

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

**АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ**

(наименование института полностью)

Кафедра «Теплогазоснабжение, вентиляция, водоснабжение и водоотведение»

(наименование кафедры)

08.04.01 Строительство

(код и наименование направления подготовки)

Водоснабжение городов и промышленных предприятий

(направленность (профиль))

**МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ**

на тему «Оценка влияния негативных факторов на работу  
водозаборных сооружений г. Жигулёвска»

Студент

А.В. Копша

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Научный

И.А. Лушкин

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

руководитель

Руководитель программы

к.т.н., доцент В.М. Филенков

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

(личная подпись)

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_\_ г.

**Допустить к защите**

И.о. заведующего кафедрой к.т.н., доцент В.М. Филенков

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

(личная подпись)

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_\_ г.

Тольятти 2018

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВЕДЕНИЕ .....	3
ГЛАВА 1 ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ НЕГАТИВНЫХ ФАКТОРОВ НА РАБОТУ ЖИГУЛЁВСКОГО ВОДОЗАБОРА.....	5
1.1 Описание объекта исследования.....	5
1.2 Характеристика источника водоснабжения .....	10
1.3 Факторы водоисточника влияющие на работу Жигулёвского водозабора .....	11
1.3.1 Наносы как фактор влияния на работу водоприемников .....	11
1.3.2 Анализ влияния биообрастаний.....	15
1.4 Анализ работы ВОС г.Жигулёвск по водолазному обследованию водоприемных оголовков ЗАО фирмой «ДИВЕРС С».....	26
Выводы по 1 главе.....	30
ГЛАВА 2 ОЦЕНКА ВОЗМОЖНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ПОВЫШЕНИЮ НАДЕЖНОСТИ ВОС .....	31
2.1 Методы борьбы с биообрастаниями в процессе работы водозаборного сооружения.....	31
2.1.1 Химические .....	31
2.2.2 Физические .....	38
2.2 Методы борьбы с наносами (мероприятия по углублению дна, укрепление) .....	43
2.3 Выявление причин поломки глубинного насоса.....	58
Выводы по 2 главе.....	61
ГЛАВА 3 РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЙ ПО СНИЖЕНИЮ НЕГАТИВНЫХ ФАКТОРОВ НА РАБОТУ ВОДОЗАБОРНЫХ СООРУЖЕНИЙ.....	62
3.1 Разработка мероприятий по снижению воздействия биообрастаний на работу водозабора.....	62
3.2 Мероприятия по предотвращению образования наносов перед водоприемниками .....	65
3.3 Оптимизация режима работы насосной станции первого подъёма.....	67
Выводы по 3 главе.....	75
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	76
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	77

## ВЕДЕНИЕ

### **Актуальность работы:**

Образование Волжской ГЭС привело к изменению гидрологического режима р. Волга. На момент проектирования водозаборного сооружения г. Жигулевска не подразумевалось значительного антропогенного воздействия на Куйбышевское водохранилище, которое мы имеем сейчас.

Проектирование на реках любых гидротехнических сооружений требует учёта режима транспорта наносов. В особенности относится к проектированию водохранилищ, т.к. срок заиливания во многом зависит от наносного режима рек.

С изменением режима, появилась благоприятная среда для размножения некоторых гидробионтов, среди которых наиболее распространенными являются моллюски дрейссены. «На водозаборных сооружениях водохранилищ водоприемные окна с решетками, самотечные, всасывающие и напорные водоводы подвергаются интенсивному биообрастанию» [13]. Биообрастание значительный негативный фактор, который приводит к увеличению потерь напора в самотечных и всасывающих водоводах водозаборных сооружений, что впоследствии приводит насосные станции первого подъема к остановке.

На сегодняшний день проектные решения требуют модернизации, с учетом проявившихся факторов за время эксплуатации водозаборного сооружения г. Жигулевска.

**Объект исследования:** водозаборное сооружения г. Жигулёвска

**Предмет исследования:** Негативные факторы, влияющие на водозаборные сооружения: наносы и биообрастания.

**Цель работы:** Разработать мероприятия по снижению негативных факторов на работу водозаборных сооружений.

**Задачи для осуществления поставленной цели:**

1. Анализ негативных факторов влияющих на работу водозаборных сооружений г. Жигулевска.

2. Анализ проводимых мероприятий на водозаборах по защите от наносов и биообрастаний.

3. Разработка методов снижения влияния негативных факторов на работу водозаборных сооружений.

**Научная новизна:** Определение факторов влияющих на работу Жигулевского водозабора и техническое обоснование рекомендаций режима работы НС первого подъема и снижения негативных факторов, влияющих на их работу.

**Практическая значимость** предполагает, что предложенные мероприятия уменьшат затраты на аварийно-восстановительные работы, повысят эффективность и надежность водозаборных сооружений г. Жигулёвска.

**Личный вклад автора** состоит в обосновании темы, цели и задач по разработке мероприятий по снижению негативных факторов на работу водозаборных сооружений.

**На защиту выносятся:** рекомендации по повышению надежности работы ВЗС г. Жигулёвска

**Апробация работы:**

II Всероссийская научно-практическая конференция «Экологические проблемы и здоровье населения» Пенза, 2017

XX Международная научно-практическая конференция «Города России: проблемы строительства, инженерного обеспечения, благоустройства и экологии» Пенза, 2018

**Структура и объем диссертации:** Диссертация состоит из введения, 3 глав, выводов по главам, заключения, использованные источники в количестве 56штук, Общий объем работы 82 стр., включая 54 изображения и 2 таблицы.

# Глава 1 ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ НЕГАТИВНЫХ ФАКТОРОВ НА РАБОТУ ЖИГУЛЁВСКОГО ВОДОЗАБОРА.

## 1.1 Описание объекта исследования

Водозаборное сооружение г. Жигулевск Самарской области было построено в 1967 г, реконструировано в 2015г. по проекту разработанному ООО НПФ «ЭКОС», проектные решения представлены на рисунке 1.1 и рисунке 1.2.

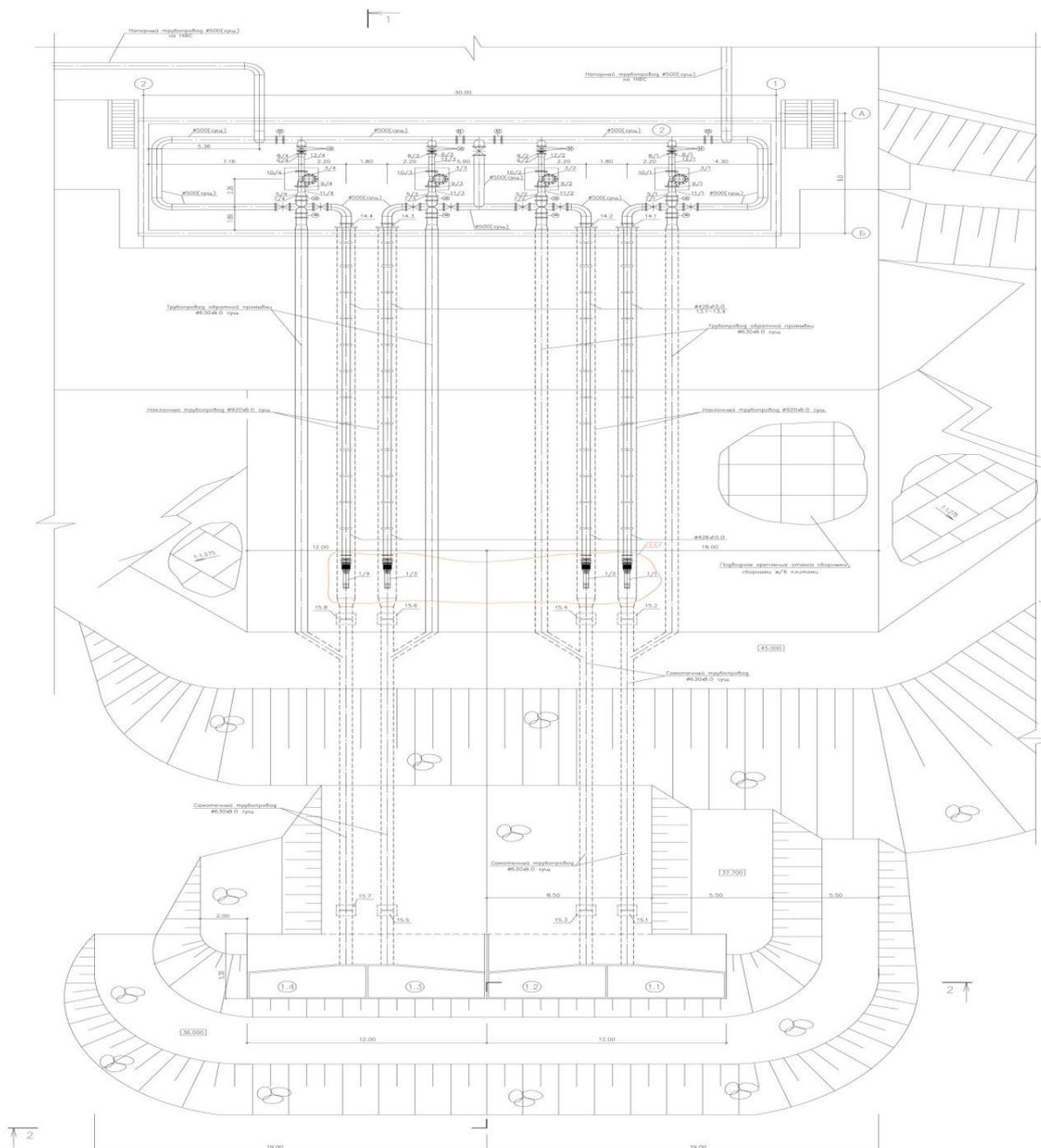


Рисунок 1.1 – План водоприемных оголовков (проектное решение)



Рисунок 1.2 – Разрез водоприемных оголовков (проектное решение)

Водоприемные оголовки находятся в приплотинной зоне Куйбышевского водохранилища со стороны правого берега (рис. 1.3), в 470 метрах выше Жигулевской ГЭС со стороны правого берега, напротив здания насосной станции, в 47 метрах от уреза воды, на глубине 17 метров при горизонте воды 53 метра в М.Б.С. «Сразу за территорией насосной станции начинается бетонный откос подводящего канала Жигулевской ГЭС» [21]. Надводная часть откоса (12,5м от здания насосной станции до уреза воды) закреплена монолитными железобетонными плитами толщиной 0,3м по щебеночной подготовке. Подводная часть откоса (22,5м) закреплена железобетонными плитами толщиной 0,65м по щебеночной призме.



