоидные частицы налипают на зерна фильтрующей загрузки, что позволяет уменьшить дозировку коагулянта и, соответственно, общий его расход [1...3, 21...25].

Контактные осветители применяют в одноступенчатых установках с целью осветления маломутных и цветных вод (содержание взвеси не более 150 мг/л). Данные сооружения обеспечивают глубокую и эффективную очистку воды, обладая при этом высокой грязеемкостью. При увеличенной концентрации взвешенных веществ промывку КО необходимо производить часто, заметно увеличив использование воды на собственные нужды. Таким образом, наиболее рациональное применение контактных осветителей при следующих параметрах: среднегодовая мутность воды 30-50 мг/л, цветность 80-100 град. При этом максимальные концентрации загрязнений не должны наблюдаться более 30-50 сут. в год.

В КО реализованы принципы контактной коагуляции и фильтрования в направлении убывающей крупности зерен, позволяющие заметно увеличить грязеемкость сооружений. В отличие от скорых фильтров, на которые подается вода с уже сформировавшимися скоагулированными хлопьями взвеси, в КО процесс коагуляции протекает непосредственно в самом объеме фильтрующей загрузки. Даже при небольших дозах реагентов возникают огромные силы адгезии. Коагуляция протекает в несколько раз быстрее в слое зернистых материалов, нежели в свободном объеме. На процесс контактной коагуляции мало влияют температура и щелочность воды.

Для увеличения грязеемкости КО фильтрование осуществляется в направлении убывающей крупности зерен - снизу вверх. Известно, что размеры поровых каналов фильтрующей загрузки зависят от диаметра зерен - наибольшие каналы в крупнозернистом нижнем слое. В то же время наибольшая суммарная поверхность зерен, наоборот, наблюдается в слое из зерен малого размера - в верхних слоях загрузки. Эти обстоятельства создают наилучшие условия для повышения грязеемкости загрузки за счет фильтрования снизу вверх. При таком движении вся масса загрязненной воды проходит сначала нижние крупнопористые слои загрузки, что предотвращает закупорку поровых каналов крупными примесями - явление, часто наблюдаемое в скорых фильтрах.

При незначительной суммарной поверхности зерен нижнего слоя в нем задерживается основная часть загрязнений, некоторое количество проникает выше в среднезернистые слои. В верхнюю часть загрузки прорываются самые мелкие и устойчивые загрязнения, а также агрегаты, оторванные и вынесенные потоком из нижележащих слоев.

Таким образом, при фильтровании снизу вверх загрязнения глубоко проникают во всю толщу загрузки и более равномерно, чем при нисходящем фильтровании, насыщают поровое пространство. Это обстоятельство с

учетом большой толщины слоя в КО (не менее 2 м) делает сооружения очень грязеемкими.

Особенный процесс задержания и накопления загрязнений в КО благоприятно сказывается на потерях напора в фильтрующей загрузке. Известно, что темп прироста потерь напора тем медленнее, чем крупнее зерна фильтрующей загрузки. Крупнозернистые, самые насыщенные загрязнениями слои дают незначительный рост потерь напора.

В верхних мелкозернистых слоях загрязнений задерживается меньше, поэтому потери напора в них также невелики. Таким образом, в контактных осветлителях продолжительность фильтроцикла по времени достижения предельных потерь напора также значительна.

Из-за опасности псевдооживления загрузки восходящая скорость фильтрования в КО ограничивается величиной 5-6 м/ч, что уменьшает производительность этих сооружений по сравнению с аналогичными по площади скорыми фильтрами.

Разработаны контактные осветлители нескольких типов. В одних (КО-1) отвод фильтрата производится из надзагрузочного слоя воды. В этом случае скорость фильтрования (при среднем размере зерен песка 0,8 мм) не должна превышать 5-5,5 м/ч - во избежание взвешивания песка. В осветлителях КО-2 отвод фильтрата осуществляется из верхней части фильтрующего слоя. Это позволяет повысить расчетную скорость фильтрования (до 10 м/ч), но удорожает систему дренажа.

По конструкции КО сходны со скорыми фильтрами. Среди нескольких известных конструкций КО наибольшее распространение получили КО-1 и КО-3, схемы которых показаны на рис. 1.1.

Принципиальное отличие этих сооружений в конструкции промывных устройств из-за разных систем промывки. Для КО-1 предусмотрена водяная промывка с отводом промывных вод через желоба, как это осуществляется в



большинстве скорых фильтров. В КО-3 промывка – водовоздушная, с низким горизонтальным отводом промывных вод через водослив.

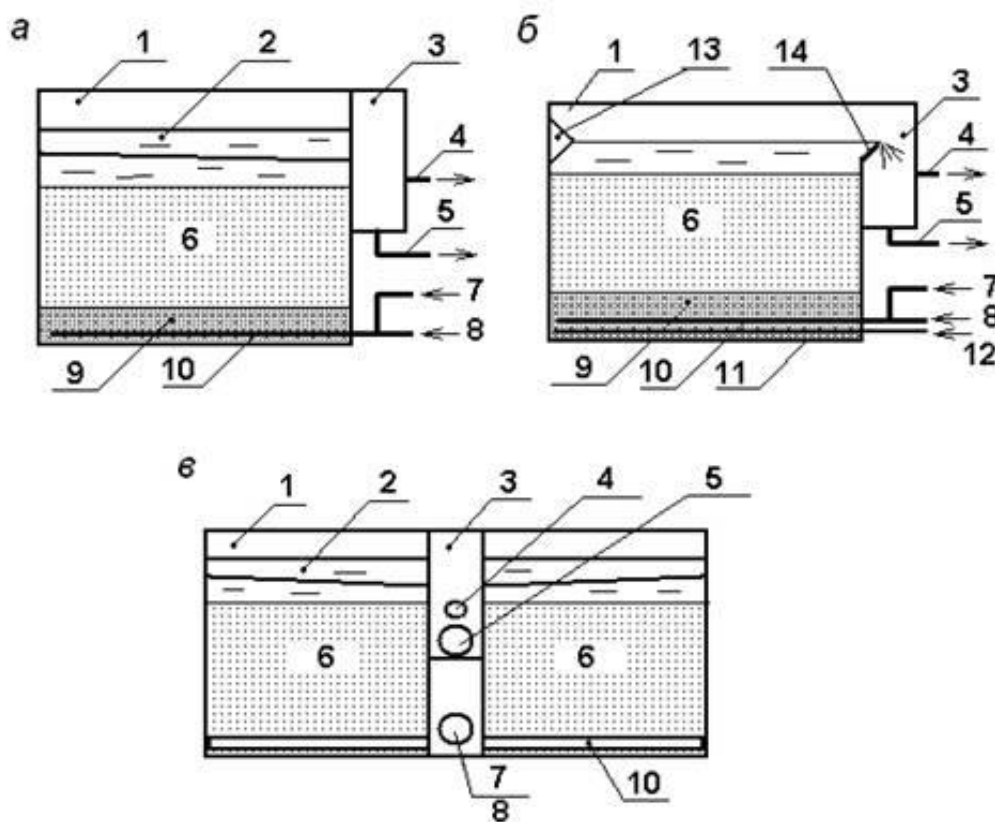


Рис. 1.1. Принципиальные схемы контактных осветлителей:

*а* – КО-1 с гравийной трубчатой распределительной системой; *б* – КО-3 с гравийной трубчатой распределительной системой для водовоздушной промывки; *в* – КО-1 с центральным каналом и безгравийной трубчатой распределительной системой; 1 – корпус; 2 – желоба; 3 – водосборный канал (карман); 4 – отвод фильтрата; 5 – отвод промывной воды; 6 – фильтрующая загрузка; 7 – подача воды на очистку; 8 – подача воды на промывку; 9 – поддерживающие слои; 10 – трубчатая распределительная система для воды; 11 – трубчатая распределительная система для воздуха; 12 – подача воздуха; 13 – струенаправляющий уступ; 14 – водослив

### **1.1.2 Водораспределительные системы контактных осветлителей**

Водораспределительные системы для КО имеют свои особенности, вызванные необходимостью обеспечить их незасоряемость при подаче воды на очистку. Поскольку исходная вода не проходит первичное отстаивание, в

ней могут содержаться крупнодисперсные примеси. Предварительная грубая очистка исходной воды на барабанных сетках и даже микрофильтрах принципиально проблему не решает. Именно из-за вероятности засорения малых отверстий для КО неприменимы такие хорошо зарекомендовавшие себя в фильтрах распределительные системы, как колпачковые, эколополимерные, щелевые.

Длительное время в КО-1 использовалась трубчатая распределительная система большого сопротивления с крупными (10–14 мм) отверстиями. Такие отверстия требуют обязательного наличия подстилающих, поддерживающих гравийных слоев. Конструкция трубчатой дырчатой распределительной системы КО-1 сходна с такой системой для скорых фильтров. Поддерживающие гравийные слои состоят из гравия (щебня) таких же фракций, что и для фильтров, но с большей высотой для более мелких фракций (табл. 1.1).

Повышенная грязенасыщенность загрузки КО, особенно в нижних слоях, делает ее при промывке гидравлически неустойчивой и провоцирует образование зон неравных скоростей. Если при этом имеются дефекты водораспределительной системы, возникает опасность горизонтального смещения поддерживающего гравийного слоя. Была разработана безгравийная трубчатая распределительная система (БТРС).

**Таблица 1.1. Фракционный состав поддерживающих слоев и загрузки контактных осветлителей по СНиП**

Показатель	Высота гравийных и песчаных слоев для осветлителей, м	
	без поддерживающих слоев	с поддерживающими слоями
Крупность зерен гравия и песка, мм: 40–20	–	0,2–0,25
20–10	–	0,1–0,15
10–5	–	0,15–0,2
5–2	0,5–0,6	0,3–0,4

2–1,2	1–1,2	1,2–1,3
1,2–0,7	0,8–1	0,8–1
Эквивалентный диаметр зерен песка, мм	1–1,3	1–1,3

БТРС представляет собой систему распределительных труб с отверстиями диаметром 10–12 мм, расположенными в шахматном порядке и направленными вниз под углом  $30^{\circ}$  к вертикальной оси трубы. К трубам по бокам привариваются вертикальные металлические шторки, не достигающие до дна КО. Между шторками привариваются поперечные перегородки, достигающие до дна и разделяющие подтрубное пространство на ячейки. Схема БТРС приведена на рис. 1.2. Размеры элементов распределительной системы указаны в табл. 1.2.

Сбор и отвод промывных вод, а также отвод профильтрованной воды осуществляется желобами, размещение и расчет которых производится по аналогии со скорыми фильтрами. Желоба оборудуются треугольными водосливами высотой 40–60 мм с шагом 100–150 мм.

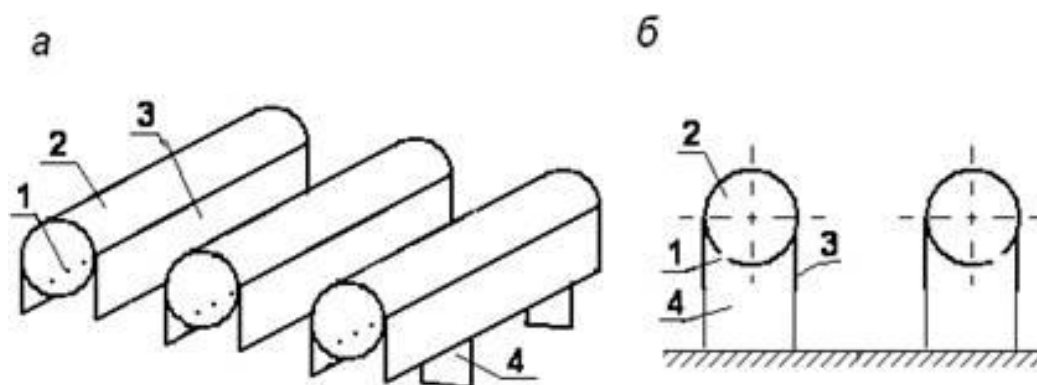


Рис. 1.2. Схема устройства безравийной распределительной системы (БТРС) для КО:

*а* – внешний вид; *б* – поперечный разрез; 1 – отверстия в трубах; 2 – водораспределительные трубы; 3 – боковые шторки; 4 – поперечные перегородки

Распределительная система КО-3 состоит из двух трубопроводов для воды и для воздуха. При этом могут быть предусмотрены поддерживающие гравийные слои (табл. 1.1), или применена безгравийная распределительная система БТРС. Суммарная площадь отверстий в трубах ответвлений при наличии поддерживающих слоев должна составлять 0,2 % от площади осветлителя.

**Таблица 1.2. Размеры конструктивных элементов БТРС**

Диаметр труб ответвлений, мм	Отношение суммарной площади отверстий к площади осветлителя, %	Расстояние, мм			
		между осями труб ответвлений	от дна осветлителя до низа шторок	от низа шторок до оси труб ответвлений	между поперечными перегородками
75	0,28–0,3	240–260	100–120	155	300–400
100	0,26–0,28	300–320	120–140	170	400–600
125	0,24–0,26	350–370	140–160	190	600–800
150	0,22–0,24	440–470	160–180	220	800–1000

Трубы для воздуха размещают посередине между трубами для воды. Для уменьшения возможности горизонтального перемещения нижних поддерживающих слоев или загрузки между трубами предусматривают перегородки (рис. 1.3).

Режим водовоздушной промывки для КО-3 осуществляется без расширения фильтрующего слоя. Это делается для обеспечения статической устойчивости поддерживающих слоев и загрузки во время промывки и предотвращения их смещения.

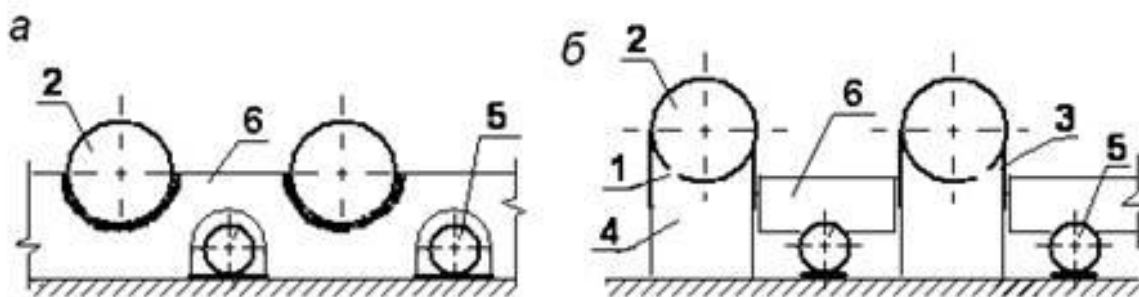


Рис. 1.3. Схема распределительных систем для воды и воздуха КО-3:

*a* – при наличии поддерживающих слоев; *б* – при отсутствии поддерживающих слоев (БТРС); *1* – отверстия в трубах; *2* – водораспределительные трубы; *3* – боковые шторки; *4* – поперечные перегородки подтрубного пространства; *5* – воздухораспределительные трубы; *б* – поперечные межтрубные перегородки

Основной промывной эффект обеспечивает воздух, подающийся с большой интенсивностью. Воздушные пузырьки, обладающие значительной отрывной силой, срывают загрязнения с поверхности зерен в период продувки КО и при совместной подаче воды и воздуха. Поток воды лишь вымывает загрязнения из толщи загрузки.

Регламент водовоздушной промывки КО-3 следующий: взрыхление загрузки воздухом с интенсивностью 18–20 л/(с·м<sup>2</sup>) в течение 1–2 мин; совместная подача воздуха с интенсивностью 18–20 л/(с·м<sup>2</sup>) и воды 3–3,5 л/(с·м<sup>2</sup>) в течение 6–7 мин; промывка водой с интенсивностью 6–7 л/(с·м<sup>2</sup>) продолжительностью 5–7 мин.

Вынос загрязнений из КО при столь малой интенсивности подачи воды возможен благодаря малой высоте слоя воды от поверхности фильтрующей загрузки до кромки водослива. Струенаправляющий уступ, расположенный с противоположной от водослива стороны, создает горизонтальное направление промывного потока (в аналогичных фильтрах фирмы «Дегремон» через отверстия в струенаправляющем уступе направляется дополнительный поток воды для увеличения горизонтальной скорости).

Схема устройства водослива с низким отводом промывных вод КО аналогична водосливам скорых фильтров.

### ***1.1.3 Гранулометрический состав загрузки контактных осветлителей***

Фильтрующая загрузки является основным рабочим элементом фильтровальных сооружений и обеспечивает эффективность их работы. В

контактных осветлителях (далее по тексту КО) применяется более крупная, чем в большинстве скорых фильтров загрузка - от 0,7 до 2,0 мм [1, 25], что вызвано необходимостью иметь крупные поровые каналы. Кроме того, крупные зерна имеют большую массу и не взвешиваются при восходящем фильтровании с заданной скоростью. Это же обстоятельство предопределяет выбор для КО фильтрующих материалов с большой плотностью более 2,5 г/см<sup>3</sup>.

Пористость фильтрующего слоя влияет на его грязеемкость и потери напора при фильтровании. Следует отдавать предпочтение фильтрующим материалам с изломанной поверхностью зерен, например, гранодиориту, горелым породам, металлургическим шлакам, габбро-диабазу и т. п., которые имеют большую межзерновую пористость и удельную поверхность зерен, чем речной песок.

Фильтрующий слой КО должен содержать набор как мелких, так и крупных зерен, т.е. обладать большей, чем принято в фильтрах, неоднородностью. Это обеспечивает его высокую грязеемкость. Однако чрезмерная неоднородность фильтрующей загрузки вызывает затруднения в ее качественной регенерации. Если в загрузке присутствуют очень мелкие зерна, они будут выноситься промывным потоком. Чрезмерно крупные зерна, наоборот, не будут взвешиваться при промывке, и на них будут накапливаться остаточные загрязнения.

У осветлителей с безгравийной распределительной системой (БГРС) загрузка состоит из трех фракций: 2-5 мм, высотой слоя 0,5-0,6 м; 2-1,2 мм, высотой слоя 1-1,2 м; 0,7-1,2 мм, высотой слоя 0,8-1 м. Если выразить соотношение фракций в массовых долях получим 21 : 43 : 35 % соответственно.

Гранулометрическая кривая отсева такой загрузки показана на рис. 1.4. Для такой загрузки коэффициент неоднородности равен 2,5. Именно это значение коэффициента неоднородности часто указывается в технической

литературе.

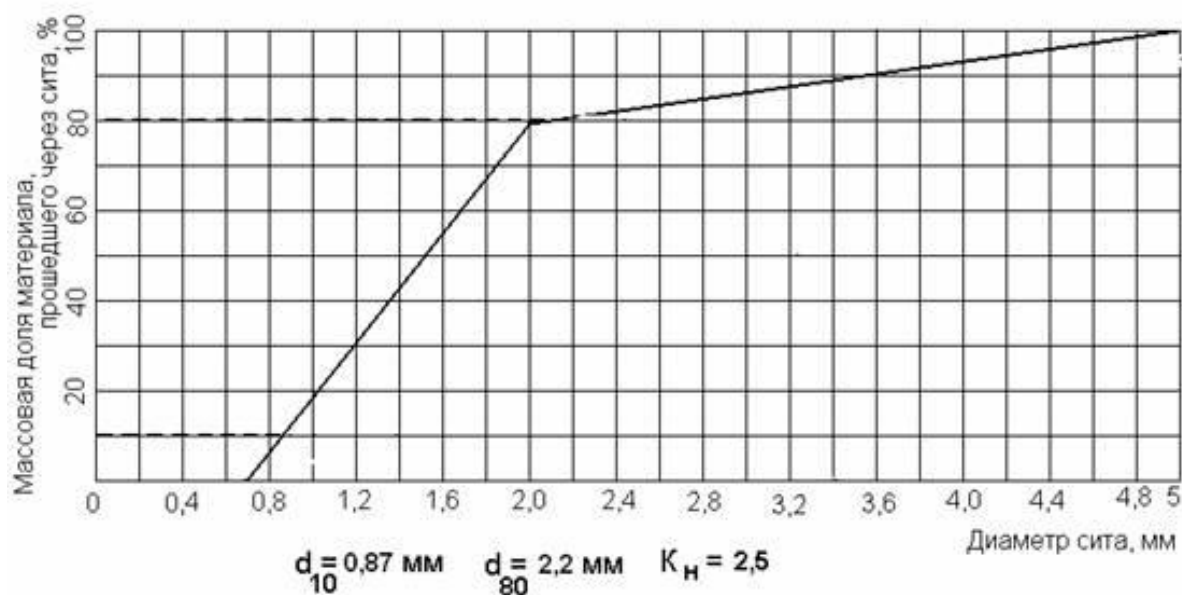


Рис. 1.4. Гранулометрическая характеристика загрузки КО с распределительной системой БТРС по СНиП 2.04.02-84\*

Нижний крупнозернистый слой фильтрующей загрузки (2-5 мм) предназначен для равномерного распределения воды по площади фильтра и обычно считается не рабочим, а вспомогательным. Поэтому часто в проектах приводится фракционный состав только рабочей части загрузки — 0,7-2,0 мм, так как именно она обеспечивает очистку воды до нужного качества.

Поскольку засыпка КО фильтрующим материалом производится по фракциям, важно знать, какие требования предъявляются к гранулометрическому составу основной, рабочей части загрузки. На рис. 3 приведены примеры гранулометрической характеристики рабочей части загрузки во всем диапазоне ее зерен - 0,7-1,2 и 1,2- 2,0 мм, назовем ее объединенной фракцией.

Исходя из вышеописанных особенностей работы КО, оптимальной загрузкой (с наилучшими технологическими качествами) будет такая, в которой содержится примерно равное количество зерен во всем диапазоне объединенной фракции (линия 1 на рис. 1.5). Как видим линия гранулометрической характеристики оптимальной загрузки почти прямолинейная. Опти-

мальная загрузка обеспечивает высокую степень санитарной надежности КО. Для такой загрузки коэффициент неоднородности составляет 2,1, а эквивалентный диаметр - 1,2 мм.

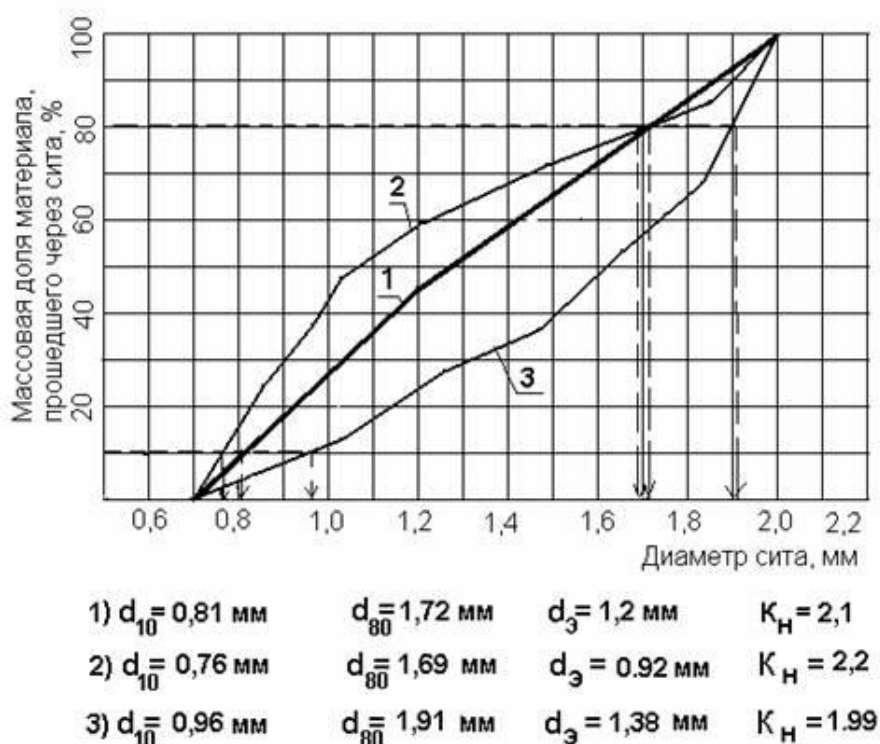


Рис. 1.5. Примеры графиков ситового анализа рабочей части фильтрующей загрузки объединенной фракции 0,7–2,0 мм

В реальных условиях дробления и отсева фильтрующего материала получить такую загрузку затруднительно, но следует понимать, что любые отклонения от эталона ухудшают технологические параметры работы КО. Так, если в загрузке содержится излишне большое количество мелких частиц (линия 2 на рис. 1.5), следует ожидать сокращение фильтроцикла из-за быстрого роста потерь напора. Из графика видно, что в загрузке мало зерен с диаметром 1,2–1,6 мм.

При большом содержании крупных зерен (линия 3 на рис. 1.5) сократится время защитного действия фильтра. Здесь, наоборот, зерен с диаметром 1,2—1,6 мм содержится излишне много - почти 50 %.

Добиться линейного вида гранулометрической кривой объединенной



фракции можно при соотношении фракций 0,7-1,2 мм - 40-45 % и 1,2-2,0 мм - 60—55 %. Учитывая, что для дробленых материалов в первый год эксплуатации наблюдается повышенная измельчаемость, лучше придерживаться процентном соотношения фракций как 40/60. При этом в каждой фракции должно быть пропорциональное содержание зерен разного размера.

Безнапорные КО выполняются, как правило, бетонными с внутренней облицовкой стен. Толщина стен принимается 0,15-0,5 м в зависимости от размера сооружения. Внутренняя поверхность стен отделяется кафельными плитками.

Желоба выполняются железобетонными или металлическими. Для выравнивания верхних кромок желобов рекомендуется устанавливать водосливные доски с зубчатыми треугольными водосливами.

Для выпуска воздуха из дренажной системы на коллекторах (в каналах) устанавливают воздухоотводчики (воздушники) диаметром 75-100 мм с запорной арматурой или автоматическими устройствами выпуска воздуха. При площади до 50 м<sup>2</sup> устраивается один воздушник, при большей площади - два, в начале и конце коллектора.

Для опорожнения КО на нижней части коллектора должен быть предусмотрен трубопровод (диаметром 100-200 мм) с запорным устройством, обеспечивающим скорость нисходящего потока в осветлителе не более 2 м/ч при наличии поддерживающих слоев, и не более 0,2 м/ч - без поддерживающих слоев. При опорожнении КО без поддерживающих слоев предусматривают устройства, исключающие вынос загрузки, например, сетку и гравийный слой.

КО на станции водоочистки размещаются рядами (линиями). Каждый осветлитель оборудуется трубопроводами, обеспечивающими подачу и отвод воды при всех режимах эксплуатации и снабженные задвижками и поворотными затворами.

Диаметры трубопроводов определяются гидравлическим расчетом по расходу и рекомендуемой скорости. Диаметры трубопроводов, обслуживающих каждый осветлитель, рассчитываются при форсированном режиме, т.е. при отключении одного сооружения на промывку.

Контактные осветлители ограждаются прозрачными перегородками от коридоров управления на высоту не менее 2,5 м.

#### ***1.1.4 Фильтрующие материалы применяемые на контактных осветлителях***

Фильтрующая зернистая загрузка является основным рабочим элементом большинства фильтровальных сооружений и во многом определяет эффективность их работы. Правильный выбор фильтрующей загрузки имеет первостепенное значение для нормальной работы фильтра [25, 38].

В фильтровальных сооружениях используются тяжелые (тонущие в воде) и плавающие загрузки. Они могут быть природного происхождения (песок, антрацит, горелые породы, гранодиорит, вулканические шлаки и туфы), а также искусственно приготовленные (керамзит, шунгизит, аглопорит, пенополистерол). По поверхностной активности различают инертные материалы и сорбенты. Для осветления воды с применением реагентов обычно используют инертные материалы. Сорбенты используют при безреагентной очистке и доочистке воды.

При выборе загрузки, наряду с экономическими критериями, определяемыми стоимостью поставки материала на фильтровальную станцию, учитывают структурные, физико-механические свойства материала, механическую прочность, химическую стойкость в различных средах, санитарно-гигиеническую безопасность. Перечисленные требования сформулированы в ГОСТ Р 51641-2000 «Материалы фильтрующие

зернистые» [38].

Кроме того, большое значение имеет надлежащий гранулометрический состав фракции. Фракционный состав фильтрующей загрузки и степень однородности размеров ее зерен в значительной степени влияют на правильную работу фильтра и может даже вывести его из строя. Так, применение фильтрующего материала более крупного, чем это требуется по проекту, приводит к снижению качества профильтрованной воды. Более мелкий фильтрующий материал уменьшает межпромывочный период работы фильтра.

Использование очень неоднородного материала ухудшает условия его промывки, поскольку при промывке неоднородной загрузки в восходящем потоке мелкие зерна начинают взвешиваться раньше, чем придет в движение основная масса материала. Чтобы исключить вынос мелких зерен из фильтра приходится снижать интенсивность промывки, а это приводит к недостаточной отмывке всего фильтрующего слоя.

В результате происходит прогрессирующее накопление остаточных загрязнений, нарушающих нормальную работу фильтра. Кроме того, неоднородная загрузка ухудшает условия фильтрования. Вследствие гидравлической сортировки загрузки при промывке в верхней части фильтрующего слоя концентрируются зерна малого размера. Малые размеры пор мелкозернистого слоя затрудняют проникновение взвеси вглубь загрузки. Этот слой быстро заиливается и создает значительные гидравлические сопротивления. Межпромывочный период (фильтроцикл) резко сокращается, при том, что значительная часть фильтрующего слоя в задержании загрязнений практически не участвует.

Для выбора, оценки и расчета фильтрующей загрузки определяются ее структурные показатели, физико-механические свойства: плотность, межзерновую пористость. Структурные показатели загрузки определяют ее технологические свойства - скорость фильтрования, грязеемкость,

продолжительность фильтроцикла.

Для осветления воды важнейшим показателем является межзерновая пористость загрузки, поскольку она влияет на грязеемкость слоя. Наибольшей пористостью обладают фильтрующие загрузки с изломанной формой зерен, получаемые дроблением плотного или пористого кускового материала. Для таких материалов высокая пористость, хотя и снижает удельную поверхность, но большой коэффициент формы зерен делает суммарную поверхность зерен заметно большей, чем для малопористого зернистого слоя из окатанных, близких к шару частиц речного песка.

Плотность материала влияет на условия промывки. При очистке воды фильтрованием с использованием реагентной обработки, минимально необходимая интенсивность промывки должна составлять не менее 12-14 л\*с/м<sup>2</sup>.

Для двух- и многослойных фильтров требуются материалы с разной плотностью, чтобы при промывке не происходило перемешивание слоев. Для контактных осветлителей плотность должна быть значительной (более 2,5 г/см<sup>3</sup>), чтобы при восходящем фильтровании не происходило ожижение загрузки.

Для материалов с внутренними пустотами, например, керамзита, туфа, плотность определяется в водонасыщенном состоянии после замачивания в течение 1-4 суток или кипячения.

Гранулометрический состав фильтрующей загрузки определяется ситовым анализом на калиброванных ситах по правилам [38].

В табл. 1.3 приведены свойства наиболее распространенных фильтрующих материалов, применяющихся в отечественной практике водоочистки. Большинство перечисленных фильтрующих материалов имеют высокую межзерновую пористость за счет изломанной формы зерен природного происхождения (туфы, шлаки) или в результате дробления. Некоторые фильтрующие загрузки получают из отходов дробления камня

при производстве строительного материала.

Для расчета фильтровальных сооружений необходимо знать технологические свойства фильтрующей загрузки из выбранного материала: скорость фильтрования при нормальном и форсированном режиме, интенсивность промывки и рекомендуемую степень расширения фильтрующего слоя.