Рисунок 1.3 –Место расположения водозабора.

«Конструктивно водозаборное сооружение руслового типа с транзитным потоком воды состоит из четырех отдельных водоприемных оголовков. Каждый водоприемный оголовок представляет собой стальной, сварной корпус, залитый бетоном и имеет фильтровальную и водоприемную камеры, водоприемное окно с сороудерживающей решеткой» [21].

«Водоприемное окно расположено почти горизонтально с фронтальной стороны водоприемного оголовка. Такое расположение водоприемного окна во

время работы водозабора создает вертикально направленный вверх поток воды, который рыба и рыбная молодь стараются избежать (требования рыбозащиты). Расстояние между ребрами сородерживающей решетки - 50 мм» [21].

Фильтровальные камеры сверху накрыты двумя одинаковыми железобетонными плитами прямоугольной формы размером 2,7x1,17x0,1м, (рис. 1.4).

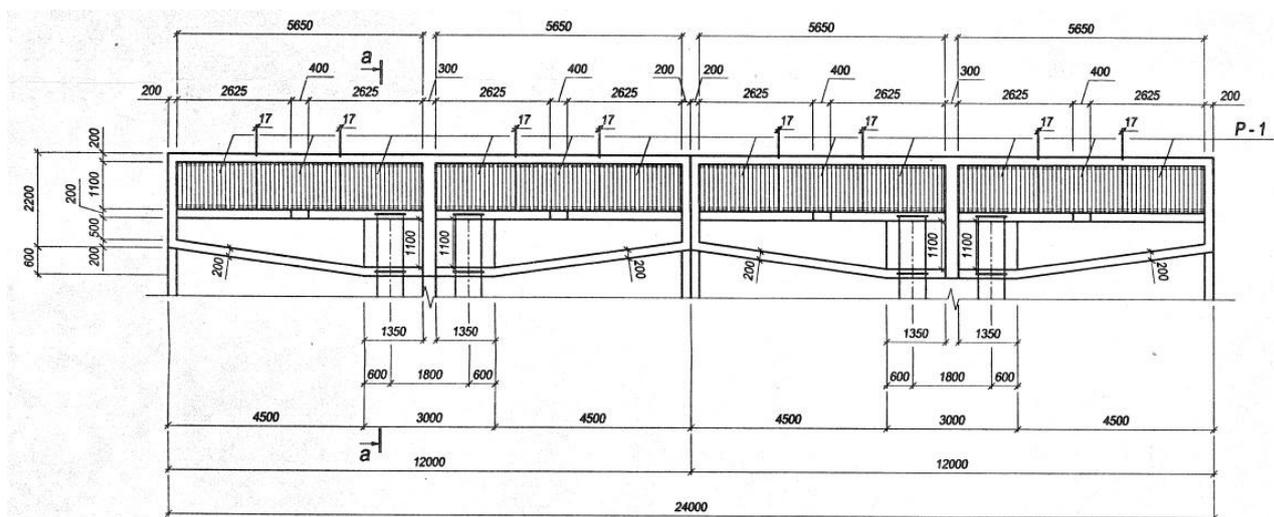


Рисунок 1.4 – Схема расположения решеток

«Каждая водоприемная камера сверху накрыта одной железобетонной плитой трапециевидной формы, размер трапеции 5,42м×1,34м×0,795м, толщина 100 мм» [21]. Водоприемный оголовок с фильтровальной камерой (рис 1.5), наполнен на 0,5м гранитным галечно-щебеночным фильтром фракции 80мм, представляет собой механический рыбозаградитель типа «объемный фильтр». «Проектный коэффициент рыбозащиты рыбы и рыбной молоди свыше 80%» [21]. Расстояние между ребрами сородерживающей решетки – 50 мм.

Из фильтровальной камеры вода поступает через окна в приемную камеру, внутри которой расположена труба диаметром 630мм. «В двух метрах от водоприемной камеры водовод оголовка соединяется муфтой с основным водоводом, идущим в машинный зал береговой насосной станции»[21].

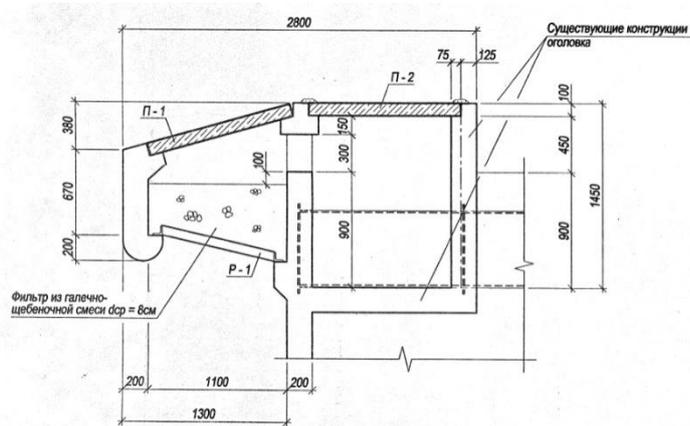


Рисунок 1.5– разрез водоприемного оголовка.

Длина самотечного участка трубопровода диаметром 630мм – 27,89м, далее трубопровод увеличивается до диаметра 920мм, внутри которого размещен насос марки INDAR UGP-2025-01.R №111312 ML-28-4/050 (рис. 1.6). От насоса идет напорный участок трубы диаметром 426мм, а труба диаметром 920мм является футляром для нее. Далее вода попадает в машинный зал насосной станции первого подъема, к центробежным насосам GRUNDFOS 96162123 TP 300-590/4 A-F-A-DBUE (рис 1.7)

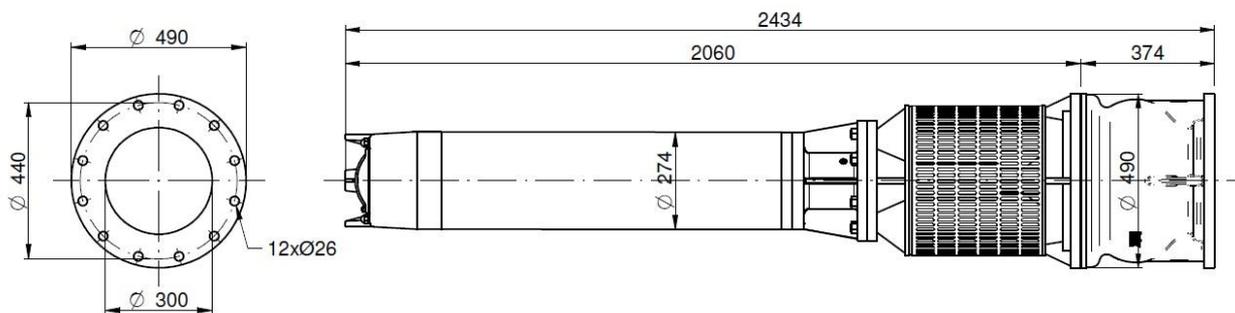


Рисунок 1.6– габаритный чертеж INDAR UGP-2025-01.R №111312 ML-28-4/050

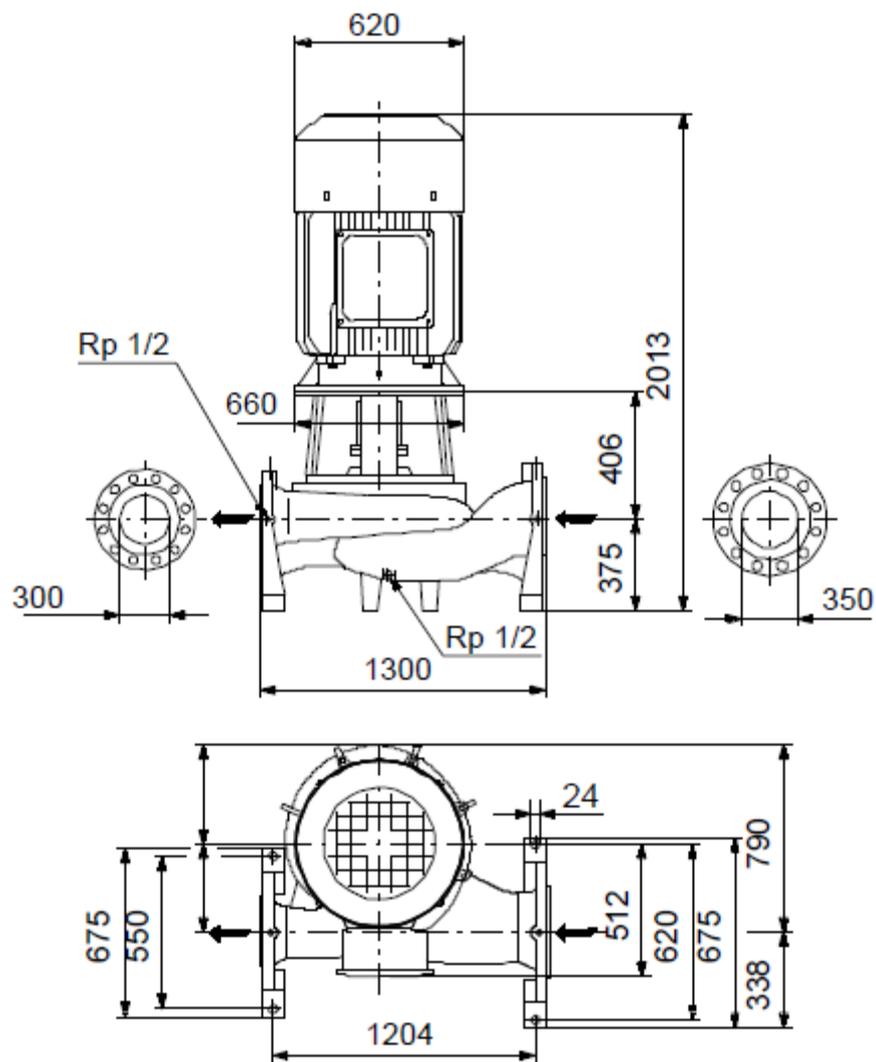


Рисунок 1.7– габаритный чертеж насосам GRUNDFOS 96162123 TP 300-590/4 A-F-A-DBUE

## 1.2 Характеристика источника водоснабжения

Источником водоснабжения является Куйбышевское водохранилище, образованное на реке Волга после возведения плотины Жигулёвской ГЭС в 1955-1957 гг.