**Таблица 1.3. Свойства наиболее распространенных фильтрующих материалов**


Материал	Плотность, г/см <sup>3</sup>	Насыпная плотность слоя зерен диаметром 0,7-1,8 мм, г/см <sup>3</sup>	Пористость слоя, %	Коэффициент формы зерен	Авторы исследования
Кварцевый песок	2,4-2,6	1,5-1,7	32-42	1,07-1,17	-
Антрацит дробленый	1,6-1,7	0,9	37-45	1,1-1,5	Б.М. Борисов
Керамзит недробленый*	1,7-1,8	0,8-1,7	42-47	1,29	В.Н. Мартенсен, Р.И. Аюкаев
Керамзит дробленый*	1,2-1,5	0,35-0,5	49-74	2,35	Е.Г. Петров
Горелые породы	2,4-2,5	1,5-1,8	52-60	2,1	А.М. Фоминых, Н.Д. Артеменок
Вулканические шлаки*	2,6	1,1-2,6	58-64	2-2,67	А.Т. Гулян
Доменные шлаки*	2,6	1,2-1,5	42,44	-	Я.Б. Лозовский, М.Г. Новиков
Фарфоровая крошка	2,17	1,3-1,4	35-42		

Гранодиорит дробленный	2,65-2,69	1,35-1,45	48-52	1,7	Е.В. Сошников, Г.П. Чайковский
Габбро-диабаз	3,1	1,58	48	1,75	Ю.П. Евтифеев, Р.И. Аюкаев
Пенополистирол	0,1-0,2	0,1-0,2	41-43	1,05-1,1	М.Г. Журба
Капрон	1,17	0,63	46,8	1,11	-

\* В водонасыщенном состоянии, после замачивания.

**Таблица 1.4. Технические условия на песок-заполнитель контактных осветлителей и скорых фильтров водопроводов**

<b>Песок-заполнитель фракции 0,8-2,0 мм</b>		
Качественная характеристика		
	Гранулометрический состав	Закрупнение ( $> 2,0$ мм) не более 5 % по массе
		Замельчение ( $< 0,8$ мм) не более 5 % по массе
	Эквивалентный диаметр ( $d_{эқв}$ )	1,4 - 1,6 мм
	Коэффициент неоднородности ( $K_n$ )	не более 2,0
	Загрязнение (пыль, глина)	$< 0,5$ %
	Радиоактивность ( $A_{эфф}$ )	$< 70$ Бк/кг
	Истираемость	$< 0,5$ % по массе
	Измельчаемость	$< 4,0$ % по массе
	Средняя плотность	2,6 - 2,7 т/м <sup>3</sup>
	Насыпная плотность	1,5 т/м <sup>3</sup>
	Естественная влажность	3,0 - 5,0 % по массе
<b>Песок-заполнитель фракции 0,7-1,2 мм</b>		
Качественная характеристика		
	Гранулометрический состав	Закрупнение ( $> 1,2$ мм) не более 7 % по массе
		Замельчение ( $< 0,7$ мм) не более 7 % по массе
	Эквивалентный диаметр ( $d_{эқв}$ )	0,9 - 1,15 мм
	Коэффициент неоднородности ( $K_n$ )	не более 1,5
	Загрязнение (пыль, глина)	$< 0,5$ %
	Радиоактивность ( $A_{эфф}$ )	$< 70$ Бк/кг
	Истираемость	$< 0,5$ % по массе
	Измельчаемость	$< 4,0$ % по массе
	Средняя плотность	2,6 - 2,7 т/м <sup>3</sup>
	Насыпная плотность	1,5 т/м <sup>3</sup>
	Естественная влажность	3,0 - 5,0 % по массе

<b>Песок-заполнитель фракции 0,5-2,0 мм</b>		
Качественная характеристика		
	Гранулометрический состав	Закрупнение (> 2,0 мм) не более 5 % по массе
		Замельчение (< 0,5 мм) не более 5 % по массе
	Эквивалентный диаметр ( $d_{\text{экв}}$ )	0,9 - 1,1 мм
	Коэффициент неоднородности ( $K_H$ )	2,2 - 2,5
	Загрязнение (пыль, глина)	< 0,5 %
	Радиоактивность ( $A_{\text{эфф}}$ )	< 70 Бк/кг
	Истираемость	< 0,5 % по массе
	Измельчаемость	< 4,0 % по массе
	Средняя плотность	2,6 - 2,7 т/м <sup>3</sup>
	Насыпная плотность	1,35 т/м <sup>3</sup>
	Естественная влажность	3,0 - 5,0 % по массе
<b>Химический состав песка-заполнителя</b>		
Химические составляющие		Содержание (%)
Диоксид кремния $\text{SiO}_2$		82 - 84
Оксид алюминия $\text{Al}_2\text{O}_3$		6 - 8
Оксид железа $\text{Fe}_2\text{O}_3$		1 - 2
Сумма оксидов натрия и калия $\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$		4 - 6

**Таблица 1.5. Технические условия на гравий-заполнитель контактных осветлителей и скорых фильтров водопроводов**

<b>Гравий-заполнитель фракции 2 - 5 мм</b>		
Качественная характеристика		
	Гранулометрический состав	Закрупнение (> 5,0 мм) не более 10 % по массе
		Замельчение (< 2,0 мм) не более 10 % по массе
	Предел прочности на сжатие	1500 кг / см <sup>2</sup>
	Загрязнение (пыль, глина)	< 0,8 %
	Радиоактивность ( $A_{\text{эфф}}$ )	< 100 Бк/кг
	Истираемость	И - II
	Дробимость	8 %
	Морозостойкость	F 300
	Средняя плотность	2,6 - 2,7 т/м <sup>3</sup>
	Насыпная плотность	1,43 т/м <sup>3</sup>
	Естественная влажность	3,0 - 5,0 % по массе



Продолжение табл. 1.5

<b>Гравий-заполнитель фракции 5 - 10 мм</b>		
Качественная характеристика		
	Гранулометрический состав	Закрупнение (> 10,0 мм) не более 10 % по массе
		Замельчение (< 5,0 мм) не более 10 % по массе
	Предел прочности на сжатие	1500 кг / см <sup>2</sup>
	Загрязнение (пыль, глина)	< 0,8 %
	Радиоактивность (A <sub>эфф</sub> )	< 100 Бк/кг
	Истираемость	И - II
	Дробимость	8 %
	Морозостойкость	F 300
	Средняя плотность	2,6 - 2,7 т/м <sup>3</sup>
	Насыпная плотность	1,53 т/м <sup>3</sup>
	Естественная влажность	3,0 - 5,0 % по массе
<b>Гравий-заполнитель фракции 10 - 20 мм</b>		
Качественная характеристика		
	Гранулометрический состав	Закрупнение (> 20,0 мм) не более 10 % по массе
		Замельчение (< 10,0 мм) не более 10 % по массе
	Предел прочности на сжатие	1500 кг / см <sup>2</sup>
	Загрязнение (пыль, глина)	< 0,8 %
	Радиоактивность (A <sub>эфф</sub> )	< 100 Бк/кг
	Истираемость	И - II
	Дробимость	8 %
	Морозостойкость	F 300
	Средняя плотность	2,6 - 2,7 т/м <sup>3</sup>
	Насыпная плотность	1,55 т/м <sup>3</sup>
	Естественная влажность	3,0 - 5,0 % по массе

Продолжение табл. 1.5

<b>Гравий-заполнитель фракции 20 - 40 мм</b>		
Качественная характеристика		
	Гранулометрический состав	Закрупнение (> 40,0 мм) не более 10 % по массе
		Замельчение (< 20,0 мм) не более 10 % по массе
	Предел прочности на сжатие	1500 кг / см <sup>2</sup>
	Загрязнение (пыль, глина)	< 0,8 %
	Радиоактивность (A <sub>эфф</sub> )	< 100 Бк/кг
	Истираемость	И - II
	Дробимость	8 %
	Морозостойкость	F 300
	Средняя плотность	2,6 - 2,7 т/м <sup>3</sup>
	Насыпная плотность	1,55 т/м <sup>3</sup>
	Естественная влажность	3,0 - 5,0 % по массе
<b>Химический состав гравия-заполнителя</b>		
Химические составляющие	Содержание (%)	
Диоксид кремния SiO <sub>2</sub>	82 - 84	
Оксид алюминия Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6 - 8	
Оксид железа Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1 - 2	
Сумма оксидов натрия и калия K <sub>2</sub> O + Na <sub>2</sub> O	4 - 6	

## 1.2 Технологические схемы с контактными осветлителями

### 1.2.1 Традиционная технологическая схема очистки природных вод с контактными осветлителями

Станция контактных осветлителей включает входные устройства и собственно осветлители. Входные устройства представляют собой единый блок, состоящий из барабанных сеток (БС) или микрофильтров (МФ) и контактной камеры со встроенными смесителями, обеспечивающими необходимый напор, смешение воды с реагентами и выделение из воды воздуха. Объем входной камеры (разделенной не менее, чем на два отделения) рассчитывается на время пребывания в ней не менее 5 мин. Необходимость входного устройства обосновывается тем, что вода на очистку поступает в распределительную систему КО, которая при наличии в воде крупнодисперсных загрязнений может засориться. Входные устройства очищают воду от таких примесей, а также служат для контакта воды с реагентами [1..3, 21...25]. Схема входного устройства показана на рис. 1.6.

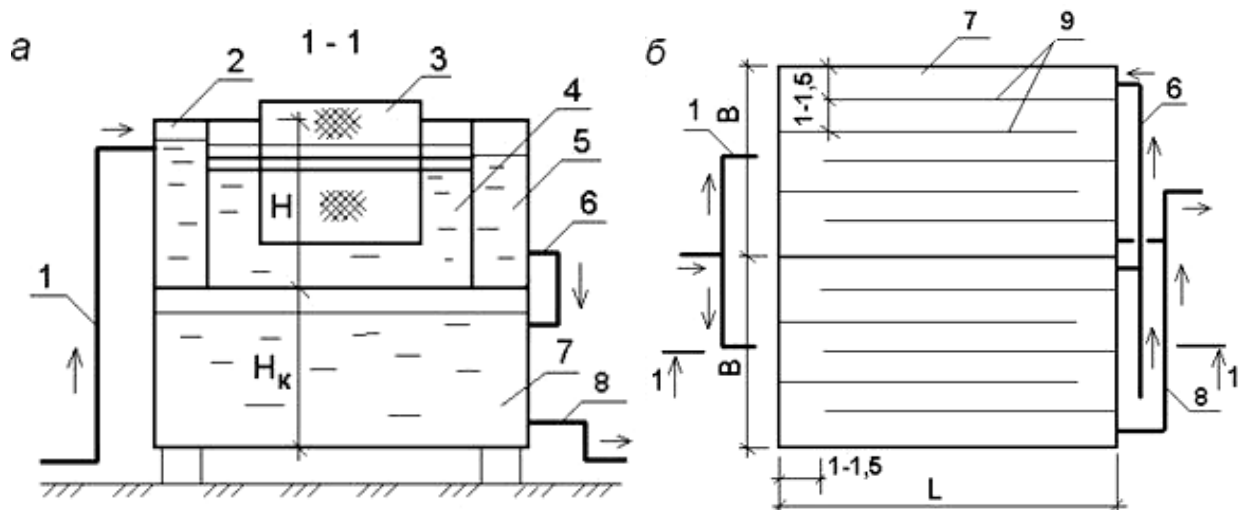


Рисунок 1.6 – Схема входного устройства

а – разрез 1-1; б – план; 1 – подача воды на очистку; 2 – подводный канал; 3 – барабанная сетка (микрофильтр); 4 – ванна; 5 – сборный канал; 6 – подача воды в контактную камеру; 7 – контактная камера; 8 – подача воды на КО; 9 – перегородки смесителя

Вода из источника по трубопроводу 1 поступает в подводный канал 2 и далее по дырчатому трубопроводу внутрь барабанной сетки 3. Загрязнения

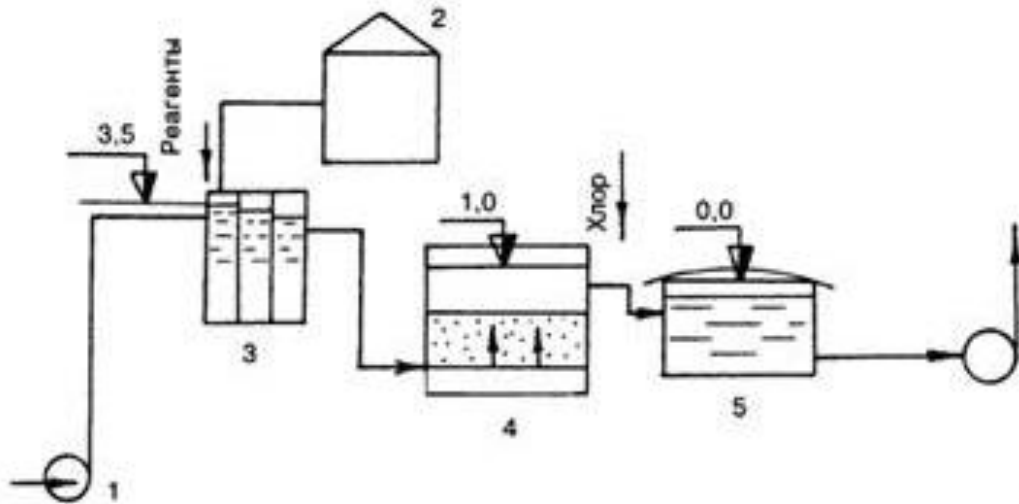
задерживаются на внутренней поверхности барабанной сетки (микрофильтра) с ячейками от  $2 \times 2$  до  $0,04 \times 0,04$  мм. Очищенная от грубодисперсных примесей вода поступает в сеточную ванну 4, далее в сборный канал 5 и перетекает по трубопроводу 6 в нижерасположенную контактную камеру 7. В контактной камере, разделенной перегородками 9, происходит смешение воды с реагентами и воздухоотделение. Контактная камера должна иметь не менее двух отделений. Общая площадь камеры и ее размеры в плане принимаются равными размеру отделения сеток. Для смешивания и контакта воды с реагентами камера разделяется вертикальными перегородками на коридоры шириной 1–1,5 м. Отвод воды из входных камер на КО производится на отметке не менее, чем на 2 м ниже отметки воды в осветлителе.

Традиционная технологическая схема [1..3, 21...25], представленная на рис. 1.7 а, б, имеет лишь одно сооружение для осветления воды – контактные осветлители. В них коагуляция взвесей и осветление воды происходит одновременно. Укрупнение частиц в хлопья происходит не в свободном объеме, а на поверхности зерен фильтрующего материала, под действием сил прилипания (контактная коагуляция). Общий объем очистных сооружений по этой схеме значительно меньше, чем по двухступенчатым. Эту схему можно применять при малом содержании в воде взвешенных веществ-до 150-200 мг/л.

По данной технологической схеме вода от НС-I поступает на входное устройство, проходит барабанные сетки (микрофильтры), далее через смеситель подается в контактные осветлители и далее в резервуары чистой воды.

Реагентная обработка подразумевает введение перед КО коагулянта и флокулянта, также предусматривается первичное и вторичное хлорирование воды.

А)



Б)

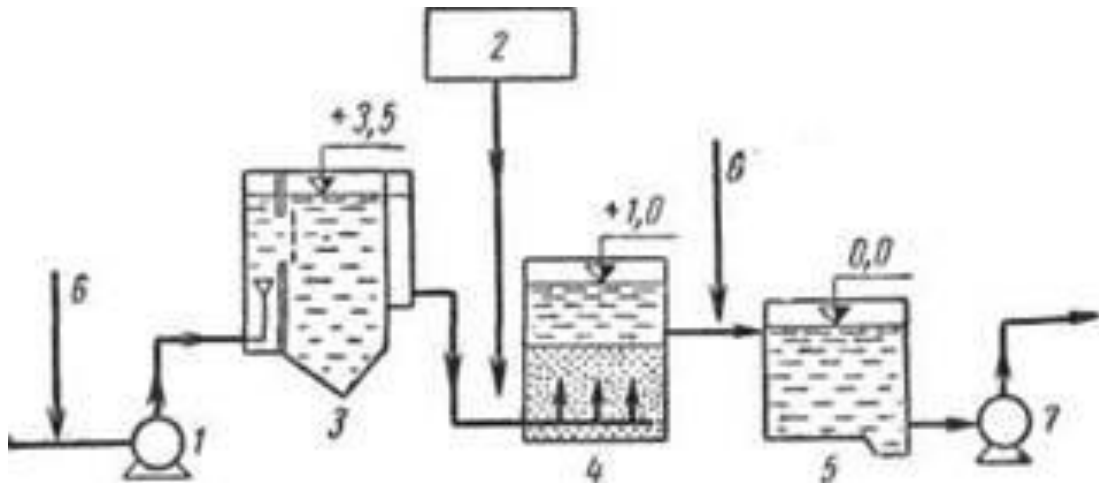


Рисунок 1.7 – Схема осветления, обесцвечивания и обеззараживания воды с применением контактных осветлителей:

А) со смесителем; Б) с входной камерой с сетками

1 – насосы первого подъема; 2 – реагентный цех; 3 – смеситель или входная камера с сетками; 4 – контактный осветлитель; 5 – резервуар чистой воды; 6 – трубопровод для ввода хлора; 7 – насос второго подъема

### **1.2.2 Принципиальная технологическая схема применения озона и активных углей на водоочистных станциях с КО**

В зависимости от качественного и количественного состава загрязнений водоисточника возможны варианты применения озона и

активированных углей в технологической схеме очистки воды с КО [19]. На рис. 1.8 представлена схема очистки воды с контактными осветителями.

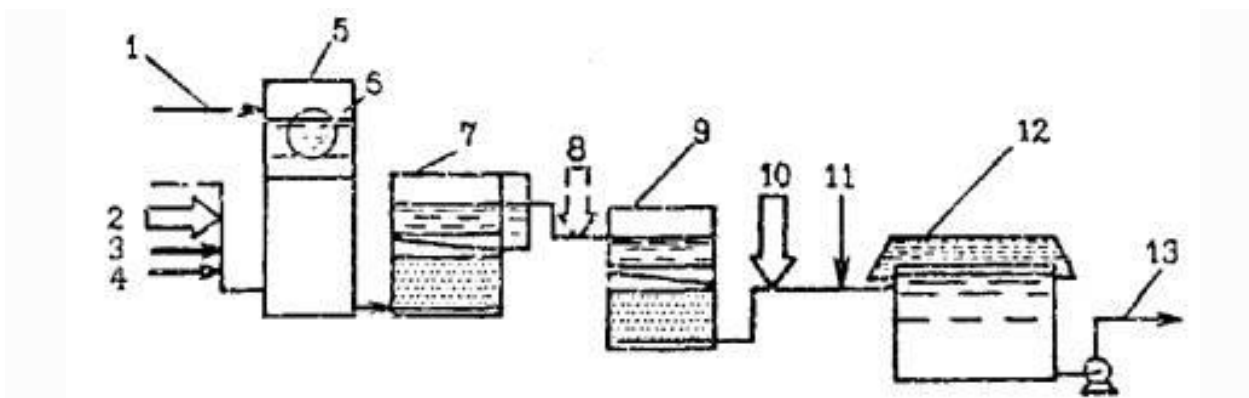


Рисунок 1.8 – Применение озона и активных углей для очистки воды на станциях с контактными осветителями

1 – подача речной воды; 2 – первичное озонирование; 3 – первичное хлорирование (при необходимости); 4 – ввод коагулянта; 5 – входная камера; 6 – сетчатый барабанный фильтр; 7 – контактный осветитель; 8 – вторичное озонирование; 9 – угольный фильтр; 10 – третичное озонирование; 11 – вторичное хлорирование; 12 – резервуар чистой воды; 13 – подача питьевой воды потребителю

В данной технологической схеме возможно:

1. Одноступенчатое озонирование: использование озона на стадии предварительного окисления воды или после коагуляционной ее очистки перед песчаными или угольными фильтрами.

2. Двухступенчатое озонирование: предварительное озонирование и озонирование после коагуляционной обработки воды.

3. Трехступенчатое озонирование: предварительное озонирование, после коагуляционной обработки и озонирование после полной очистки воды.

Первичное озонирование (предозонирование) проводится с целью окисления легкоокисляемых органических и неорганических загрязнений, улучшения процесса коагулирования, а также для частичного обеззараживания воды. В этом случае исходная вода обрабатывается небольшими дозами озона.

Вторичное озонирование воды позволяет осуществить дальнейшее более глубокое окисление оставшихся загрязнений и, кроме того, повышает эффективность сорбционной очистки и продлевает срок службы активного угля до регенерации, в данном случае озон вводится перед песчаными или угольными фильтрами.

Заключительное озонирование очищенной воды (постозонирование) обеспечивает полное обеззараживание и улучшает органолептические показатели воды.

По числу мест введения озона устанавливаются контактные камеры, в которых происходит смешение озонозоной смеси с водой. Для городских водоочистных станций обычно используют барботажные бассейны; в качестве диспергаторов могут применяться металло-керамические трубы (или пластаны) или специальные насадки из нержавеющей стали, устанавливаемые на трубопроводах.

Контактные камеры могут работать как в противоточном, так и в прямоточном режимах, причем при противоточном методе смешения коэффициент использования озона повышается до 0,93-0,97 [19].

Угольные фильтры в данном случае дочищают воду. Вода, прошедшая очистку через активный (активированный) уголь, сохраняет все полезные минеральные соли. Развитая пористая структура и высокая сорбционная активность углей способствует эффективной очистке воды от техногенных примесей, запахов и привкусов. Активный уголь специальных марок обладает выраженной способностью извлекать из воды высокотоксичные ксенобиотики, в т.ч. диоксины, бензопирен, полихлорированные и полиароматические углеводороды. Кроме того, активный уголь, отлично сорбирует из воды фенолы, пестициды, нефтепродукты, соединения тяжелых металлов, устраняет неприятные привкусы и запахи. В качестве наполнителей данных фильтров могут быть использованы активированные угли:

– дробленые (частицы неправильной формы) — с размером частиц от 0,5 мм до 5 мм.

– гранулированные (цилиндрические гранулы) — с размером частиц от 0,5 мм до 5 мм.

Например могут быть использованы:

1. Активированные угли на кокосовой основе (С). Дробленый активированный уголь марки NWC.

Активированный уголь, изготовленный из скорлупы кокосовых орехов, обладает высокими сорбционными свойствами и отличной износостойкостью.

Области применения: подготовка питьевой воды: дехлорирование, удаление запаха, улучшение вкусовых свойств, деозонирование, а также удаление пестицидов и гербицидов и др.

Внешний вид	черные частицы неправильной формы
Насыпная плотность	> 0.48 – 0.52 г/куб.см
Йодное число	> 1100 мг/г
Активность по четыреххлористому углероду	> 55%
Сорбционная емкость по метиленовому голубому	> 240 мг/г
Влажность	< 5 %
Твердость	> 95 %
Зольность	< 4%

Размеры частиц:

Марка	Размер, mesh	Размер, мм
NWC 4*10	4*10	4,750 – 2,000
NWC 6*12	6*12	3,350 – 1,700
NWC 8*30	8*30	2,360 – 0,600
NWC 12*40	12*40	1,700 – 0,425
NWC 20*50	20*50	0,841 – 0,297

2. Активированные угли на минеральной основе (М). Дробленый активированный уголь марки NWM.



Активированный уголь, изготовленный из специальных сортов каменного угля, обладает высокими сорбционными свойствами и отличной износостойкостью.

Применение: подготовка питьевой воды: дехлорирование, удаление запаха, улучшение вкусовых свойств, деозонирование, а также удаление пестицидов и гербицидов и др.

Внешний вид	черные частицы неправильной формы
Насыпная плотность	0.43 – 0.48 г/куб.см
Йодное число	> 1000 мг/г
Активность по четыреххлористому углероду	> 60%
Влажность	< 5 %
Твердость	92 - 95 %

Размеры частиц:

Марка	Размер, mesh	Размер, мм
NWM 6*12	6*12	3,350 – 1,700
NWM 8*16	8*16	2,360 – 1,180
NWM 8*30	8*30	2,360 – 0,600
NWM 12*40	12*40	1,700 – 0,425
NWM 20*50	20*50	0,841 – 0,297

На водоочистных станциях с КО могут быть использованы порошковые активированные угли. Порошковые активированные угли применяются в виде водной суспензии [19].

1. Реализация сухих угольных порошков для проведения процесса углевания может быть осуществлена с использованием специально разработанных схем суспендирования (рис. 1.9).

2. На существующем оборудовании водоочистных станций с установкой дополнительного оборудования (минимальные затраты времени и вложений):

- смеситель с механическим или гидравлическим приводом;
- система трубопроводов и насосов для подачи водно-угольной суспензии в технологическую схему подготовки воды.

При подаче водно-угольной суспензии в схему подготовки питьевой воды для эффективного и полного использования емкости активного угля следует учесть:

– концентрация водно-угольной суспензии должна составлять 5–10%.  
Доза угля подбирается опытным путем в предварительных испытаниях и определяется качеством воды и временем контакта с углем (5–40 мг/л);

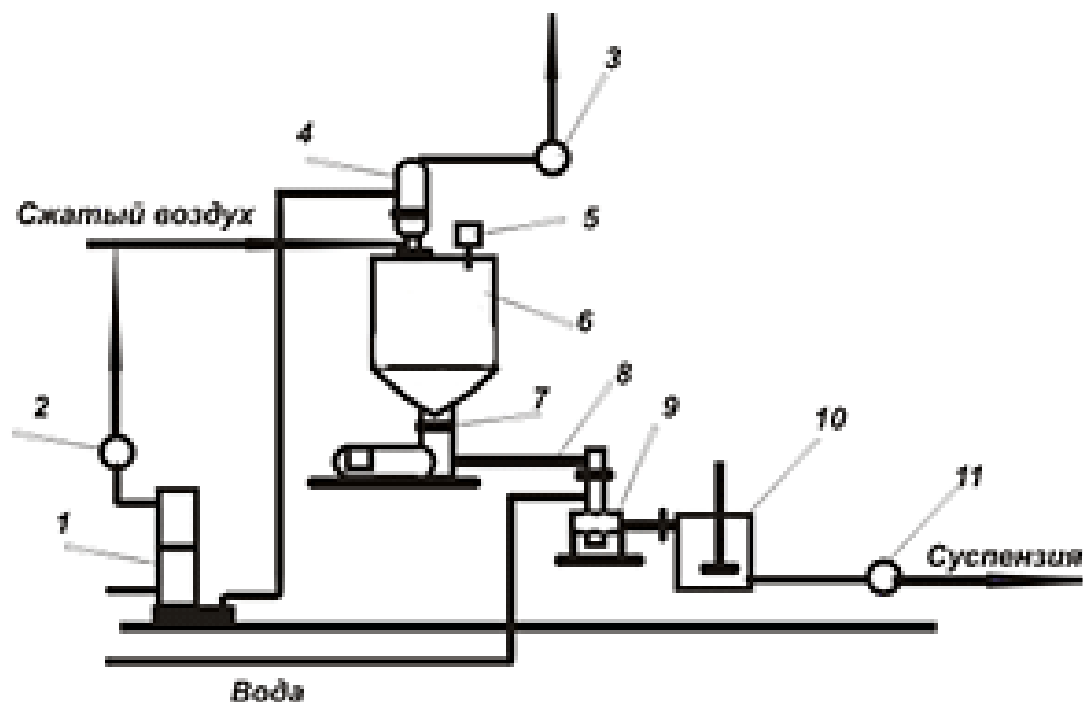


Рисунок 1.9 – Схема установки для суспензирования порошкового угля

1 – загрузочное устройство; 2 – Вентилятор; 3 – Воздуходувка; 4 – Пылеуловитель; 5 – Фильтр; 6 – Бункер; 7 – Заслонка; 8 – дозирующий шнек; 9 – смеситель; 10 – емкость для суспензии с мешалкой; 11 – дозирующий насос

– ресурс и эффективность работы АУ зависит от способов предварительных не сорбционных методов очистки воды. Предпочтительнее использовать АУ на конечных стадиях очистки воды;

– время контакта «уголь-вода» в процессе водоочистки должно составлять не менее 15–30 мин.

Имеющийся опыт использования порошковых АУ на водоканалах ряда городов (Москвы, Уфы, Перми и т.д.) предусматривает проведение процесса

углевания одновременно с процессом коагуляции (в аэраторах и контактных осветлителях). Положительным моментом при таком ведении процесса является то, что частицы АУ служат дополнительными центрами коагуляции. С другой стороны, при одновременном ведении процессов осаждения и углевания не исключена возможность быстрой блокировки внешней поверхности активного угля частицами коагулянта, что ограничивает доступ молекул загрязняющих веществ к внутренней сорбирующей поверхности АУ. Во избежание этого угольную суспензию вводят в воду не менее, чем за 10 мин. до введения коагулянта.

В качестве порошковых углей могут быть использованы:

1. Порошковый активированный уголь марки NWC P 100. Материал изготовлен из растительного сырья – скорлупы кокосовых орехов. Благодаря высокой степени активации обладает превосходными сорбционными характеристиками.

Области применения: подготовка питьевой воды: дехлорирование, удаление запаха, улучшение вкусовых свойств, деозонирование, а также удаление пестицидов и гербицидов и др.

Внешний вид	черный порошок
Содержание фракции более 100 мкм	< 3,5 %
Насыпная плотность	0.50-0.54 г/куб.см
Йодное число	1200 мг/г
Активность по четыреххлористому углероду	70%
Сорбционная емкость по метиленовому голубому	> 300 мг/г
Зольность	< 5%
Содержание железа	< 0.05%
Содержание водорастворимых соединений железа	< 0.01% ( не обн.)
Транспортная влажность	< 8%

2. Порошковый активированный уголь марки NWM P 100. Материал изготовлен из специальных сортов каменного угля. Благодаря высокой степени активации обладает превосходными сорбционными характеристиками

Применение: подготовка питьевой воды: дехлорирование, удаление запаха, улучшение вкусовых свойств, деозонирование, а также удаление пестицидов и гербицидов и др.

Характеристики:

Внешний вид – черный порошок;

Содержание фракции более 100 мкм – < 3.5%;

Насыпная плотность – 0.50-0.54 г/куб.см;

Сорбционная емкость по метиленовому голубому – > 280 мг/г;

Йодное число – 1100 мг/г;

Активность по четыреххлористому углероду – 65%;

Транспортная влажность – <10%;

Зольность – <10%.

### ***1.2.3. Технологическая схема очистной станции с контактными осветлителями и ультрафильтрационными блоками***

Включение в традиционную технологическую схему новых сооружений для доочистки воды (например, ультрафильтрационных блоков) позволяет повысить качество очистки воды рис. 1.11. Ультрафильтрационные мембраны эффективно извлекают из воды тонкодисперсные и коллоидные примеси, высокомолекулярные вещества, водоросли, одноклеточные микроорганизмы, цисты, бактерии и вирусы. При этом они практически не задерживают растворенные в воде соли, что позволяет сохранить естественный солевой состав природной воды [39].

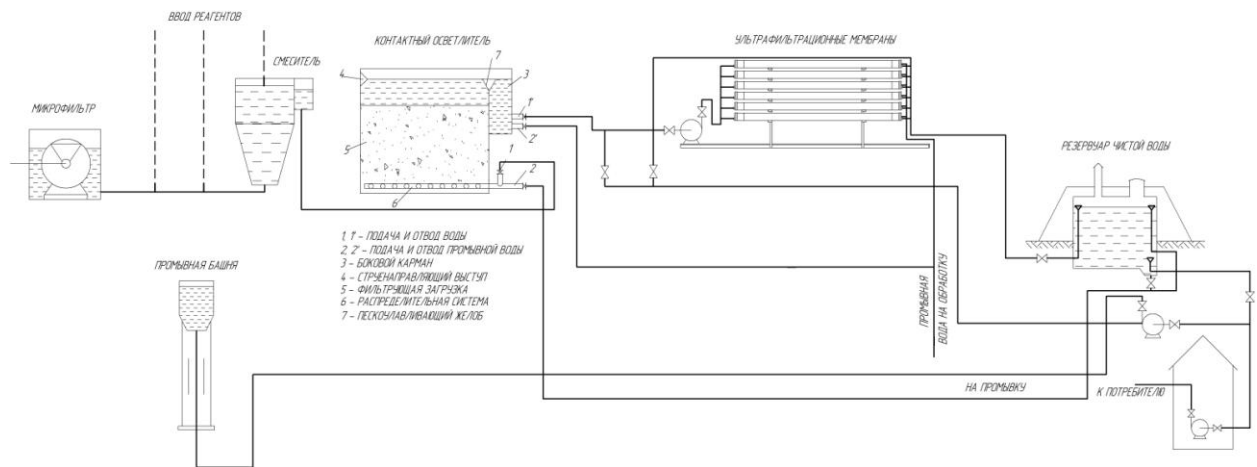


Рисунок 1.11 – Технологическая схема с контактными осветлителями и ультрафильтрационными мембранами

## 2 ОЦЕНКА РАБОТЫ СУЩЕСТВУЮЩЕЙ СИСТЕМЫ ВОДОСНАБЖЕНИЯ ГОРОДА ЖИГУЛЕВСК

### *2.1 Характеристика водного объекта*

Источником водоснабжения г. Жигулевск является река Волга (Куйбышевское водохранилище).