Строительство гидроэлектростанций и образованиеохранилищ радикально изменило гидрологический режим реки. Изменился тепловой режим. Снизилась скорость течения реки, замедлился водообмен и самоочищение. Изначально Волга уносила наносы и минеральные вещества к устью реки, которые служили природным удобрением для заливных земель. Сейчас земли изъяты из хозяйственного оборота и затоплены, что привело к обрушению берегов,

перемешиванию токсических веществ, земли, наносов и отложению их на дне водохранилища, т.о. полезный объем водохранилища уменьшился.

Волга питается снеговыми, грунтовыми и дождевыми водами.

Насыщение воды органическими осадками, ухудшается ее качество, она «зацветает». Ранее цветение Волги не наблюдалось, т.к. температура воды не превышала +20°C, теперь в июне может достигать +25°C. В образовавшихся донных отложениях хорошо себя чувствуют сине-зеленые водоросли, которые покрывают до 30% зеркала водохранилищ. Отмирающие водоросли и другие растения падают на дно, где создают среду для самовоспроизведения.

### **1.3 Факторы водоисточника влияющие на работу Жигулёвского водозабора**

#### **1.3.1 Наносы как фактор влияния на работу водоприемников**

Комплекс различных природных и антропогенных изменений влияет на русловые и береговые изменения, которые отражаются на безопасности поверхностного источника. «Побочным эффектом происходящих русловых и береговых процессов является увеличение в воде взвешенных частиц (наносов), которые оказывают негативное влияние на эффективность работы водозабора вплоть до полного прекращения водоснабжения» [25]

На крупных реках и водохранилищах были случаи как полной кольматации, так и подмыва, и в результате разрушение водоприемников из-за трансформации наносов.

Наносами называют переносимые водотоками твердые частицы, которые откладываются на пути стока или выносятся в области с малыми скоростями движения воды, оседая там. По способу транспортировки наносы подразделяются:

взвешенные, переносимые течением во взвешенном состоянии;

–влекомые, перемещающиеся в придонном слое потока путем перекачивания, скольжения и сальтации.

Наносы, формирующие русла рек и их поймы, называют донными. В целом практическая значимость проблемы речных наносов очень велика, поэтому проектирование и эксплуатация любых гидротехнических сооружений требует учета режима транспорта наносов. Это в особенности относится к проектированию водохранилищ, так как срок их заиления во многом зависит от наносного режима рек.

При исследованиях процессов осаждения и перемещения наносов движущейся водой требуется изучение характеристик материала наносов. Основными свойствами материала наносов являются: плотность, средний диаметр частиц (медианный или средний геометрический), форма частиц (являющаяся функцией относительной сферичности и относительной закругленности поверхностных неровностей).

Форму частиц определить очень трудно (для однородных песков и илистых отложений форма частиц имеет второстепенное значение). Средний диаметр частиц и фракционный состав являются основными свойствами наносов. Гранулометрический состав наносов зависит от их происхождения и минералогического состава, типа грунтов, слагающих берега и дно водотока, и от изменений, которым наносы подвергались в предшествующие периоды.

#### **Основные факторы, влияющие на движение наносов. Движение твердых частиц в потоке.**

Транспорт речных наносов есть, в сущности, движение отдельных частиц. Следовательно, это движение является первичным структурным уровнем руслового процесса, изучение которого необходимо для познания закономерностей развития более сложных структурообразований.

Частицы под воздействием потока начинают двигаться, перекатываясь или скользя по дну. При увеличении скорости течения возрастает и действующая по направлению вверх сила; частица отрывается от дна на короткой или длительной промежуток времени и движется скачкообразно. При дальнейшем возрастании скорости длина скачков постепенно увеличивается, пока, наконец, частица не начнет двигаться во взвешенном состоянии.

На практике, как правило, мы сталкиваемся со смесью частиц разной крупности, часть которых движется по дну, а часть перемещается в виде суспензии. Кроме того, форма движения частиц может изменяться в зависимости от гидравлических условий. В особых случаях, когда в потоках имеются завихрения, изменения формы движения частиц определенной крупности могут происходить и при прочих равных гидравлических условиях, т.е. одна форма движения плавно и непрерывно переходит в другую.

Следует различать несколько форм движения донного материала.

**Движение отдельных частиц.** Обычно первыми начинают перемещаться частицы малых размеров. Однако при определенных условиях одновременно могут начать движение и более крупные частицы, иногда даже раньше, чем мелкие. В этой фазе частицы в основном перемещаются перекатываясь и скользя по дну.

**Общее движение.** В движении находятся частицы смеси всех размеров. Это движение можно наблюдать одновременно во всех местах, причем масса движущегося материала во всем продольном профиле в любой момент при грубом приближении остается постоянной. Частицы небольшого размера никогда не двигаются скачкообразно.

**Движение в виде волн и гряд.** Если донный материал мелкий, то он может образовывать волны, подобно дюнам, возникающим под действием ветра. Вследствие образования такой волны нарушается течение, что способствует возникновению других волн. Достигнув своей характеристической формы и величины, волны перемещаются в направлении течения, и масса донных наносов, проходящая через определенный профиль, изменяется в зависимости от времени (пульсация движения донных наносов). Кроме того, вследствие образования волн увеличивается шероховатость дна и соответственно сопротивление течению, что косвенно воздействует на интенсивность движения донных наносов.

В отличие от волны гряда, состоящая из более крупного материала с меньшим объемом мелких частиц, характеризуется сравнительно большим

отношением длины к высоте. Гряды образуются так же, как и волна, однако в направлении течения перемещаются быстрее. Местное движение наносов максимально в фронте гряды, затем оно постепенно уменьшается, а в конце гряды даже полностью прекращается, что является одной из причин пульсации перехода донных наносов, вследствие чего значительно осложняются измерения в естественных и лабораторных условиях.

Образование гряд наступает при больших скоростях. Движение донных наносов по длине на небольшом участке становится равномерным, весьма интенсивным и быстрым. Более мелкие частицы начинают двигаться в виде суспензии. Некоторые исследователи, наблюдавшие это явление, отмечают, что гряды характерны для горных потоков. При дальнейшем увеличении скоростей возникают новые гряды. Фронт волны подвергается интенсивному воздействию течения, поэтому кажется, что гряды движутся против течения. Такая форма движения, называемая движением антидюн, наблюдается в горных реках.

**Осаждение взвешенных наносов.** Одним из основных факторов, характеризующих размыв или заиливание каналов, является мутность потока. Если мутность потока, поступающего из реки в канал, больше допустимой для данного канала, то лишняя часть наносов выпадает из воды и заиливает его; если меньше, то происходит размыв русла канала. Мутность зависит от гидравлических элементов потока и состава взвешенных частиц. С изменением режима потока меняется и его мутность.

Обычно в канале скорость потока значительно меньше, чем в реке, поэтому из потока выпадает часть взвешенных наносов, причем сначала выпадают более крупные частицы, а потом более мелкие. После осаждения определенной части наносов наступает равновесие, и поток устойчиво транспортирует оставшиеся наносы. Выпадение наносов происходит в течение длительного времени, в результате чего заиливаются участки большой длины. Крупные частицы задерживаются на начальных участках каналов и в значительной степени снижают их пропускную способность. Наличие среди взвешенных наносов незначительного количества песчаных частиц размером

более 0,25—0,4 мм вызывает серьезные затруднения при эксплуатации каналов и гидроустановок. Проникая вместе с речной водой в каналы, эти частицы сильно истирают металл, проходя через турбинные и насосные колеса, и выводят из строя фильтры очистных станций водоснабжения.

Мероприятия по борьбе с наносами при водозаборе (искривление потока в плане, наносоперехватывающие галереи, донные направляющие пороги и лотки при плотинном водозаборе, струенаправляющие системы М.В. Потапова и ВНИИГиМа при бесплотинном водозаборе) предусматривают исключение попадания в каналы в основном донных наносов, объем которых составляет 10—15% (а иногда и до 35%) объема взвешенных наносов.

В большинстве случаев в водозаборных узлах не удастся полностью задерживать и отводить крупные фракции наносов, и поэтому вместе с речным потоком в каналы поступает значительное количество взвешенных наносов различных фракций.

Для борьбы со взвешенными наносами наиболее целесообразно устраивать отстойники, которые в условиях нормальной работы должны обеспечить: осаждение крупных фракций наносов (которые могут повредить гидротурбины или заилить каналы оросительных систем); систематическое освобождение камер от осевших в них наносов (с минимальной затратой воды); бесперебойную подачу воды в магистральный канал согласно графику водопотребления.

Увеличение и перераспределение количества наносов в реке происходит благодаря абразии и размывам берегов. Правая береговая линия Куйбышевского водохранилища имеет галечный берег. Левая береговая линия не укреплена и имеет песчаный берег, что дает свои отголоски на Жигулёвский водозабор. Наносы влияют на качество воды, но на водозаборе мероприятия по борьбе с наносами до водоприемного оголовка не предусмотрены, очистка воды начинается после насосов первого подъема.

### **1.3.2 Анализ влияния биообросаний**

На работу ВЗС негативно сказывается биообрастание. «Водоприемные окна с сороудерживающими решетками, самотечные, всасывающие и напорные трубопроводы на водозаборах (особенно на зарегулированных источниках) подвержены внутреннему обрастанию гидробионтами, из которых наибольший вред приносят моллюски дрейссены»[1].

«Двухстворчатые моллюски известны с раннего палеозоя. Дрейссены (табл. 1.1)— род двустворчатых моллюсков семейства дрейссенид. Существует шесть видов дрейссен, известных науке, Речная дрейссена (*Dreissena polymorpha*), Бугская дрейссена (*Dreissena bugensis*), *Dreissena rostriformis*, *Dreissena stankovici*, Каспийская дрейссена (*Dreissena caspia*), *Dreissena elata*» [2].

На сегодняшний день в Куйбышевском водохранилище замечены , Речная дрейссена и Бугская дрейссена (рис. 1.8).

До зарегулирования Волги распространенная *Dreissena polymorpha* была малочисленна, так как в условиях реки она испытывала определенное угнетение. После создания водохранилищ этот моллюск расселился во всем каскаде водохранилищ реки Волги.

«В бассейне Волги, в Саратовском и в приплотинном плесе Куйбышевского водохранилища *D. bugensis* впервые обнаружена Антоновым в 1992 г. Вероятно, бугская дрейссена проникла в Волгу в середине 80-х годов в обрастаниях судов, следовавших из Черноморского бассейна по Волго-Донскому каналу» [5].