Куйбышевское водохранилище – самое крупное на реке Волге водохранилище. Возникло в 1955-1957 гг. после завершения строительства плотины Жигулёвской ГЭС, перегородившей долину Волги в Жигулях у города Ставрополь (ныне Тольятти). Является третьим в мире по площади водохранилищем.

Длина водохранилища более 500 км, наибольшая ширина в устье Камы – 35-40 км, площадь водного зеркала – 6,45 тыс. км<sup>2</sup> (среди речных – второе место в мире), полный объём воды – 58 км<sup>3</sup>, из них 34 км<sup>3</sup> – полезный. Подпор уровня воды у плотины 29 м, он распространяется по Волге до города Новочебоксарска, по реке Каме — до города Набережные Челны. Крупные заливы водохранилища образует по долинам Камы, Свияги, Казанки и другим рекам.

Основное назначение водохранилища — выработка электроэнергии, улучшение судоходства, водоснабжение, ирригация. Кроме того, используется для рыболовства.

Водные проблемы Волги и экологические совпадают. Основными источниками пополнения ее водных запасов являются снеговые, грунтовые и дождевые воды. Система каналов, гидроэлектростанций и хранилищ изменила водный баланс бассейна Волги. Снизились максимальные расходы в половодье, а в летний и зимний периоды, наоборот, повысился. Река изменила естественный режим течения. Водоохранилища его приостановили, а сами превратились в стоячие озера.

В результате самоочищения Волги снизилось в десятки раз. Изменился тепловой режим. В верховье период стояния льдов увеличился, а в низовье уменьшился. До создания этой системы, течение Волги выносило к устью до 25 млн. тонн наносов и в два раза больше минеральных веществ. Теперь вместо природного удобрения районов поймы и заливных земель, они перемешиваются с токсичными веществами и миллионами тонн земли, обрушивающимися с берегов, откладываются на дне.

## ***2.2 Техническое состояние системы водоснабжения***

В городе Жигулевске структура системы водоснабжения состоит из следующих основных элементов:

- водозаборных сооружений;
- водоподъемных сооружений, т.е. насосных станций, подающих воду к очистным сооружениям (насосная станция I подъема) или потребителям (насосные станции II подъема и повысительные насосные станции);
- водоочистных сооружений;
- резервуаров чистой воды, накапливающих и регулирующих запасы воды;
- водоводов и сети трубопроводов с повысительными насосными станциями, предназначенных для транспортирования воды от сооружения к сооружению или к потребителям.

Водозабор расположен в 45 м от берега на глубине 17 м. На такой глубине сильное течение обеспечивает достаточно чистую воду. Производительность водозаборных сооружений составляет 50 тыс. м<sup>3</sup>/сут.

В 2015 г. на водозаборных сооружениях г. Жигулевск, по проектной документации разработанной ООО НПФ «ЭКОС», были проведены работы по реконструкции насосной станции.

План водозаборных сооружений после реконструкции представлен на рисунке 2.1, разрез водозабора на рисунке 2.2.

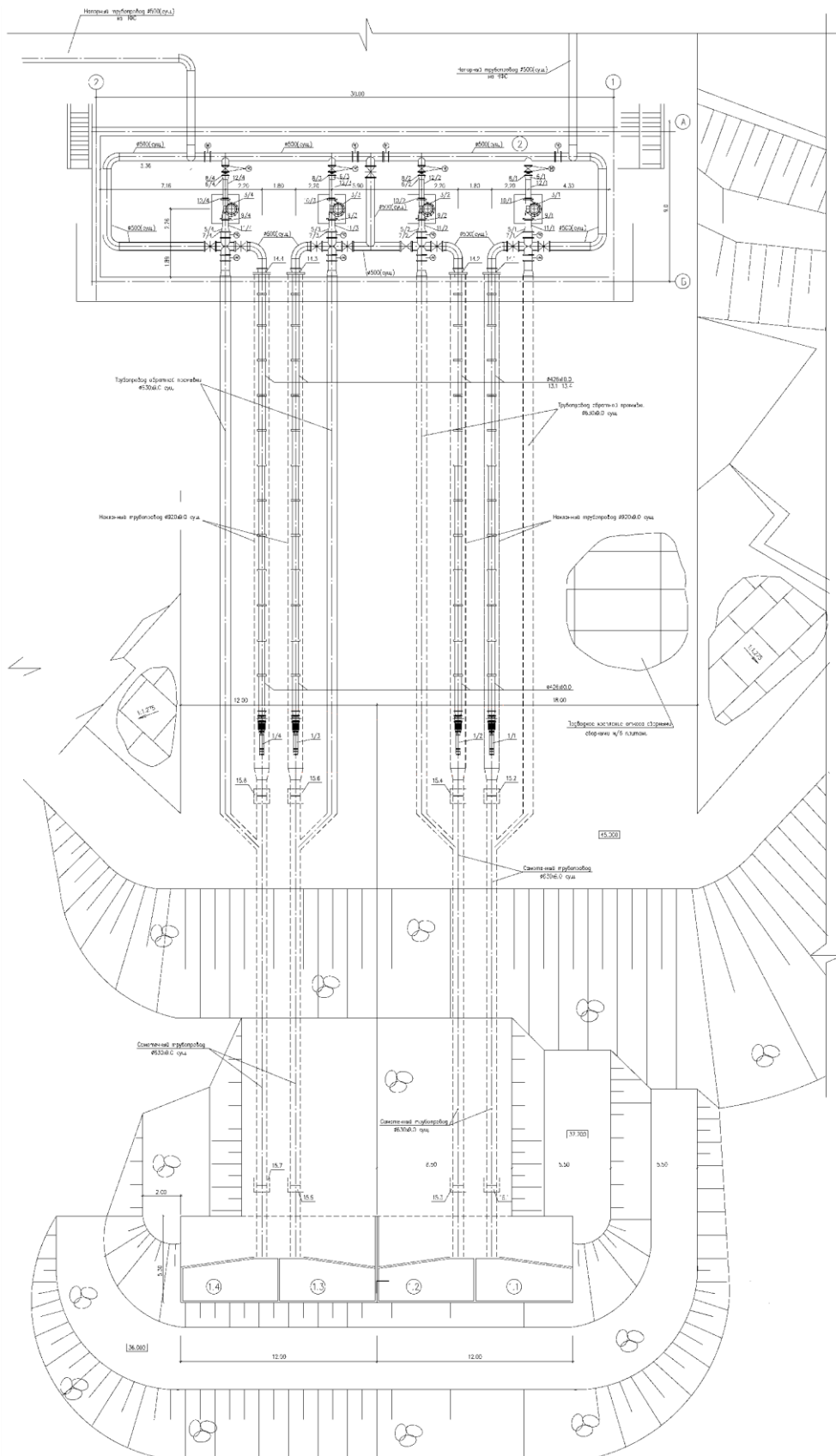


Рисунок 2.1 - План водозаборных сооружений г. Жигулевск





При реконструкции произведена замена существующих глубинных насосов марки ОПВ-1000-11.6 на погружные многоступенчатые насосы INDAR марки UGP-2025/1R с двигателем ML-28-4/050 (рисунок 2.3). Производительность насоса  $1000 \text{ м}^3/\text{ч}$ ,  $H=13.0 \text{ м}$ ,  $N=55 \text{ кВт}$ . Замена насосов произведена без изменения существующей схемы водозабора.

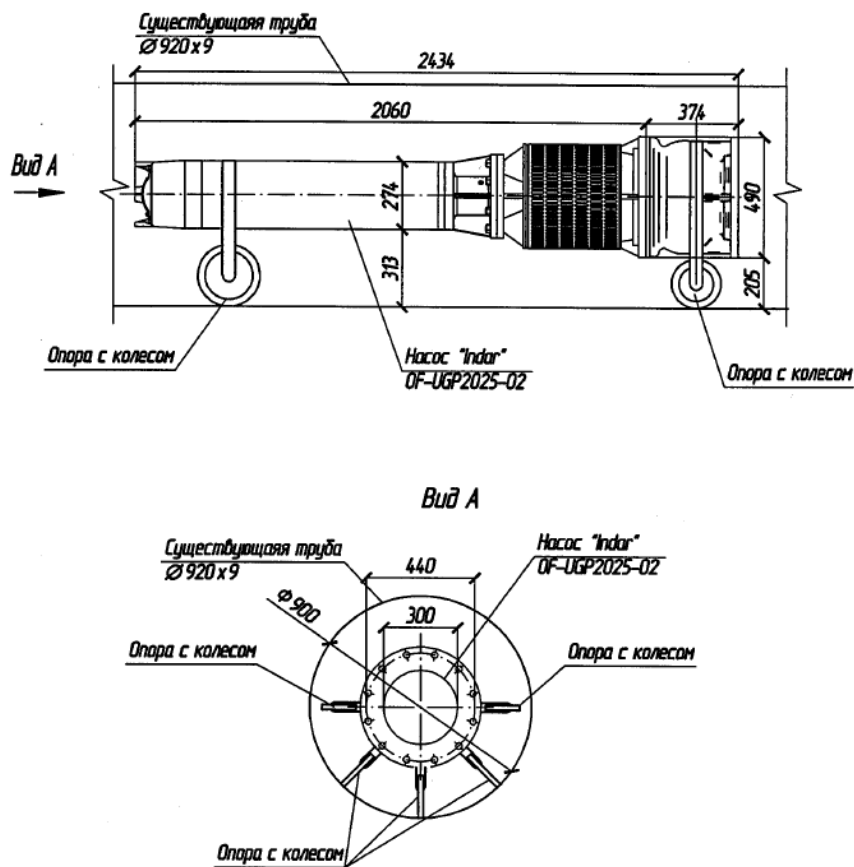


Рисунок 2.3 - Схема насоса INDAR марки UGP-2025/1R с колесами

В здании насосной станции осуществлена замена существующих центробежных насосов на одноступенчатые одинарные центробежные насосы типа «ин-лайн» Grundfos марки TP 300-590/4 X-F-A DBUE (рисунок 2.4), замена запорной арматуры и различных метизов.

Также произведена реконструкция водоприемных оголовков: замена фильтрующего материала в фильтровальной камере и замена сороудерживающих решеток. В качестве фильтрующего материала используется гранитный щебень, крупностью 70-80 мм. Объем

фильтрующего материала на один оголовок  $V=3.02 \text{ м}^3$ . Высота засыпки  $h=0.5$  м. Общий объем гранитного щебня на все оголовки -  $12.08 \text{ м}^3$ .

Водозаборные оголовки, наполненные гранитным щебнем, представляют собой рыбозаградитель типа «объемный фильтр», однако, не обеспечивает защиту от прохождения молоди рыбы через фильтрующую загрузку.



Рисунок 2.4 - Замена центробежных насосов (слева: до реконструкции; справа: после реконструкции)

Вода от береговой насосной станции подается на насосно-фильтровальную станцию (далее НФС), где проходит многоступенчатую очистку, а после очистки насосами второго подъема подается населению в город.

В состав НФС входят следующие сооружения и помещения:

- входная камера с барабанными сетками и смесителем;
- контактные осветлители;
- реагентное хозяйство с цехами коагулянта;

- хлораторная;
- лаборатория;
- мастерские.

Технологическая схема подготовки воды на НФС представлена на рисунке 2.5.

Вода, подаваемая на станцию, поступает для предварительной очистки на барабанные сетки. Пройдя через водосливы, поступает в карманы барабанных сеток, из них по трубопроводам, в которые подается хлор для первичного хлорирования, вода поступает в контактный резервуар, обеспечивающий контакт воды с хлором и далее - в смеситель с дырчатыми перегородками, в который вводится коагулянт и ПАА.

После смесителя вода подается на контактные осветлители, где освобождается от взвеси и поступает по сборному трубопроводу в резервуары чистой воды. В этот трубопровод предусмотрен ввод вторичного хлорирования.

Для снижения хлоросодержащих продуктов в 2002 г. на НФС были введены в эксплуатацию ультрафиолетовые установки УФСВ для первичной обработки воды. Однако, так как блок УФ-обеззараживания установлен на входной воде, не прошедшей все этапы очистки, происходит быстрое перегорание ламп и появляется неприятный запах при большой концентрации в воде (в летний период) водорослей и мидий.

После смесителя вода подается на контактные осветлители, где освобождается от взвеси. В качестве фильтрующего материала применяется дробленый керамзит. После контактных осветлителей вода поступает по сборному трубопроводу в резервуары чистой воды. В этот трубопровод предусмотрен ввод вторичного хлорирования.

В работе с контактными осветлителями проблемой является быстрая истираемость фильтрующей загрузки.

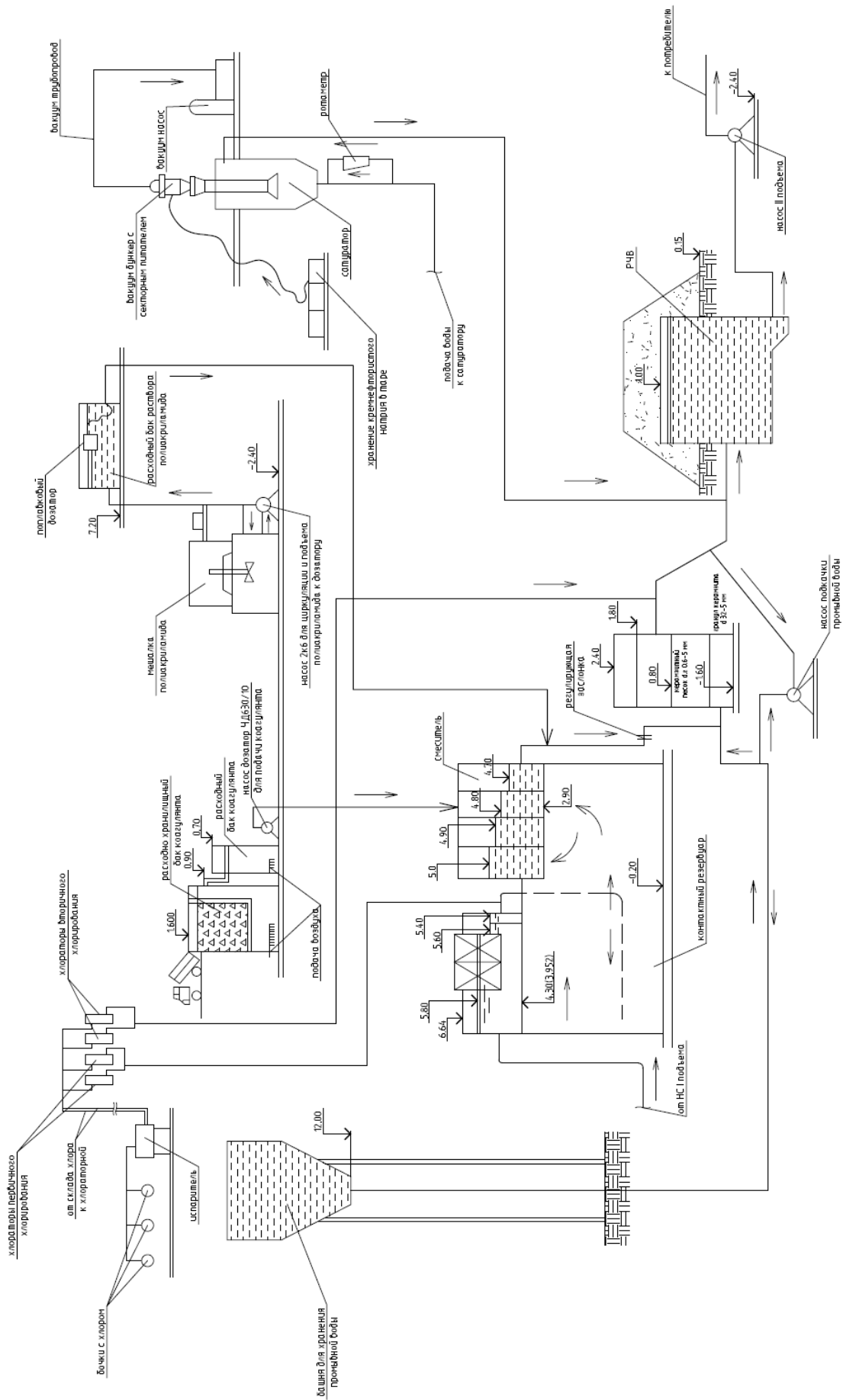


Рисунок 2.5 – Технологическая схема подготовки воды на НФС г. Жигулевска

В настоящий момент для рационального использования воды и охраны окружающей среды на НФС предложено повторное использование промывных вод (рисунок 2.6). Для проектирования используются существующие сооружения, что значительно снижает стоимость объекта. В состав сооружений для повторного использования промывных вод входят: вертикальная песколовка со встроенными тонкослойными модулями; открытые гидроциклоны; отстойники промывных вод. Также подобраны насосы и гидроэлеватор.