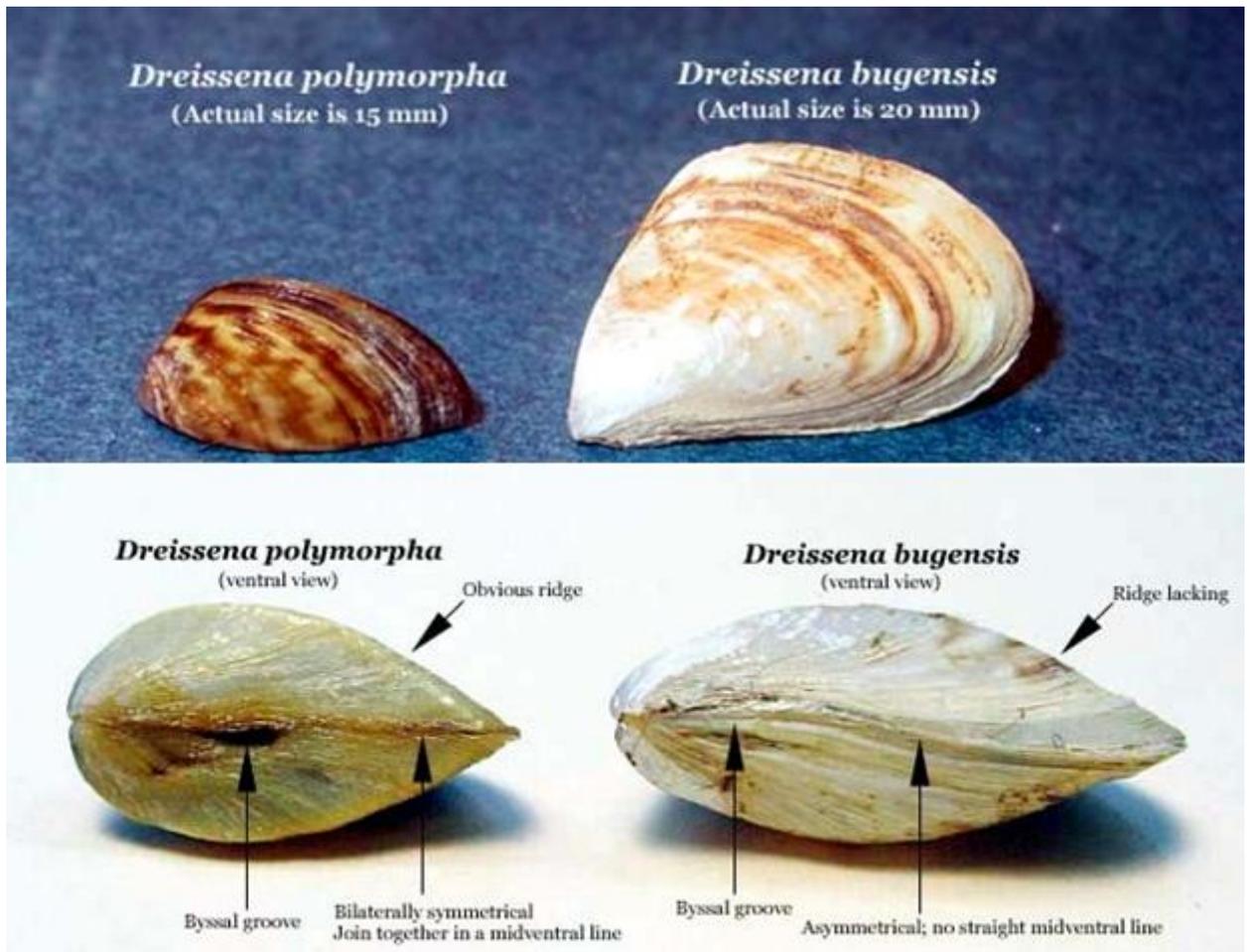


Рисунок 1.8 – сравнение Речная дрейссена (*Dreissena polymorpha*) и Бугская дрейссена (*Dreissena bugensis*)

Строение двухстворчатого малюска (рис. 1.9) состоит из раковины треугольной формы (длина 8-50 мм) зеленоватых или коричневатых оттенков, часто с рисунком из тёмных и светлых дугообразных линий.

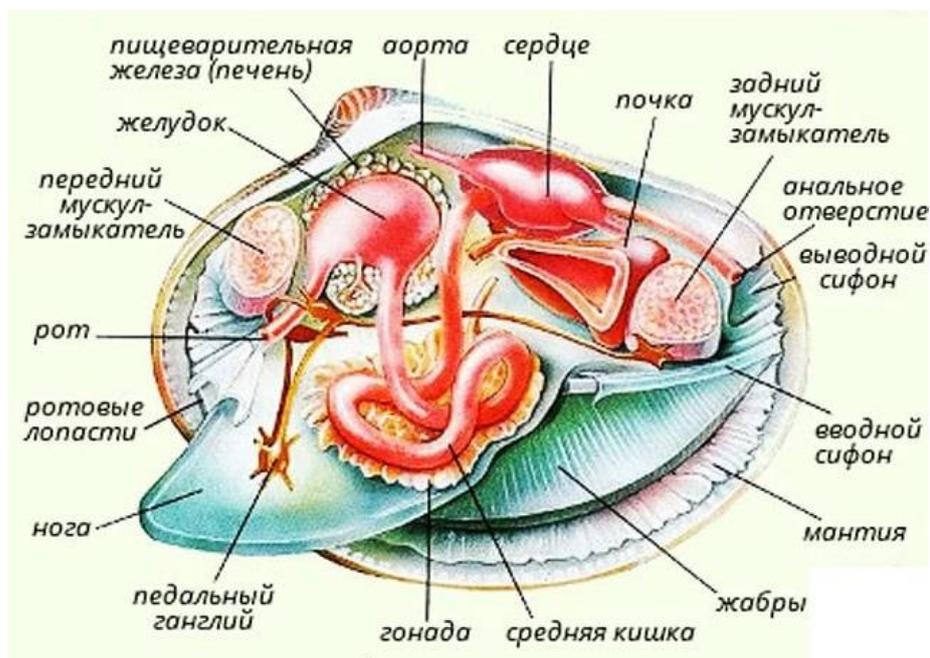


Рисунок 1.9 – схема строения двухстворчатых моллюсков

Таблица 1.1 – Научная классификация

Царство:	Животные
Тип:	Моллюски
Класс:	Двустворчатые
Отряд:	Veneroidea
Семейство:	Дрейссениды
Род:	Дрейссены
Вид:	Речная дрейссена Бугская дрейссена

Дыхание у моллюска осуществляется за счет жабр, у каждой жабры есть по две полужабры, они соединяются нитевидными лепестками. Жабры служат для фильтрации воды, отделяют воду от различных частиц.

«**Мантия** у дрейссенид сросшаяся по краям, имеет отверстие для выхода ноги и образует два коротких сифона – брахиальный и анальный. Сифоны отдельные, короткие» [2].

«**Нога** у дрейссенид узкая, длинная» [2].

**Бисус** – «это прочные белковые нити, которые выделяются биссусовой железой. Этот белковый материал при выделении имеет жидкую форму и застывает, попадая в воду» [2].

Размножение дрейсены начинается при благоприятных условиях в водоеме — температуре от 15°C и выше. Михайлов Р.А. в своей диссертационной на графиках рис. 1.10 показал, что: «численность и биомасса каждого из доминирующих видов в период с мая по июль не превышала 700 экз./м<sup>2</sup> и 110 г/м<sup>2</sup> соответственно» [6].

Пик количественных показателей приходился на вторую половину августа, что обусловлено, длительным прогревом воды и накоплением сумм эффективных температур, благоприятных для развития моллюсков. Начиная со второй половины сентября численность и биомасса моллюсков резко снижались в связи с падением температуры воды до 16°C и, как следствие, прекращением появления новых генераций моллюсков.

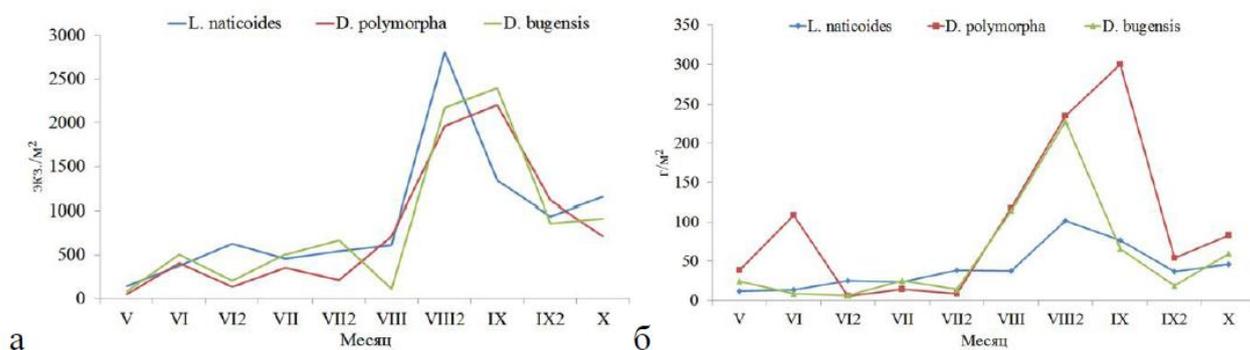


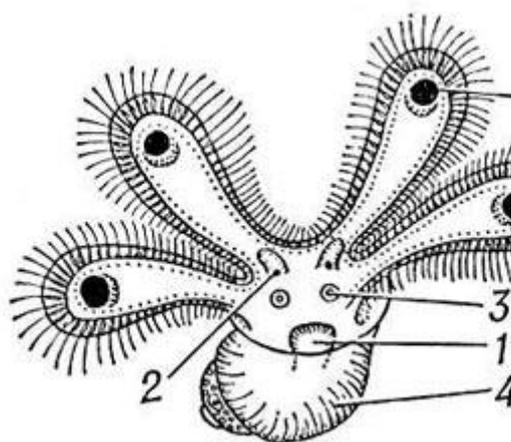
Рисунок 1.10 – Изменение численности (а) и биомассы (б) массовых видов моллюсков Приплотинного плеса Куйбышевского водохранилища в 2012 г. аV–X – месяц; VI2–IX2 – вторая половина месяца

Дрейссениды **раздельнополы**. «Самка дрейссены вбирает в свою мантийную полость половые клетки мужской особи, таким образом происходит процесс оплодотворения, через некоторое время дрейссена производит выбрасывание яиц» [8]. Далее развивается личинка **велигер** (рис. 1.11). Существование велигера длится примерно 8 дней.

«Характерным признаком велигеров является парус, или **велум** — подобие лопастей, покрытых ресничками. Они служат для питания и поступательного движения» [2].

«**Питается** велигер при помощи ресничек, при этом разные реснички выполняют разные функции. Одни реснички направляют пищу в рот, другие — отстраняют инородные вещества» [2].