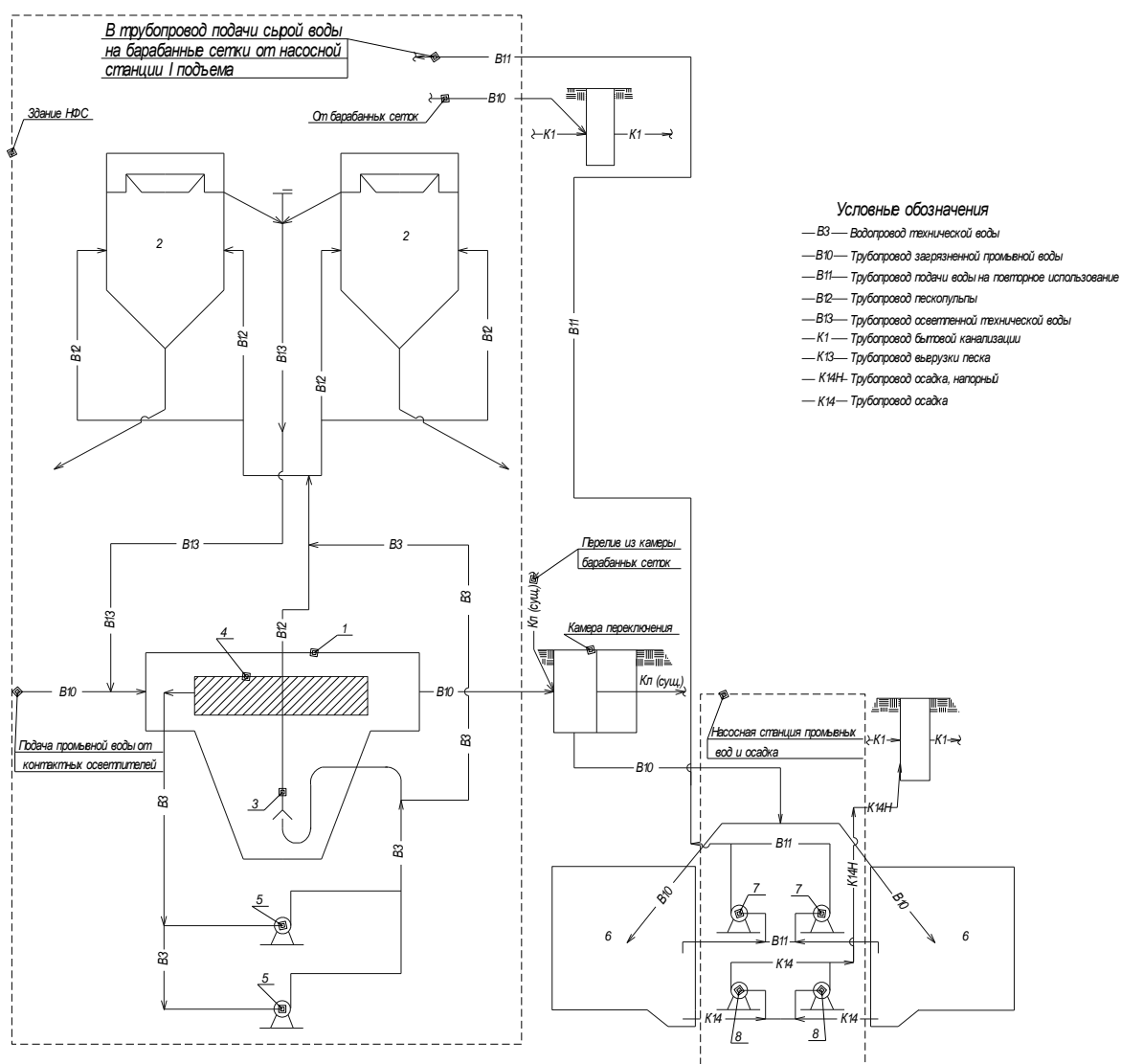


Рисунок 2.6. - Схема повторного использования промывных вод

Качество воды в источнике водоснабжения г. Жигулевск представлено в табл. 2.1, 2.2.

Таблица 2.1 – Результаты анализов питьевой воды по НФС за апрель 2014 г.

№ п/п	Наименование анализов	ед. изм.	Волга		
			мин.	макс.	сред.
1	Термотолер. колиф. бактерии	КОЕ/100мл	н/об	7,8	1,0
2	Общие колиф. бактерии	КОЕ/100мл	н/об	7,8	1,1
3	Общее число бактерий	ч. бакт. в 1мл	н/об	2,0	0,4
4	Колифаги	БОЕ/100мл	н/об	н/об	н/об
5	Споры сульфитр. клостридий	ч. спор/20мл	н/об	н/об	н/об
6	рН		7,52	7,99	7,69
7	Сухой остаток	мг/дм <sup>3</sup>			277,2
8	Жесткость общ.	мг*эquiv/л			4,35
9	Окисляемость	мг/дм <sup>3</sup>	5,58	6,42	5,94
10	Нефтепродукты	мг/дм <sup>3</sup>			н/обн
11	АПАВ	мг/дм <sup>3</sup>			н/обн
12	Алюминий	мг/дм <sup>3</sup>			<0,004
13	Железо общее	мг/дм <sup>3</sup>	0,167	0,267	0,22
14	Кадмий	мг/дм <sup>3</sup>			
15	Марганец	мг/дм <sup>3</sup>			
16	Медь	мг/дм <sup>3</sup>			
17	Молибден	мг/дм <sup>3</sup>			
18	Мышьяк	мг/дм <sup>3</sup>			
19	Никель	мг/дм <sup>3</sup>			
20	Аммиак	мг/дм <sup>3</sup>	0,25	0,38	0,3
21	Нитриты	мг/дм <sup>3</sup>	0,01	0,165	0,03
21	Нитраты	мг/дм <sup>3</sup>	4,92	6,27	5,62
23	Свинец	мг/дм <sup>3</sup>			
24	Сульфаты	мг/дм <sup>3</sup>			72,3
25	Фториды	мг/дм <sup>3</sup>			0,388
26	Хлориды	мг/дм <sup>3</sup>	25,46	29,34	27,28
27	Хром	мг/дм <sup>3</sup>			
28	Цинк	мг/дм <sup>3</sup>			
29	Ост.хлор общий	мг/дм <sup>3</sup>			
30	Ост.хлор своб.	мг/дм <sup>3</sup>			

31	Хлороформ	мг/дм <sup>3</sup>			
32	Полифосфаты	мг/дм <sup>3</sup>			0,11
33	Запах	балл.	1	2	1
34	Привкус	балл.	2	2	2
35	Цветность	град.	20,0	22,0	20,9
36	Мутность	мг/дм <sup>3</sup>	<0,1	<0,1	<0,1
37	Прозрачность	см	>30	>30	>30
38	Щелочность	мг*экв/л	2,7	2,8	2,72
39	Взвешенные в-ва	мг/дм <sup>3</sup>			1,6
40	БПК5	мг/дм <sup>3</sup>			1,07

Таблица 2.2 – Результаты анализов питьевой воды по НФС за май 2014 г.

№ п/п	Наименование анализов	ед. изм.	Волга		
			мин.	макс.	сред.
1	Термотолер. колиф. бактерии	КОЕ/100мл	н/об	7,8	1,0
2	Общие колиф. бактерии	КОЕ/100мл	н/об	7,8	1,1
3	Общее число бактерий	ч. бакт. в 1мл	н/об	2,0	0,4
4	Колифаги	БОЕ/100мл	н/об	н/об	н/об
5	Споры сульфитр. клостридий	ч. спор/20мл	н/об	н/об	н/об
6	рН		7,52	7,99	7,69
7	Сухой остаток	мг/дм <sup>3</sup>			277,2
8	Жесткость общ.	мг*экв/л			4,35
9	Окисляемость	мг/дм <sup>3</sup>	5,58	6,42	5,94
10	Нефтепродукты	мг/дм <sup>3</sup>			н/обн
11	АПАВ	мг/дм <sup>3</sup>			н/обн
12	Алюминий	мг/дм <sup>3</sup>			<0,004
13	Железо общее	мг/дм <sup>3</sup>	0,167	0,267	0,22
14	Кадмий	мг/дм <sup>3</sup>			
15	Марганец	мг/дм <sup>3</sup>			
16	Медь	мг/дм <sup>3</sup>			
17	Молибден	мг/дм <sup>3</sup>			
18	Мышьяк	мг/дм <sup>3</sup>			
19	Никель	мг/дм <sup>3</sup>			
20	Аммиак	мг/дм <sup>3</sup>	0,25	0,38	0,3



21	Нитриты	мг/дм <sup>3</sup>	0,01	0,165	0,03
21	Нитраты	мг/дм <sup>3</sup>	4,92	6,27	5,62
23	Свинец	мг/дм <sup>3</sup>			
24	Сульфаты	мг/дм <sup>3</sup>			72,3
25	Фториды	мг/дм <sup>3</sup>			0,388
26	Хлориды	мг/дм <sup>3</sup>	25,46	29,34	27,28
27	Хром	мг/дм <sup>3</sup>			
28	Цинк	мг/дм <sup>3</sup>			
29	Ост.хлор общий	мг/дм <sup>3</sup>			
30	Ост.хлор своб.	мг/дм <sup>3</sup>			
31	Хлороформ	мг/дм <sup>3</sup>			
32	Полифосфаты	мг/дм <sup>3</sup>			0,11
33	Запах	балл.	1	2	1
34	Привкус	балл.	2	2	2
35	Цветность	град.	30,0	32,0	30,9
36	Мутность	мг/дм <sup>3</sup>	<0,1	<0,1	<0,1
37	Прозрачность	см	>30	>30	>30
38	Щелочность	мг*эquiv/л	2,7	2,8	2,72
39	Взвешенные в-ва	мг/дм <sup>3</sup>	16	18	17,2
40	БПК5	мг/дм <sup>3</sup>		2,6	1,07

Проанализировав техническое состояние системы водоснабжения г. Жигулевск можно сказать, что перспективы для развития очень велики.

## **3 РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЙ ПО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ РАБОТЫ ВОДОЗАБОРА И НФС ГОРОДА ЖИГУЛЕВСК**

### ***3.1 Рекомендации по рыбозащите***

На водозаборе приемный оголовок представляет собой рыбозаградитель типа «объемный фильтр». Загрузка из щебня не обеспечивает проникновение молоди рыбы на водозабор. В связи с этим предлагается использовать в качестве загрузки синтетические шарики.

Применение в качестве загрузки синтетических шариков обеспечит надежную рыбозащиту за счет перемещения шарообразных элементов фильтрующей загрузки в кассетах - отпугивания мальков рыбы и механического препятствования их проникновению в толщу загрузки, обеспечивающего возможность реконструкции действующих водозаборов за счет упрощения конструкции этого устройства и его монтажа, а также исключаящего кольматацию загрузки, что позволяет не применять сложную систему промывки и, следовательно, упростить эксплуатацию водозаборного сооружения.

Принцип работы РЗУ:

Рыбозащитное устройство водозаборного сооружения, включающее водоприемную камеру, на водоприемном отверстии которой уложена фильтрующая загрузка из шарообразных свободно перемещающихся элементов разного диаметра, толщина слоя фильтрующей загрузки составляет не менее 400 мм, в нижней части водоприемной камеры горизонтально установлена решетка, расстояние между стержнями или диаметр отверстий которой меньше диаметра шарообразных элементов, шарообразные свободно перемещающиеся элементы разного диаметра выполнены из материала с плотностью 1,10-1,20 плотности воды.

Отличительными от прототипа признаками заявляемого технического решения являются:

- шарообразные свободно перемещающиеся элементы разного диаметра выполнены из материала с плотностью 1,10-1,20 плотности воды.

Водоприемная камера установлена с возможностью подвода воды к горизонтально установленной решетке снизу вверх, что образует восходящий поток воды в водоприемной камере, исключает налипание взвешенных наносов и мусора на решетку и обеспечивает хаотичное перемещение шарообразных элементов в пределах камеры при скорости входа в отверстия решетки 0,2-0,3 м/с.

Шарообразные свободно перемещающиеся элементы разного диаметра выполнены из материала с плотностью 1,10-1,20 плотности воды, что обеспечивает их хаотичное возвратно-поступательное перемещение в пределах водоприемной камеры под гидродинамическим воздействием восходящего потока, взвешивая в воде эти элементы. Фактическая скорость потока воды в порах фильтрующей загрузки существенно (примерно в 2,0-2,5 раза) выше скорости входа в отверстия решетки, которая по условиям рыбоохраны не должна превышать 0,2-0,3 м/с. Взвешивание шарообразных элементов в восходящем потоке обуславливает относительно небольшое гидравлическое сопротивление фильтрующей загрузки при постоянно меняющихся размерах пор, которая в то же время остается практически непреодолимым механическим препятствием для мальков рыб. При плотности материала, из которого выполнены шарообразные элементы, меньшей указанного диапазона эти элементы концентрируются преимущественно в верхней части водоприемной камеры или могут попасть в водовод и береговой водоприемный колодец, что снижает барьерный эффект устройства для мальков рыбы. При плотности материала большей 1,20 плотности воды шарообразные элементы оказываются недостаточно подвижными и концентрируются на решетке, увеличивая гидравлическое сопротивление в устройстве. Относительно малая, подвижность шарообразных элементов приводит к снижению самоочищающего эффекта

загрузки от проникающих в поры взвешенных загрязнений, содержащихся в воде, что повышает вероятность кольтации фильтрующей загрузки.

Таким образом, обеспечивается причинно-следственная связь совокупности отличительных признаков заявляемого изобретения и достигаемого технического результата: обеспечение надежной рыбозащиты - отпугивания мальков рыбы за счет перемещения шарообразных элементов фильтрующей загрузки в водоприемной камере при гидродинамическом воздействии на них потока воды и за счет механического препятствования проникновению мальков рыбы в толщу загрузки, при этом также исключается кольтация загрузки и, следовательно, исключается применение сложной системы промывки, что упрощает эксплуатацию водозаборного сооружения.

### ***3.2 Выбор загрузки контактных осветлителей на НФС г. Жигулевск***

На НФС г. Жигулевск ранее применялись различные инертные фильтрующие материалы: кварцевый песок, дробленый керамзит, щебень. Данные фильтрующие материалы в настоящее время не всегда обеспечивают качественную водоподготовку, а в некоторых случаях не соответствуют требованиям прочности и гранулометрического состава. Так в период эксплуатации НФС с загрузкой КО дробленным керамзитом возникло множество проблем именно с прочностью материала. На НФС приходилось часто осуществлять замену загрузки по причине ее износа.