«Велигер ведет **планктонный образ жизни**. Там, где много дрейссен, личинки летом постоянно в изобилии встречаются в планктоне. Через некоторое время, личинка, закончив свою свободно подвижную стадию, падает на дно и превращается в ползающего моллюска» [2].



«1 - нога, 2 - глаза, 3 -статоцисты (органы равновесия), 4 - протоконх (эмбриональная раковина), 5 - велум (лопасти с ресничками, орган движения и захвата пищи)» [2].

Рисунок 1.11 – Личинка велигер

«Молодая дрейссена, которая еще не закрепилась на субстрате, обладает довольно длинной ногой, с помощью которой она может **ползать**» [2]. Далее происходит развитие бисусовой железы (рис. 1.12), дрейссена прикрепляется к твердому предмету.

По различным данным малюски живут от 6 до 9 лет.



Рисунок 1.12 - Дрейссена с нитями биссуса

Развивается в водоемах насыщенных биогенными элементами. «Для нормального функционирования организма животному необходим растворенный в воде кальций, который участвует в формировании раковины» [8].

Дрейссена, как и все двустворчатые моллюски, фильтратор и питается различными пищевыми частицами, планктонные микроорганизмы. В зависимости от условий местообитания, дрейссена может потреблять разную пищу. Так, например, дрейссена, живущая на сваях высоко над дном, питается в основном планктоном, а сидящая на камнях или раковинах перловиц и беззубок получает в качестве пищи детрит, взмучиваемый со дна волнами.

Речная дрейссена прикрепляется к субстрату, в качестве которого может выступать камень, раковина того же или другого вида моллюсков. В результате образуются многослойные скопления связанных биссусом моллюсков. Дрейссены образуют огромные скопления на решетках напорных труб и на щитах гидроэлектростанций. Периодическая очистка малоэффективна, так как дрейссена снова быстро размножается.

Значительного обилия их популяции достигают в водоемах насыщенных биогенными элементами. Основной пищей считается планктон.

Пищеварительный процесс: «из ротовой полости еда отправляется в желудок и кишечник, там происходит процесс пищеварения» [8]. Вывод

переваренной пищи осуществляется в полости мантии, с помощью находящейся там воды, вымывается из организма.

Речные дрейссены — очень активные фильтраторы. При больших количествах способны очищать водоемы, тем самым снижая численность планктонных сообществ.

В случаях, когда их поселения оказываются достаточно большими, способны, существенно обедняя планктонные сообщества, очищать водоёмы.

Фекалии моллюсков «содержат значительное количество биогенных элементов (азота и фосфора)» [6], что приводит к росту донных водраслей.

В пищевой цепочки моллюски являются питанием для рыб.

Основной из причин биообрастаний является зарегулирование р. Волги (рис . 1.13), в следствии которого произошло снижение скорости течения рек, замедление водообмена и самоочищения, изменение микроклимата окружающей территории.

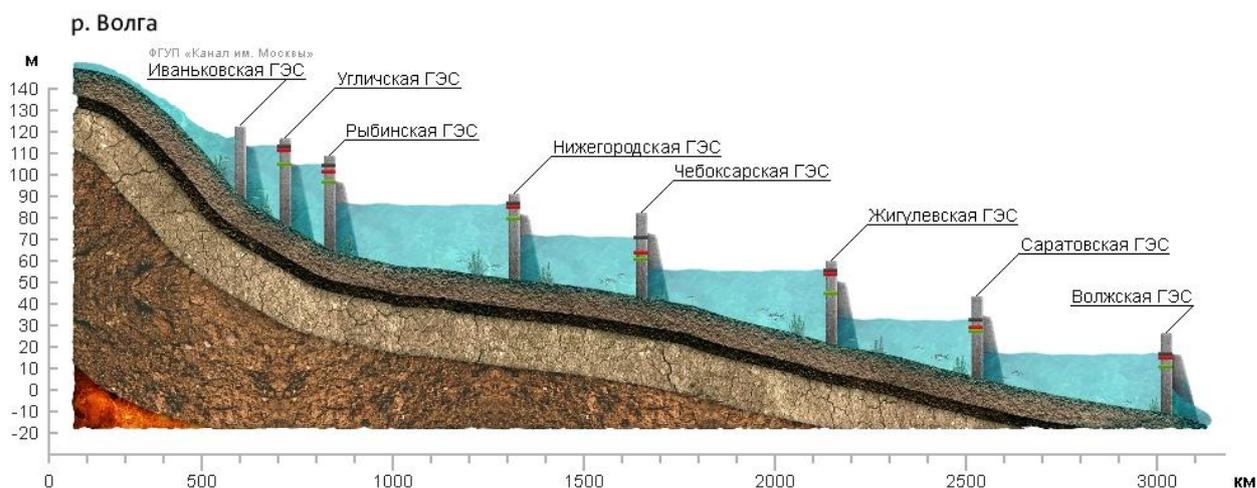


Рисунок 1.13-Волжский каскад

На водоприемных оголовках для дрейссены создаются благоприятные условия обитания (скорость, насыщенность воды кислородом, планктон). В связи с этим образуются обильное скопление моллюсков, «что приводит к критическим потерям напора во всасывающей системе водозабора и к угрозе остановки насосных станций» [13].

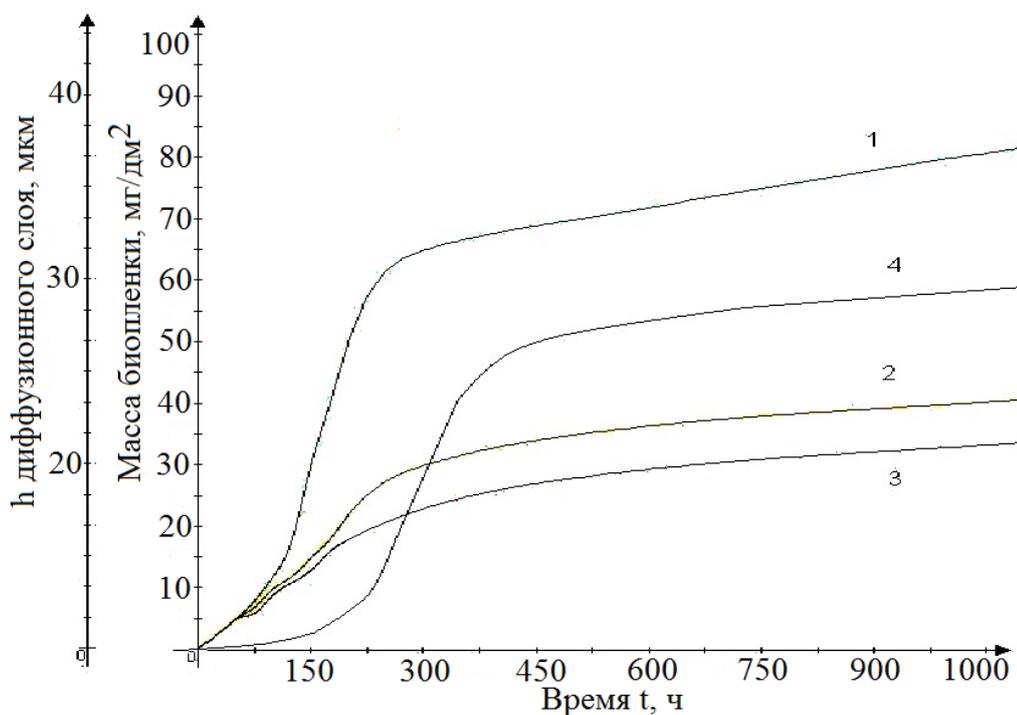
Одним из основных факторов закрепление дрейссены на поверхности является биопленка, так называемая биокоррозия, которая возникает «под действием микроорганизмов - сульфатвосстанавливающих анаэробных бактерий (СВБ)» [1].

Фактор биокоррозии наиболее полно описан в трудах Болеева А.А.: «Интенсивность биообрастаний зависит от химического и микробиологического состава речной воды, условий эксплуатации системы водоснабжения и от материала поверхностей оборудования системы водоснабжения. Из перечисленных факторов изучена подверженность различных материалов к формированию на их поверхностях биообрастаний» [1].

«Экспериментальные исследования проводились с мая по сентябрь 2010-2012 г.г. Пробы биомассы с решеток отбирались 2 раза в месяц. Проводился контроль абиотических факторов среды (температура, скорость течения воды)» [1].

Проводились лабораторные исследования по оценке биообрастания различных материалов в речной воде, наблюдались реакции взаимодействия железа с речной водой, ее примесями и ж.д. бактерий.

Наименьшая величина массы биообрастания зафиксирована для стекла (рис. 1.14). «В продуктах жизнедеятельности биомассы практически не выявлены моллюски, соотношение величин СВБ и моллюсков составляет 1:1» [1].



«1 – ст. 20; 2- полиэтилен; 3 –стекло; 4 - толщины диффузионного слоя ст. 20

Рисунок 1.14 - Зависимость от времени: **массы** биопленки на различных материалах»

[1].

«Как показал анализ кривых 1 - 4, характер формирования биомассы и диффузионного слоя на ст.20 с течением времени одинаковый: на кривых через 100-120 часов зафиксирован скачок: увеличением значений биомассы в 3-3,5 раза (кр.1) и толщины диффузионного слоя в 4-4,2 раза (кр.4). Установленный факт подтвердили результатами анализа проб биомассы образованной в реальных условиях на поверхности эксплуатируемой решетки ВЗС через 100-120 часов работы с учетом перепадов температуры воды в апреле-мае. Установлено, что резкое биообрастание начинается не ранее, чем через 120-150 часов эксплуатации при температуре воды 12-15 °С. Именно в этот период, при избытке биомассы СВБ (соответствует толщине биопленки не менее 4 мм), появляется значительное количество моллюсков дрейссены» [1].

«Слой дрейссены на внутренних стенках трубопроводов достигает 7...10 см, а масса обрастаний до 7 кг/м<sup>2</sup>» [13] (рис. 1.15). «При таком обрастании существенно возрастает сопротивление трубопроводов, что влечет

дополнительные расходы электроэнергии на подачу воды» [13] (рис. 1.16). «В связи с этим борьбу с дрейссеной на действующих водозаборах необходимо рассматривать не только как средство обеспечения бесперебойного водоснабжения, но и как меру экономии электроэнергии. Мелкие личинки дрейссены способны проникать не только через сороудерживающие сетки и микрофильтры, но и через песчаные (скорые и даже медленные) фильтры, осложняя тем самым технологию очистки воды. Отсюда видно, насколько важно предотвратить попадание гидробионтов в водоприемные устройства» [13].

«Борьба с гидробионтами на водозаборах дает двойной положительный эффект: сохранение пропускной способности водозабора и, следовательно, предотвращение перерасхода электроэнергии при одновременной бесперебойности подачи; улучшение качества воды, поступающей на водоочистные станции, и, следовательно, сокращение эксплуатационных расходов, связанных с ее очисткой» [1]. Что соответствует требованиям ФЗ "Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации" от 23.11.2009 N 261-ФЗ.

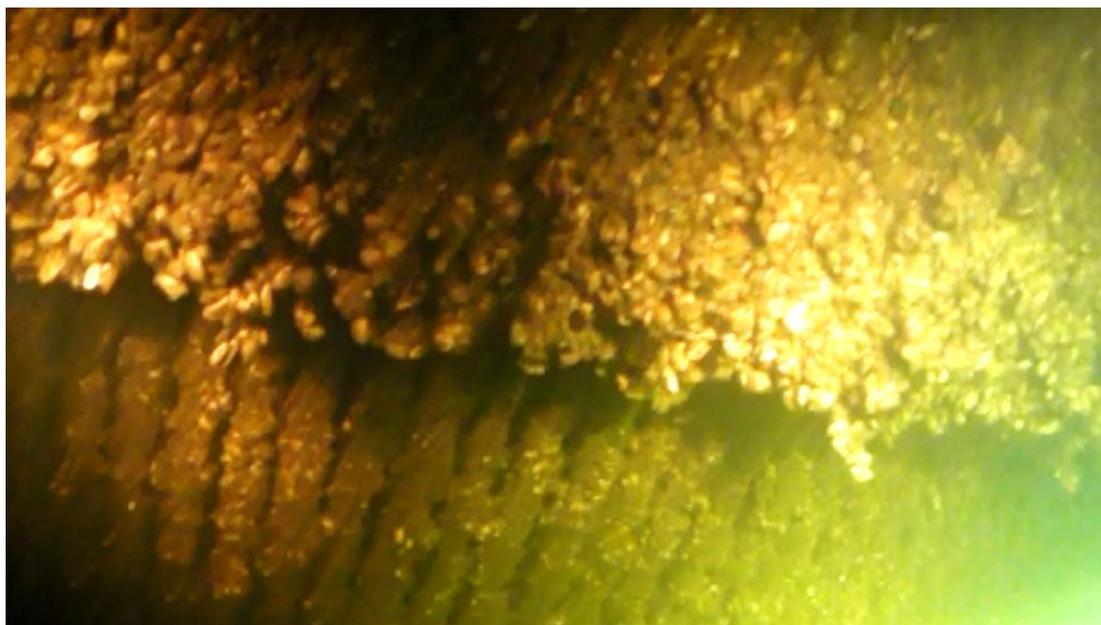


Рисунок 1.15 – Поверхность водоприемных оголовков и решеток обросших дрейссеной



Рисунок 1.16– Блокирование насоса и трубопровода дрейссеной

#### 1.4 Анализ работы ВОС г.Жигулёвск по водолазному обследованию водоприемных оголовков ЗАО фирмой «ДИВЕРС С»

Причиной обследования послужил «выход из строя глубинного погружного насоса водоприемного оголовка №3» [21]. На 07.10.2016г было выявлено, что «водоприемные оголовки установлены не в соответствии с проектом, разработанным «Союзводоканалпроектом» (см. чертежи и схемы), а именно: водоприемные оголовки имеют значительные отклонения по горизонтали и по вертикали (верх первого оголовка ниже второго на 0,42 метра, третий оголовок ниже второго на 0,38 метра, а четвертый выше третьего на 0,1 метра)» [21].

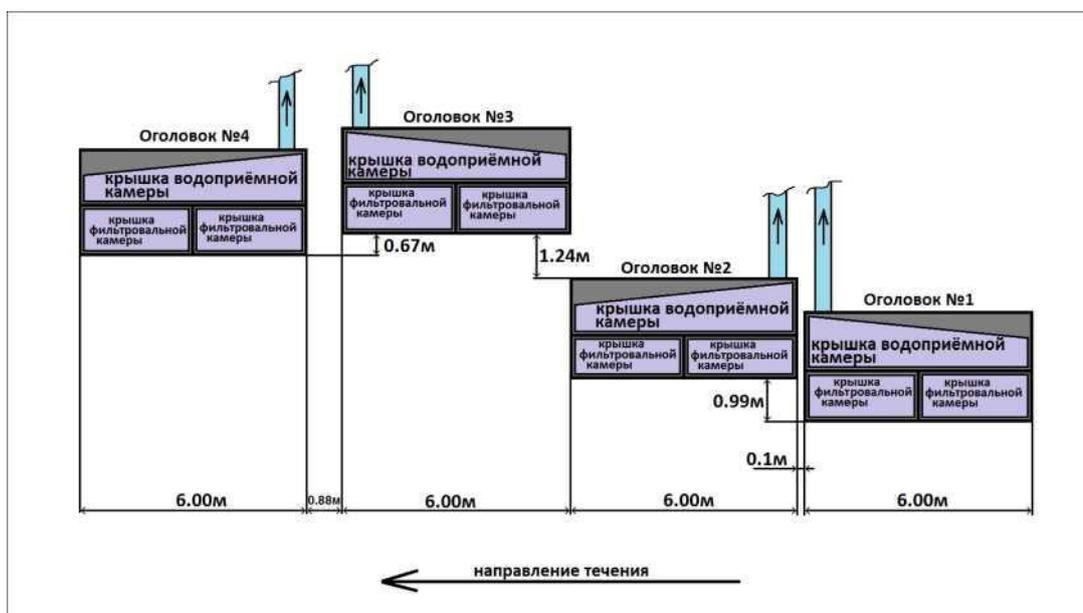


Рисунок 1.17– Фактическое расположение водоприемных оголовков на плане

«Все четыре водоприемных оголовка имеют сильное биологическое загрязнение. Вся поверхность водоприемных оголовков сильно обросла моллюском Речная дрейссена (*Dreissena polymorpha*). Все водоприёмные оголовки имеют значительные донные, илистые отложения, особенно сверху водоприемных оголовков»[21].

«Все сороудерживающие решетки водоприемных окон и фильтровальный материал практически полностью забиты. Доступ воды в водоприемные оголовки почти полностью перекрыт»[21].

«Дно в районе оголовков представлено донными отложениями в виде илистых наносов и наносов из отмершего моллюска Речная дрейссена (*Dreissena polymorpha*). В результате увеличения донных отложений и наносов отметка дна под водоприемными окнами поднялась до критической. Расстояние до сороудерживающей решетки от отметки дна составляет местами менее 0,5 метра. Вследствие этого придонный мусор засасывался с потоком воды в водоприемный оголовок и забивал фильтровальный материал, почти полностью перекрыв поступление воды в водоприемные оголовки»[21].

«Два, выступающих вперед, первых водоприемных оголовка №1 и №2, преграждая путь естественному течению реки, создают за собой, перед третьим и четвертым оголовками зону повышенной аккумуляции донных отложений. Здесь донные отложения достигают своего максимума и значительно сокращают срок службы фильтровального материала. По жалобам сотрудников береговой насосной станции, именно с этих оголовков вода поступает наиболее грязная»[21].

Необходимо отметить, что при обследовании не смотря на донные отложения и обрастание моллюском верха водоприемных оголовков (рис. 1.18), видно, что крышки фильтровальной и водоприемной камеры закрыты на плотно. «Так как во время водолазного обследования в работе были водоприемные оголовки № 2 и № 4, то здесь было видно как в образовавшиеся зазоры (щели) внутрь оголовка поступает вода, минуя галечно-щебеночный фильтр, увлекая за собой внутрь оголовка донные отложения в виде иловых

масс и моллюска Речная дрейссена. Так же в эти зазоры засасывается рыбная молодь, что недопустимо по требованиям рыбоохраны» [21].



Рисунок 18 – Состояние водоприёмных оголовков на 08.10.2016г.

«На основании вышеизложенного, можно сделать вывод, что данное водозаборное сооружение находится в аварийном состоянии. Состояние водоприёмных оголовков теоретически не может обеспечить необходимый расход воды, не следует исключать возможность подсоса в водоводы воды в местах их соединений (где установлены соединительные муфты). Через негерметичные муфты в систему водоводов также могут проникать донные отложения, иловые массы и створки моллюска речная дрейссена, которые могут вывести глубинные погружные насосы из строя» [21].

«Механический рыбозаградитель типа «объёмный фильтр» не обеспечивает заградения водозаборного сооружения от попадания в него мелких гидробионтов, в том числе моллюсков на первых стадиях метаморфоза, т.е. в период развития, с малыми размерами. Это создает дополнительные трудности эксплуатации водозаборного сооружения, в том числе, объёмным фильтрам бассейна первичной очистки и системы водоводов» [21].

«Моллюск при дальнейшем развитии создает серьезные помехи в водоснабжении, снижая эффективное сечение сетей и водоприемных окон оголовков, выводя из строя дорогостоящее насосное оборудование и поэтому водозаборные сооружения такого типа нуждаются в периодической механической очистке»[21].

Можно сделать вывод, что согласно проекту 2010г. при техническом перевооружении Жигулёвского водозабора в 2015г. были заменены насосы, но очистка водоприемных оголовков не была произведена. Механическая очистка производилась 2012г., в связи с этим с 2012г. по 2016г. биологическое обрастание увеличивалось и в 2016г. насос вышел из строя. В ноябре 2017 г. было осуществлено приведение оголовков в проектный вид (рис. 1.19) и очистка от биообрастаний.