С учётом непрерывно возрастающих требований к качеству потребляемой воды в отечественной практике с каждым годом все шире используются новые сорбционные материалы, обеспечивающие более эффективную очистку природных вод по сравнению с традиционными инертными и сорбционными фильтрующими загрузками.

К числу таких материалов относятся:

- Сорбент АС;

- Сорбент МС;
- Сорбент МСК;
- Сорбент ОДМ.

Ниже рассмотрены основные технические характеристики данных сорбентов.

**Сорбент АС** представляет собой фильтрующий материал искусственного происхождения, имеющий большую площадь поверхности. Используется для подготовки воды и выпускается в гранулах. Благодаря равномерному распределению активных компонентов, входящих в структуру сорбента, возможно использование даже разломанных гранул. Вид гранул сорбента АС представлен на рисунке 3.1.



Рисунок 3.1 – Сорбент АС

«Сорбент АС» действует как катализатор окисления в реакциях взаимодействия растворенного кислорода с соединениями железа (II) и (III). В результате этих реакций образуется нерастворимый гидроксид железа (III), легко удаляющийся промывкой. Сорбент не нуждается в регенерации и применении каких-либо химических реагентов. Достаточно периодически проводить промывку водой, либо выполнять водовоздушную промывку, которая наиболее эффективнее. Материал сорбента - очень прочный материал, и соответственно, не расходуется в процессе эксплуатации.

Данный сорбент имеет большую емкость и эффективно поддерживает очень низкие концентрации загрязняющих веществ в очищенной воде.

Этот сорбент годен для очистки воды от Fe, Sr, Al, нефтепродуктов,

фенола и др. Сорбент показывает эффективную работу при высоких скоростях потока благодаря большой площади поверхности, что невозможно осуществлять с загрузками, например, в виде кварцевого песка и гидроантрацита. «Сорбент АС» значительно снижает расход реагента. Наибольшая эффективность сорбента наблюдается при совместном использовании с «Сорбентом МС».

*Преимущества использования:*

- длительный срок эксплуатации;
- работает со всеми видами окислителей;
- предварительное хлорирование не снижает активность сорбента.

Одним из самых важных отличий «Сорбента АС» от аналогов заключается в том, что этот материал не подвергается дополнительной обработке покрытиями, изготовленными на основе активных металлов. Благодаря этому исключена возможность того, что сорбент перестанет действовать после того, как эти покрытия истощатся или будут смыты. Каталитически активные компоненты входят в структуру гранулы сорбента равномерно, что обеспечивает эффективную работу даже при разломе гранулы.

*Основные технические характеристики «Сорбента АС»:*

Насыпная плотность	700 ± 20 кг/м <sup>3</sup>
Удельная поверхность	150 ± 30 м <sup>2</sup> /г
Истираемость	0,06 %
Измельчаемость	0,04 %
Условная механическая прочность	0,79 %
Межзерновая пористость	49 ± 3 %
Коэффициент формы зерна	1,65-1,71
Емкость по нефтепродуктам в динамических условиях	170 г/кг
Расчетная емкость по железу и взвешенным веществам	1 г/л
Коэффициент распределения радионуклидов	103-104
рН	минимум 5,8
Фракции фильтрующего материала	0,315-3,0 мм

Скорость фильтрации с использованием сорбента 10-20 м/ч. Скорость промывки 18-20 м/ч, если материал расширен на 30-35 %. Продолжительность промывки – 10 минут.

**Сорбент МС** представляет собой фильтрующую загрузку нового поколения, не имеющую аналогов в мировой практике очистки воды. Является наиболее оптимальным, экономически эффективным решением для удаления Fe, Mn, нефтепродуктов. «Сорбент МС» рекомендуется использовать в качестве основного или многослойного элемента слоя фильтрующей загрузки. Используется для подготовки воды и выпускается в гранулах. Благодаря равномерному распределению активных компонентов, входящих в структуру сорбента, возможно использование даже разломанных гранул. Наибольшая эффективность сорбента наблюдается при совместном использовании с «Сорбентом АС». Вид гранул сорбента МС представлен на рисунке 3.2.



Рисунок 3.2 – Сорбент МС

«Сорбент МС» действует как катализатор окисления в реакциях взаимодействия растворенного кислорода с соединениями железа (II) и (III). В результате этих реакций образуется нерастворимый гидроксид железа (III), легко удаляющийся промывкой. Сорбент не нуждается в регенерации и применении каких-либо химических реагентов. Достаточно периодически проводить промывку водой, либо выполнять водовоздушную промывку, которая наиболее эффективнее. Материал сорбента - очень прочный

материал, и соответственно, не расходуется в процессе эксплуатации.

Данный сорбент имеет большую емкость и эффективно поддерживает очень низкие концентрации загрязняющих веществ в очищенной воде.

*Преимущества использования:*

- длительный срок эксплуатации;
- широкий диапазон температур применения;
- работает со всеми видами окислителей;
- не требует предварительной корректировки рН воды;
- предварительное хлорирование не снижает активность сорбента;
- снижение при фильтрации показателя Цветность на 70-80%;
- снижение перманганатной окисляемости на 20-25%.

Одним из важных отличий «Сорбента МС» от аналогов заключается в том, что его гранулы не покрыты химически активными веществами – они входят в саму структуру гранулы. Это значит, что при использовании невозможен смыв этих поверхностей или их истощение. Следовательно, засыпка будет служить длительное время.

*Основные технические характеристики «Сорбента МС»:*

Насыпная плотность	1350-1400 кг/м <sup>3</sup>
Плотность	2850 кг/м <sup>3</sup>
Истираемость	0,01 %
Измельчаемость	0,19 %
Межзерновая пористость	46-49 %
Коэффициент неоднородности	1,4-1,6
рН	4,5-9,0
Фракции фильтрующего материала	0,315-3,0 мм

Скорость фильтрации с использованием сорбента составляет от 10-ти до 15-ти м/ч. Скорость промывки – от 50-ти до 60-ти м/ч при условии расширения на 30-35 %. Продолжительность промывки – 5-10 минут.

**Сорбент МСК** производится из природного минерала пиролюзит.



Используется для удаления из воды растворенных Fe, Mn и сероводорода. «Сорбент МСК» рекомендуется использовать в качестве основного или многослойного элемента загрузки. Особенно эффективен с другими загрузками: «Сорбент АС» и «Сорбент МС». Вид гранул сорбента МСК представлен на рисунке 3.3.



Рисунок 3.3 – Сорбент МСК

«Сорбент МСК» не обработан дополнительно химически активными покрытиями на основе марганца или иного каталитически активного металла, что исключает вероятность отказа в работе при истощении или смыве данных поверхностей.

*Основные технические характеристики «Сорбента МСК»:*

Насыпная плотность	1770-1800 кг/м <sup>3</sup>
Плотность	3500 кг/м <sup>3</sup>
Истираемость	0,1 %
Измельчаемость	0,1 %
Межзерновая пористость	46-52 %
Коэффициент неоднородности	1,4-1,6
рН	4,5-9,0
Фракции фильтрующего материала	0,315-1,5 мм

Скорость фильтрации с использованием сорбента составляет 7-15 м/ч. Скорость промывки – 40-45 м/ч при условии расширения на 30-35 %. Продолжительность промывки – 10 минут.

Несмотря на хорошие технические характеристики сорбента рекомендуется подавать на загрузку предварительно аэрированную воду или проводить время от времени реагентную регенерацию с окислителем.

**Сорбент ОДМ** представляет собой искусственный гранулированный

пористый фильтрующий некаталитический материал с большой площадью поверхности. Используется для подготовки питьевой воды.

Эффективен при удалении взвешенных веществ. Может быть использован для удаления из воды окисленного железа, тонкой очистке от нефтепродуктов. Вид гранул сорбента ОДМ представлен на рисунке 3.4.



Рисунок 3.4 – Сорбент ОДМ

Применение сорбента позволяет заменить кварцевые пески и активированные угли в фильтрах очистки питьевой воды, улучшить органолептические характеристики воды, удалить железо и оксиды железа, провести тонкую очистку от нефтепродуктов, снизить содержания фосфатов, азот содержащих соединений, хлоридов.

*Основные технические характеристики «Сорбента ОДМ»:*

Насыпная плотность	680-720 кг/м <sup>3</sup>
Удельная поверхность	120-180 м <sup>2</sup> /г
Истираемость	0,09 %
Измельчаемость	0,22 %
Межзерновая пористость	45-52 %
рН	5,0-10,0
Фракции фильтрующего материала	0,5-40,0 мм

Скорость фильтрации с использованием сорбента составляет 12-14 м/ч.

Для условий НФС г. Жигулевск наиболее приемлемым является сочетание сорбентов АС (более мелкие фракции) и МС (более крупные фракции).

### **3.3 Обеззараживание воды на очистных сооружениях**

Обеззараживание воды на НФС осуществляется в два этапа. Первичное УФО, вторичное хлорирование. Однако первичное УФО периодически отключается в связи с появлением на водозаборе мелких мидий и попадание их на первичную стадию очистки. При этом при воздействии на них УФО вода приобретает неприятный запах и на НФС вынуждены применять первичное хлорирование. В связи с этими обстоятельствами применение на первичной стадии обработки воды УФО на НФС является спорным.

Хлорное хозяйство эксплуатируется уже длительное время и нуждается в реконструкции для приведения к современным требованиям. Хлорное хозяйство является объектом повышенной опасности. Актуальным становится переход на современные методы обеззараживания сточных вод без использования хлора.

Ниже рассмотрены различные способы обеззараживания воды: электролизная установка, озонирование, антимикробный препарат «БИОПАГ».

**Обеззараживание гипохлоритом натрия.** В данном случае предлагается промышленный способ обработки воды низкоконцентрированным электролитическим гипохлоритом натрия [16] (проточным электролизером ЗАО «НПФ «Юпитер»). Для получения гипохлорита натрия используется, искусственный раствор поваренной соли.

Электролиз осуществляется в проточном режиме подачи минерализованной воды через электролизер. На выходе электролизера получается водный раствор гипохлорита натрия с концентрацией по активному хлору до 8,0 г/л.



Рисунок 3.5 – Схема электролизной установки

**Электролизная установка** включает в себя:

- 1) проточный электролизер;
- 2) выпрямитель постоянного тока;
- 3) буферный резервуар;
- 4) насос для перекачки ГПХН.

Общий вид электролизной установки представлен на рис. 3.6.



Рисунок 3.6 - Общий вид электролизной установки

Технологический процесс получения водного раствора гипохлорита натрия заключается в следующем: – минерализованная вода насосом по напорному трубопроводу подается в электролизеры. Количество воды, поступающей на электролизеры, устанавливается с помощью задвижек и контролируется счетчиками воды на входах в электролизеры; – Протекающая через электролизеры вода подвергается электролизу. На выходе электролизера образуется раствор гипохлорита натрия

Раствор гипохлорита натрия поступает из электролизеров в буферные резервуары. Из буферных резервуаров раствор насосами подается на обеззараживание, при этом количество активного хлора регулируется производительностью насосов подачи гипохлорита.

**Озонирование.** Это настоящий природный метод, ведь в природе очистка воды происходит таким же образом — приземной озон и фильтрация. Озон с точки зрения химии — молекула, которая состоит из трех атомов кислорода, и этим он отличается от кислорода воздуха, молекула которого состоит из двух атомов. Озон в природе появляется при грозе, у водопадов, а для промышленного использования он вырабатывается специальными генераторами.

Озонирование позволяет удалять из воды вредные соединения, бороться с неприятными запахами и улучшать вкус воды, при этом не образуются вредные соединения. Это делает озонирование очень перспективным способом очистки воды для питья.

С его помощью можно очищать сточные воды и подготавливать питьевую воду, делать ее более качественной. Озонирование очистит воду не только от химических, но и от биологических загрязнений.



Рисунок 3.7 - Станция озонирования для водоподготовки

С помощью озонирования можно добиться следующих эффектов:

- обеззараживание;
- обесцвечивание;
- обезжелезивание;
- устранение привкусов и запахов воды.

Озоновая очистка воды происходит в результате такого химического процесса, как окисление. Озон — сильнейший природный окислитель, вырабатывается в специальных генераторах. Именно в результате окислительных реакций в воде уничтожаются вредные химические соединения, болезнетворные бактерии и прочие загрязнения. Что касается бактериологической очистки, то озонирование имеет больше преимуществ по сравнению с хлорированием.

При хлорировании воздействие на бактерии происходит выборочное и более медленное, кроме того не стоит забывать что сами по себе соединения хлора вредны для здоровья. Озон же действует на бактерии резко и безопасно для потребителя.

Обесцвечивание с помощью озона достигается за счет разложения красящих веществ на простейшие, а также в объединении веществ, которые затем выпадают в осадок.

### **Антимикробный препарат «БИОПАГ».**

Приемлемым и перспективным по экономическим и технологическим показателям является современный метод обеззараживания сточных вод с использованием реагента БИОПАГ не содержащего хлора, который соответствует всей совокупности современных требований.

БИОПАГ - водный раствор полимера катионного типа. Дозируется в сточную воду на этапе обеззараживания – после вторичных отстойников. Метод обеззараживания сточных вод БИОПАГом имеет ряд преимуществ:

- 100% эффективность при обеззараживании в отношении санитарно-показательных и патогенных микроорганизмов, доведение сточных вод до соответствующих требований;
- обеззараженные реагентом БИОПАГ сточные воды удовлетворяют гигиеническим нормативам при сбросе в воды водных объектов хозяйственно-питьевого, культурно-бытового и рыбохозяйственного назначения;
- минимальные первоначальные инвестиции (возможно использование оборудования для дозации хлора);
- безопасность для персонала, низкие затраты на хранение реагента.

Внедрением метода обеззараживания сточных вод БИОПАГом достигается:

1. Высокая эффективность обеззараживания в отношении патогенной микрофлоры.
2. Более низкая стоимость обеззараживания, чем при хлорировании.
3. Отказ от применения хлора, повышение надежности и безопасность работы очистных сооружений за счет ликвидации опасного объекта –

хлорного хозяйства. Как следствие, предприятие избавляется от необходимости строительства дорогостоящих сооружений хлорного хозяйства, требующих соблюдения специальных правил по технике безопасности и охране труда (оформление разрешительных документов по работе с хлором).

4. Отсутствие в обрабатываемой воде побочных токсичных продуктов, характерных для хлорирования.

5. Простой ввод системы обеззараживания в технологическую цепочку с использованием действующих объектов очистных сооружений без значительных затрат на строительно-монтажные работы, без нарушений и остановки технологических процессов.

6. Ликвидация террористической угрозы на производственном объекте.

Исходя из этого, предлагается заменить хлор на препарат антимикробный «БИОПАГ», действующее вещество – полигексаметиленгуанидин гидрохлорид (ПГМГГХ), выпускается в соответствии с ТУ 9392-009-41547288-2000 с изменениями №1 и применяется для очистки и обеззараживания: воды плавательных бассейнов; аквапарков; питьевой воды, в том числе в системах централизованного и нецентрализованного (локального) питьевого водоснабжения и при чрезвычайных ситуациях; воды на снегоплавильных станциях; сточных вод; воды открытых водоемов; воды в фонтанах; воды для поливки улиц; питьевой и технической воды при транспортировке на большие расстояния; воды оборотных систем технического и питьевого водоснабжения. Также препарат применяется для дезинфекции поверхностей: помещений, оборудования и емкостей хранения, транспортирования, подачи и розлива питьевой воды; оборудования оборотных систем технического и питьевого водоснабжения; тары для хранения технической и питьевой воды; вспомогательного инвентаря и т.п.



Препарат антимикробный «БИОПАГ» выпускается в двух формах:

- «жидкая форма» – 20%-процентный водный раствор полигексаметиленгуанидина гидрохлорида, представляющий собой прозрачную жидкость от бесцветного до желтого цвета (рН 1%-го раствора 8,0-10,5) (далее по тексту - жидкая форма);
- «твердая форма», содержащая не менее 95% полигексаметиленгуанидина гидрохлорида, представляющая собой вещество в виде мелких частиц от бесцветного до желтого цвета (далее по тексту – твердая форма).

Препарат антимикробный «БИОПАГ» обладает антимикробной активностью в отношении бактерий, грибов; обладает дезодорирующими свойствами.

По параметрам острой токсичности «БИОПАГ» относится к 3 классу умеренно опасных веществ по ГОСТ 12.1.007-76 при введении в желудок и к 4 классу малоопасных веществ - при нанесении на кожу. Пары препарата при ингаляции в условиях насыщающих концентраций малоопасны (4 класс опасности по степени летучести). Препарат «БИОПАГ» обладает выраженным местно-раздражающим действием. Порог однократного местно-раздражающего действия в виде раствора находится выше 20% концентрации, а порог повторного местно-раздражающего действия на кожу – на уровне 1% концентрации. При попадании в глаза вызывает выраженное раздражение слизистых оболочек с поражением роговицы и потерей зрения.

ПДК полигексаметиленгуанидин гидрохлорида в воздухе рабочей зоны - 2,0 мг/м<sup>3</sup> (аэрозоль); ПДК<sub>в</sub> - в воде водоемов, в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования – 0,1 мг/л; ПДК<sub>р.х.</sub> - в воде рыбохозяйственного водоема – 0,01 мг/л.

### *Приготовление рабочих растворов*

Рабочие растворы препарата антимикробного «БИОПАГ» готовят в емкостях из любого материала путем смешивания препарата с водопроводной водой в соотношениях, указанных в таблицах 3.1 и 3.2.

Таблица 3.1 Дезинфекция воды препаратом «БИОПАГ» (жидкая форма)

Остаточная концентрация «БИОПАГа» в воде		Количество препарата (в мл), необходимое для дезинфекции воды (м <sup>3</sup> )		
по действующему веществу, мг/л (г/м <sup>3</sup> )	по препарату, мл/м <sup>3</sup>	1 м <sup>3</sup>	10 м <sup>3</sup>	100 м <sup>3</sup>
0,2	1,0	1	10	100
0,5	2,5	2,5	25	250
1,0	5,0	5	50	500
2,0	10,0	10	100	1000

Таблица 3.2 Дезинфекция воды препаратом «БИОПАГ» (твердая форма)

Остаточная концентрация «БИОПАГа» в воде		Количество препарата (в мл), необходимое для дезинфекции воды (м <sup>3</sup> )		
по действующему веществу, мг/л (г/м <sup>3</sup> )	по препарату, мл/м <sup>3</sup>	1 м <sup>3</sup>	10 м <sup>3</sup>	100 м <sup>3</sup>
0,2	1,0	1	10	100
0,5	2,5	2,5	25	250
1,0	5,0	5	50	500
2,0	10,0	10	100	1000

### *Технология применения*

Перед проведением дезинфекционных мероприятий по очистке и обеззараживанию воды с целью получения максимального эффекта и уменьшения расхода препарата антимикробного «БИОПАГ» рекомендуется провести предварительную очистку воды разрешенными к применению коагулянтами, флокулянтами и/или провести механическую очистку воды.

Препарат антимикробный «БИОПАГ» применяют в концентрации 0,2-2,0 мг/л по действующему веществу с соблюдением времени экспозиции 120 минут. Концентрация препарата выбирается экспериментально для каждой конкретной взятой пробы и зависит от микробного загрязнения воды.

При использования препарата антимикробного «БИОПАГ» для очистки и обеззараживания питьевой воды недопустимо превышения установленной ПДК<sub>в</sub> на ПГМГГХ при поступлении очищенной воды потребителю.

При сбросе препарата антимикробного «БИОПАГ» в водоемы, относящиеся к водоемам рыбохозяйственного назначения, недопустимо превышение установленной ПДК<sub>р.х.</sub> на ПГМГГХ для вод рыбохозяйственного назначения.

Требования техники безопасности:

- Все работы с препаратом антимикробным «БИОПАГ» следует проводить с защитой кожи рук (резиновыми перчатками) и глаз (защитными очками);
- К работе с препаратом «БИОПАГ» не допускаются лица с повышенной чувствительностью к химическим веществам и лекарственным средствам, а также страдающие аллергическими заболеваниями;
- Запрещается курить, пить и принимать пищу во время работы с препаратом;
- Препарат антимикробный «БИОПАГ» следует хранить отдельно от пищевых продуктов и лекарств в местах, не доступных детям;
- Следует избегать контакта препарата с кожей и слизистыми оболочками глаз;
- К работе с препаратом допускаются лица, прошедшие обучение, инструктаж по безопасной работе с дезинфицирующими средствами и оказанию первой помощи при случайных отравлениях;
- В помещениях для приготовления дезинфицирующих растворов необходимо вывесить инструкции по приготовлению рабочих растворов, правила дезинфекции, а также оборудовать аптечку для оказания первой помощи.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Анализ существующей системы водоснабжения г. Жигулевск позволил выявить основные направления по совершенствованию:

- внедрение новых рыбовозащитных устройств на оголовках водозабора;
- применение новых фильтрующих загрузок на контактных осветлителях;
- ввод более безопасного метода обеззараживания воды.

2. Сравнительный анализ фильтрующих загрузок для контактных осветлителей выявил, что наиболее приемлемым для НФС является сочетание сорбентов АС (более мелкие фракции) и МС (более крупные фракции).

3. Применение на НФС обеззараживание воды препаратом антимикробным «БИОПАГ» позволит ликвидировать применение хлорного газа.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. СНиП 2.04.02-84 5. Водозаборные сооружения.
2. Журба М.Г., Соколов Л.И., Говорова Ж.М. Водоснабжение: Проектирование систем и сооружений. Учеб. – М.: АСВ, 2003.
3. Журба М.Г., Вдовин Ю.И., Говорова Ж.М., Лушкин И.А. Водозаборно-очистные сооружения и устройства / Учебное пособие для вузов. - Москва, Астрель, 2003 г.
4. Водоснабжение. Г.И. Николадзе, М.А. Сомов, 1995.
5. Водоснабжение. Учебник для вузов. - Н.Н. Абрамов, Москва, Стройиздат, 1974 г.
6. Википедия – свободная энциклопедия <http://ru.wikipedia.org/wiki/> Источник справочных материалов, определений, терминов.
7. Водная стратегия Российской Федерации на период до 2020 года. Документ, определяющий основные направления развития водного хозяйства Российской Федерации. Также в данном документе присутствуют статистические данные о современном состоянии водного хозяйства.
8. Данилов-Данильян В.И. Потребление воды: экологический, экономический, социальный и политический аспекты/ В.И. Данилов-Данильян, К.С. Лосев – М.: Наука, 2006. – 221 с.
9. Инженерная защита поверхностных вод от промышленных стоков: Учеб. пособие/ Д.А. Кривошеин, П.П. Кукин, В.Л. Лапин и др. – 2-е изд., стер. – М.: Высш. Шк., 2008. – 344 с.: ил.
10. Храменков С.В. Стратегия модернизации водопроводной сети. – М.: ОАО «Издательство «Стройиздат», 2005. – 400 с.: ил.
11. Станкович И. Современные методики очистки питьевой воды. ТАНАЛ Сербия, Белград, 2010.

12. Водозаборные сооружения для водоснабжения из поверхностных источников / Под ред. Михайлова К.А. и Образовского А.С.. – М.: Стройиздат, 1976. – 368 с.
13. Порядин А.Ф. Водозаборы в системах централизованного водоснабжения. – М.: Изд. НУМЦ Госкомэкологии РФ, 1999. – 338 с.
14. Образовский А.С., Ереснов Н.В., Ереснов В.Н. и др. Водозаборные сооружения для водоснабжения из поверхностных источников. – М.: Стройиздат, 1976.
15. Ереснов В.Н. Исследования затопленных водоприемников с рыбозащитными фильтрующими устройствами: Автор. дис. ...канд. техн. наук. – М., 1979.
16. Орлов Г.А., Железнова Г.Л. Перспективные методы подготовки питьевой воды. – М.: ЦНТИ Минжилкомхоза РСФСР, 1987.
17. Клячко В.А., Апельцин И.Э. Очистка природных вод. – М.: Госстройиздат, 1971.
18. Стрелков А.К., Быкова П.Г. и др. Способы и сооружения для очистки природных и сточных вод. – Куйбышев: Изд. Куйбышевск. госуниверситета, 1987.
19. Маньковский Г.П., Ереснов Н.В. и др. Водоснабжение промпредприятий и населенных мест. – Ч. I. – М.-Л.: ОНТИ, 1938.
20. Вдовин Ю.И. Теория и практика фильтрующего водоприема для систем водоснабжения. – М.: ВИНТИ, 1998.
21. Сурин А.А. Водоснабжение. – Ч. 1. Вода и водосборные сооружения. – М.-Л.: ОНТИ, 1932.
22. Черепашинский М.А. Водоснабжение. – С.-Пб., 1905.
23. Абрамов Н.Н. Водоснабжение. Учебник для вузов. Издание третье, переработанное и дополненное – М.: Стройиздат, 1982–440с.
24. Николадзе Г.И., Минц Д.М., Кастальский А.А. Подготовка воды для питьевого и промышленного водоснабжения. Учеб. пособие для

- вузов. – Издание второе, переработанное и дополненное – М.: Высш. Школа 1984–368с.
25. Кастольский А.А., Минц Д.М., Подготовка воды для питьевого и промышленного водоснабжения. Учеб. пособие для вузов – М.: Высш. Школа 1962–368с.
  26. Клячко В.А., Аронов С.Н, Лазарев В.И., Абрамов С.К. Справочник проектировщика“ Водоснабжение населенных мест и промышленных предприятий” под редакцией инж. И.А. Назарова. Издание второе, переработанное и дополненное – М.: Стройиздат 1977 – 287с.
  27. Иванов В.Г., Хямяляйнен М.М. Обеззараживание. Альтернатива традиционным методам. Вода и экология. №1 – 2000 – с.33
  28. Кузнецов О.Ю., Данилина Н.И. Очистка и обеззараживание воды бактерицидным полиэлектролитом. ВСТ: Водоснабжение и санитарная техника. №10, 2000 – с.8.
  29. Данилов А.А. «Сорбент АС» – адсорбент для физико-химической очистки воды. Нов.технол. и оборуд. в водоснабж. и водоотведении. № 5. – 2005 – с. 42.
  30. Петров Е.Г. Технология обесцвечивания природных вод фильтрованием через алюмосиликатный сорбент, активированный соединениями магния. Автор. докт. дисс. ГАСИ. С.-Петербург. – 1996 – 53 с.
  31. Ecoviz Kft. Современное хлордозирующее оборудование и УФ установки, озон. Доклад. II Всероссийский семинар: Очистка и обеззараживание питьевых и сточных вод обработкой хлорсодержащими реагентами и другими способами, Москва, РФ – 2008
  32. Методические рекомендации по применению озонирования и сорбционных методов в технологии очистки воды от загрязнений

природного и антропогенного происхождения. Утверждены департаментом ЖКХ Минстроя России, 14 сентября 1995 г.

33. Журба М. Г. Водоснабжение. Проектирование систем и сооружений. В 3 т. Т. 2. Очистка и кондиционирование природных вод : учеб. пособие для вузов / М. Г. Журба, Л. И. Соколов, Ж. М. Говорова ; науч.-метод. рук. и общ. ред. М. Г. Журбы. - 2-е изд., доп. и перераб. ; Гриф МО. - М. : АСВ, 2004. - 494 с.
34. Журба М. Г. Водоснабжение. В 2 т. Т. 2. Улучшение качества воды : учеб. для вузов / М. Г. Журба, Ж. М. Говорова. - Гриф УМО. - М. : АСВ, 2008. - 543 с.
35. Водоснабжение и водоотведение. Наружные сети и сооружения. Справочник / Б.Н. Репин, С.С. Запорожец, В.Н. Ереснов и др. Под ред. Б.Н. Репина. – М.: Высш. Шк., 1995. – 431 с.
36. Фрог Б.Н. Водоподготовка: Учебное пособие для вузов. – М.: Из-во МГУ, 1996.
37. Кульский Л.А., Строкач П.П. Технология очистки природных вод. Процессы и аппараты. – Киев: Вища школа, 1981.
38. СанПиН 2.1.4.1074-01. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. – М: Госкомсанэпиднадзор России, 1996.
39. СанПиН 2.1.4.1110-02. Питьевая вода и водоснабжение населенных мест. Зоны санитарной охраны источников водоснабжения и водопроводов питьевого назначения.
40. Лысов В.А., Турянский И.П., Нечаева Л.И., Бутко А.В. Проектирование и расчет водопроводных очистных сооружений: Учебное пособие. Под общей редакцией В.А.Лысова. – Ростов н/Дону: Ростовский ГСУ, Новочеркасск: НГСУ, 2005.
41. Горбачев Е.А. Проектирование очистных сооружений водопровода из поверхностных источников. – М.: Из-во АСВ, 2004.



42. Паль Л.Л., Кару Я.Я., Мельдер Х.А., Репин Б.Н. Справочник по очистке природных и сточных вод. – М.: Высшая школа, 1994.
43. Пособие по проектированию сооружений для очистки и подготовки воды (к СНиП 2.04.02-84)/ НИИ КВОВ. – М.: ЦИТП, 1989.
44. Кожинов В.Ф. Очистка питьевой и технической воды. – М.: Стройиздат, 1971.
45. ГОСТ Р51641-2000 «Материалы фильтрующие зернистые».
46. Первов А. Г., Мотовилова Н. Б., Андрианов А. П. Ультрафильтрация – технология будущего // Водоснабжение и сан. техника. 2001. № 9.
47. Алексеев Л.С. Контроль качества воды: Учебник. М.: ИНФРА-М, 2004 г.
48. Сомов М.А. Водопроводные системы и сооружения. Учеб. для вузов. М.: Стройиздат, 1988 г.
49. Резников А.А., Муликовская Е.П., Соколов И.Ю. Методы анализа природных вод. Изд. 3-е. М., изд-во «Недра», 1970 г.
50. Вихрев В.Ф., Шкроб М.С. Водоподготовка. Учебник для вузов. / Под ред. М.С. Шкроба. Изд. 2-е. М., "Энергия", 1973 г.
51. Белан Ф.И. Водоподготовка: (расчеты, примеры, задачи). М.: Энергия, 1980 г.
52. Абрамов Н.Н. Теория и методика расчета систем подачи и распределения воды. М.: Стройиздат, 1992 г.
53. Клячко В.А., Апельцин И.Э. Очистка природных вод. М.: Издательство литературы по строительству, 1971 г.
54. Водозаборно - очистные сооружения и устройства: Учеб. пособие для студентов вузов / Под ред. М.Г. Журбы. - М.: ООО "Издательство Астрель": ООО "Издательство АСТ", 2003 г.
55. Плотников Н.А., Алексеев В.С. Проектирование и эксплуатация водозаборов подземных вод. М.: Стройиздат, 1990 г.

56. Порядин А.Ф. Устройство и эксплуатация водозаборов. М.: Стройиздат., 1984.
57. Журба М.Г., Соколов Л.И., Говорова Ж.М. Водоснабжение. Проектирование систем и сооружений. Том 1. М.: Издательство АСВ, 2003
58. Журба М.Г., Соколов Л.И., Говорова Ж.М. Водоснабжение. Проектирование систем и сооружений. Том 2. Очистка и кондиционирование природных вод. М.: Издательство АСВ, 2004 г.
59. Журба М.Г., Соколов Л.И., Говорова Ж.М. Водоснабжение. Проектирование систем и сооружений. Том 3. Системы распределения и подачи воды.
60. МДС 40-2.2000 Российское и зарубежное оборудование, рекомендованное для строительства систем водоснабжения, канализации, теплоснабжения и т.д. г.Москва. Торговый дом «Инженерное оборудование»
61. СНиП 11-01-95 “Инструкция о порядке разработки, согласования, утверждения и составе проектной документации на строительство предприятий, зданий и сооружений”.
62. Пособие по водоснабжению и канализации городских и сельских поселений (к СНИП 2.07.01-89) // ЦНИИЭП инженерного оборудования, ЦИТП, 1992 г.
63. Блянкман Л.М., Пономарев В.Г., Смирнова Н.Л. Очистка фильтрующих материалов. 2-е изд. - М.: Энергоатомиздат, 1992.