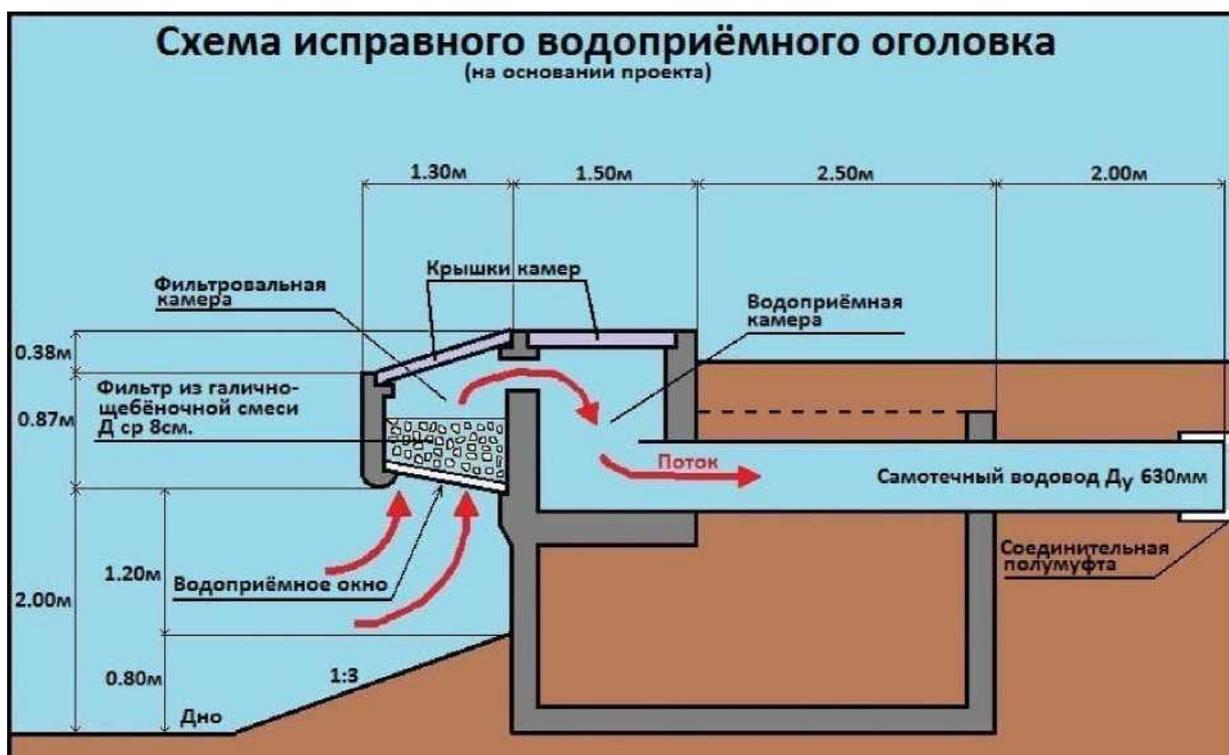


Рисунок 1.19 – Схема исправного водоприемного оголовка.

На сегодняшний день на объекте до сих пор не предусмотрено мероприятий по борьбе с биообрастаниями, ВОС г.Жигулёвска остается уязвимым, т.к толщина обрастания моллюсками в 4-5см при глубине 18м, со скоростью течения близкой к 0 м/с в «условиях Куйбышевского

водохранилища образуется за 8-10 лет»[21]. Соответственно при наличии течения срок обрастания сокращается.

### **Выводы по 1 главе**

1. После рассмотрения проектной документации можно отметить, что водозабор осуществляется 4-мя секциями водоприемника. На каждой секции предусмотрен объемный фильтр – требование рыбозащиты. Забор воды осуществляется двумя насосами установленными последовательно.

2. С момента проектирования водозаборного сооружения характеристика источника значительно изменилась, поэтому необходима корректировка.

3. Анализ литературных источников по выбранным факторам, подтвердил всю остроту проблемы.

4. Анализ водолазного обследования о причине выхода из строя глубинного насоса, еще раз подтвердил актуальность поставленных задач и необходимость о пересмотрении режима работы насосной станции первого подъема.

## **Глава 2 ОЦЕНКА ВОЗМОЖНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ПОВЫШЕНИЮ НАДЕЖНОСТИ ВОС**

### **2.1 Методы борьбы с биообрастаниями в процессе работы водозаборного сооружения**

#### **2.1.1 Химические**

Хлорирование является надежным и доступным средством предупреждения обрастания с вводом хлора перед водоприемными оголовками. «Дозы хлора устанавливают в зависимости от видов гидробионтов, преобладающих в той или иной географической зоне. Обрастание водозаборных сооружений, как показывает опыт, предотвращается уже при остаточном содержании хлора в воде до 0,3 мг/л» [13].

Предварительное хлорирование воды так же улучшает качество воды и является методом рыбозащиты.

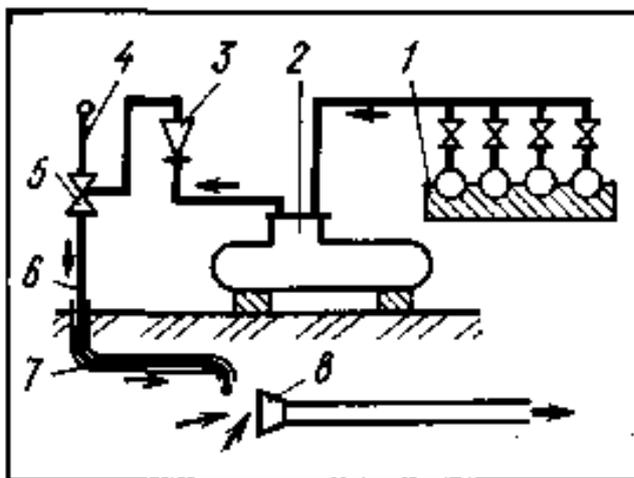
«Хлорирование с оптимальной периодичностью обеспечивает умертвление моллюсков на определенной стадии их развития, потерю связи с предметами и последующее удаление из системы смывом. Проводят это мероприятие в теплое время года в периоды максимального развития дрейссены, не допуская выростания моллюска более 2...3 мм (практически 2...3 раза в год). Личинки дрейссены погибают при воздействии на них в течение 8 ч дозы хлора 0,5...1,5 мг/л. Радикальное действие, как показывает опыт Северной водопроводной станции Москвы, достигается при дозе хлора до 5 мг/л и продолжительности воздействия не менее 7 сут.» [13].

«Хлор вводят перед водоприемными окнами в 60—40 см от сороудерживающих решеток. Содержание хлора после насосов I подъема должно быть около 2 мг/л.

Разумеется, при этом должны быть приняты меры предосторожности, предотвращающие попадание хлора в источник и отравление рыб.

Отмершие моллюски дрейссены при периодическом хлорировании попадают в водоприемные камеры, тем самым забивая их, поэтому рекомендуется в период теплого времени года производить непрерывное хлорирование.

«Хлорирование как средство борьбы с обрастанием лучше сочетать с общей санитарной обработкой (дезинфекцией) воды, для чего на водозаборах монтируют стационарные хлораторные установки. Если же санитарными нормами не требуется предварительное хлорирование воды, для борьбы с обрастаниями целесообразно использовать передвижные хлораторные установки» [13].



1 — бочки с хлором; 2 — танк-испаритель; 3 — ротаметр; 4 — напорный трубопровод от водопровода; 5 — эжектор; 6 — шланг для подачи хлорной воды; 7 — футляр из трубы; 8 — водоприемный оголовок

Рисунок 2.1 – Схема хлорирования воды на водозаборе

Обработка воды предусматривается в период интенсивного размножения моллюсков в теплое время года. Дозы реагентов определяются экспериментально, согласно допустимых параметров ПДК.

Если вода не имеет высокую хлоропоглощаемость, то достаточно, производить хлорирование дважды: весной и осенью, каждый раз в течение 10 дней.

«При реакциях хлора с органическими веществами происходит образование трагалметанов и хлорфенолов. Хлор взрывоопасный и ядовитый

газ, что создает трудности при его производстве, транспортировке, применении и хранении» [22].

«Обработку воды медным купоросом применяют и для борьбы с уже сформировавшимися обрастаниями в водоводах речной воды. Для этого их заполняют водой с концентрацией меди 5 мг/л и выдерживают в течение 5 сут. При такой обработке моллюски погибают полностью, сами отрываются от поверхности трубопровода и могут быть удалены из него путем промывки» [16].

«Помимо этого ионы меди вместе с ионами железа (стальные трубопроводы) способны образовывать гальваническую пару, результат – сильнейшая гальваническая коррозия трубопроводов. Необходимо соблюдать концентрацию» [22].

На замену хлора можно взять гипохлорит натрия (16%) более эффективный и безопасный. «Считается, что это наиболее универсальное средство по борьбе с биологическим загрязнением воды, поскольку постоянное значение остаточного хлора равное 0,3-0,5 мг/л в оборотной воде позволяет избавиться практически от всех видов микроорганизмов. » [22]. «При этом важно поддерживать нормируемые концентрации, поскольку при больших концентрациях гипохлорит натрия способен приводить к коррозии оборудования» [22]. Гипохлорит натрия требователен к рН, наиболее оптимальный рН для его эффективной работы составляет 7,0-7,4, вне этого диапазона эффективность от обработки снижается. Его преимущество в том, что он не вызывает привыкания микроорганизмов. Минусом гипохлорита натрия, так же как у хлора, он вступает в реакции с органическими и некоторыми минеральными примесями, такие реакции могут приводить к образованию токсичных соединений.

**Многослойное комбинированное противообрастающее покрытие, обеспечивающее репеллентно-хемобиоцидную защиту**

Эффективным способом борьбы с биообрастанием проточной части ГЭС является их химическая (хемобиоцидная) защита путем нанесения на

контактирующие с водной средой поверхности противообрастательных лакокрасочных покрытий (ЛКП). Эффект их действия заключается в создании в ламинарном (пристеночном) слое покрытия такой концентрации биоцида, которая была бы достаточной для уничтожения попадающих в него личинок организмов-обрастателей.

Современные противообрастающие краски должны быть экологически безопасными, т.е. не содержать ядов. «Из всех известных биоцидов самым доступным в этом отношении является оксид меди (I). Обычно противообрастающая краска содержит синтетическое пленкообразующее (ПСХ-ЛС, А-15, полиизобутилен и др.), канифоль, оксид меди (I), пластификатор, органические растворители» [20]. Однако противообрастающие краски не обладают достаточно высокой биологической активностью и не обеспечивают длительной защиты от обрастания и коррозии в системе подводного покрытия, кроме того, оксид меди (I) является дорогостоящим препаратом.

Из указанной монографии Гуревич Е.С. и др. «Защита обрастания» известны средства защиты от обрастания - лакокрасочные необрастающие покрытия, содержащие различные яды, чаще всего закись меди. Однако срок эффективного действия таких покрытий не превышает 1,5-2 лет. Одной из причин ограниченного срока защиты является неравномерная скорость выщелачивания яда из покрытия. Как установлено в результате многочисленных исследований, исходная скорость выщелачивания закиси меди  $100-500 \text{ мкг/см}^2 - \text{сут.}$  ( $1-1,5 \text{ г/м}^2 - \text{сут.}$ ), а через 12-18 месяцев экспозиция в морской воде снижается до  $10-15 \text{ мкг/см}^2 - \text{сут.}$  Необходимо отметить, что далеко не все из них применимы в системах хозяйственно-питьевого водоснабжения.

С целью увеличения срока эффективного действия необрастающей краски, а также с целью снижения трения при течении на поверхности краски наносят тонкий гидрофильный или частично растворимый в морской и пресной воде слой. Такой слой, препятствуя выщелачиванию яда из нижележащего слоя,

регулирует скорость выщелачивания яда и снижает начальную скорость его выщелачивания.

В частности, из SU 579294, 25.11.1977 известно многослойное противообрастающее покрытие подводной части судов, состоящее из слоя необрастающей краски и поверхностного слоя на основе полиорганометакрилата, содержащего оловоорганические радикалы. При этом в качестве необрастающей краски используют, например, краску ХВ-5153 или ХВ-750 на основе перхлорвинилового смолы, содержащую в качестве биоцида закись меди, смесь роданистой меди и мышьякорганического соединения [31].

Данное покрытие снижает первоначальную скорость выщелачивания яда, однако не обеспечивает повышенный современный уровень защиты от обрастания.

Из SU 273905, 15.04.1983 известна необрастающая краска, содержащая (в масс.ч.): канифоль 12-25, салициловую кислоту 3-10, анилид салициловой кислоты 2-5, цинковые белила 2-10, закись меди 25-40, дибутилфталат 3-8, сольвент-нафта 12-18 [31].

Однако срок службы такой краски не превышает 1.5 лет, и кроме того, она характеризуется длительным сроком сушки покрытия на воздухе, недостаточной атмосферостойкостью и стойкостью покрытия к обрастанию бактериально-слизистой пленкой.

Для увеличения срока службы необрастающего покрытия до 4-5 лет, а также предотвращения быстрого расходования медных ядов в пресной воде, во время достройки судов на плаву необрастающую краску с полностью растворимой пленкообразующей основой наносят поверх слоя краски на частично растворимой пленкообразующей основе, например, марки ХВ-53, ХС-79, КР-24 (1-2 слоя).

В указанном изобретении для облегчения выхода биоцида на поверхность покрытия используют производные канифоли. Это вещество (салициловый эфир канифоли) при контакте с водой растворяется. Постепенное растворение частиц канифоли создает микроспоры в покрытии и облегчает диффузию

биоцида на поверхность (в данной краске - это закись меди). Следовательно, основная идея этого изобретения заключается в увеличении скорости выхода биоцида. Дополнительным доказательством этого является указание, что эта краска может быть использована для защиты судов при обрастании при достройке их на плаву. В этот период многие марки противообрастательных красок недостаточно эффективны, поскольку скорость выщелачивания из них биоцида зависит от скорости течения воды (движения судна).

Однако в результате растворения одного из своих основных компонентов краска приобретает рыхлую консистенцию и теряет необходимую механическую прочность и устойчивость к воздействию ряда вредных факторов внешней среды. Как указывается в SU 273905, сами его авторы отмечают эти явления как:

- предельно короткий срок службы (не более 1,5 лет);
- недостаточная атмосферостойкость (т.е. быстрое разрушение при временном осушении, что неизбежно при остановках и ремонтах оборудования, эксплуатирующегося в водной среде);
- недостаточной стойкостью к обрастанию бактериально-слизистой пленкой (т.е. краска разрушается в результате продуктами жизнедеятельности поселившихся на ее поверхности бактерий).

Очевидно, что такое покрытие само по себе непригодно для использования при длительной эксплуатации плавсредств или иных видов подводного оборудования. Его предназначение - это весьма эффективная, но кратковременная защита от обрастания (например, в период достройки судов на плаву).

Вместе с тем, для того чтобы в какой-то мере компенсировать перечисленные выше недостатки (именно для этой цели, а не какой-то иной), ее рекомендовано наносить на другие виды противообрастательных красок (ХВ-53 и др.). Роль последних заключается в предотвращении обрастания участков, на которых произошло разрушение краски на основе салицилового эфира

канифоли. Например, после достройки судов именно эти краски (ХВ-53 и др.) будут выполнять защитные функции.

Аналогичные системы покрытия описаны также в SU 1090696, 07.05.1984. содержащие слои противообрастающей краски на основе частично растворимой матрицы, например краски ХВ-5153, ХВ-5243, ХС-79, поверх которой нанесены слои проницаемого для биоцида покрытия на основе поливинилацетата в сочетании с канифолью, содержащего водорастворимый наполнитель (борная кислота, фтористый натрий, сульфат меди), пигменты, растворители. Однако и данная известная система покрытия не обеспечивает эффективную защиту от обрастания [32].

В последние годы нашли применение противообрастающие покрытия с самополирующими свойствами. Такие покрытия постепенно растворяются, в результате чего непрерывно обнажается свежая поверхность краски, и движущаяся вода сглаживает поверхность покрытия.

В известных самополирующихся противообрастающих красках используют связующее, представляющее собой линейный полимер с боковыми группами, которые удаляются из полимера в результате реакции с морской водой, а остаточный полимер достаточно диспергируем или растворим для удаления с поверхности краски с освобождением свежего слоя связующего, способного к аналогичной реакции с морской водой.

Покрытия из таких самополирующихся красок сохраняют первоначальную гладкость и даже могут стать еще более гладкими под действием относительного движения воды. Постепенное утоньшение пленки краски регулирует выделение биоцида, проявляющего активность против обрастания и присутствующего в краске в виде пигмента и/или выделяющегося в виде удаляемых групп. Таким образом, содержащийся в краске биоцид имеет тенденцию к выделению с поверхности с примерно постоянной скоростью.

Таким образом, на сегодняшний день по механизму воздействия противообрастательные покрытия (краски и эмали) делят на 2 принципиально отличающихся типа:

- покрытия с нерастворимой матрицей (контактные или точнее диффузионные покрытия). Поступление биоцида на поверхность ЛКП происходит благодаря постоянному выщелачиванию (диффузии) биоцида из краски. Толщина выщелоченного слоя прогрессивно увеличивается. Чтобы выйти на поверхность в ламинарный слой, биоцид должен пройти в процессе диффузии весь выщелоченный слой. Поэтому по мере эксплуатации такого покрытия скорость выщелачивания биоцида снижается, причем по экспоненциальному закону, покрытия с растворимой основой (самополирующиеся покрытия), в которых растворение матрицы и биоцида происходит одновременно. В случае равенства скоростей их растворения срок эффекта воздействия на обрастателей (в отличие от диффузионных покрытий) носит постоянный характер. Однако скорость срабатывания (растворения) самополирующихся покрытий зависит от скорости течения воды, омывающей защищаемую поверхность. Поэтому в условиях постоянного потока воды, движущегося с большой скоростью (а именно такие условия и существуют в большей части оборудования проточной части ГЭС), срок действия этих красок уменьшается.

Контактные ЛПК были введены в практику значительно раньше. Самополирующиеся покрытия были разработаны только во второй половине XX века и долгое время использовались исключительно для покраски подводной части быстроходных судов. Поэтому для защиты проточной части ГЭС в настоящее время используют исключительно ГЭС контактного типа.

### **2.2.2 Физические**

Термический способ. Личинки и взрослые особи моллюска погибают при температуре выше 32°C. «По экспериментальным данным обработка обросшей поверхности водой с температурой 40—45°C в течение 5—15 мин приводит к гибели дрейссены» [16]. Спустя 1—24 ч обработанная поверхность освобождаются на 70% от обрастаний. После кипячения воду требуется

охлаждать, что требует дополнительного оборудования. Энергозатратный и дорогостоящий метод.

«Эффективным методом подавления роста бактерий и предотвращения микробиологической коррозии является **радиационное облучение**, которое может быть использовано для защиты от коррозии крупногабаритного оборудования, например оборудования химической промышленности. С этой целью в оборудовании закрепляются специальные контейнеры, содержащие ампулы с радиоактивными изотопами» [17]. «Обрабатываемая вода протекает через футляр с источником радиации, имеющий изоляцию, препятствующую распространению радиоактивного загрязнения. Эффективность установки в среднем составляет 70-90%» [22].

«**Ультразвуковые и акустические методы** весьма эффективны для защиты и очистки от биообрастания. Так, при интенсивности колебаний около 1–2Вт/ см<sup>2</sup> в течение нескольких минут наблюдается почти полное уничтожение бокоплавов, мидий и брюхоногих моллюсков» [17].

«УЗК оказывают губительное действие на самые разнообразные микроорганизмы – патогенные и непатогенные, анаэробные и аэробные, вегетативные и споровые, а также разрушают продукты и их жизнедеятельности» [22].

«Эффективность бактерицидного действия УЗК зависит от целого ряда обстоятельств: параметров УЗК (интенсивности, частоты колебаний, экспозиции); некоторых физических особенностей озвучиваемой среды (температура, вязкость); морфологических особенностей возбудителя (размеров и формы бактериальной клетки, наличия капсулы, химического состава мембраны, возраста культуры)» [22].

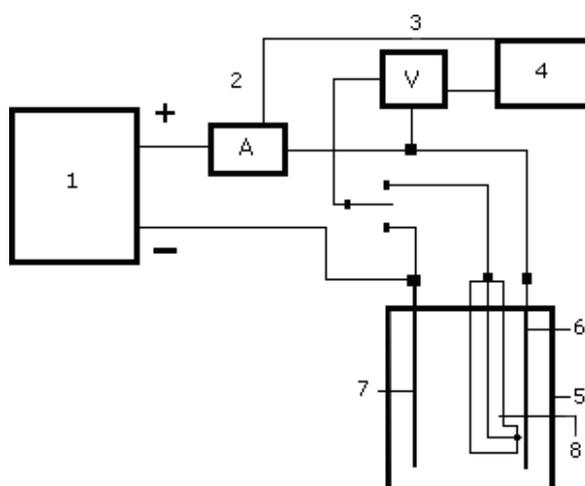
«Электрохимическая защита основана на снижении скорости коррозии металла путем смещения потенциала до значений, соответствующих крайне низким скоростям растворения» [23]. Метод является гораздо экономичнее, чем вышеперечисленные химические методы.

Полная гибель дрейссены наблюдается в течение 27–31ч при напряженности защитного поля 7–8В/см.

«Катодная защита металлов осуществляется присоединением к защищаемому металлу протектора с более низким окислительно-восстановительным потенциалом, функционирующего как анод; защищаемый материал – катод. Например, железо защищают покрытием из цинка. Возможна защита путем наведения ЭДС между защищаемым металлом и анодом. Последний, как правило, сделан из графита. При катодной защите сооружений в среде, содержащей бактерии, защищающий потенциал должен быть ниже потенциала среды без бактерий на 0,1 В» [23].

Представленная блок-схема рисунке 2.2 действует путем наведения ЭДС.

Данная схема разработана Болеевым А.А., он определил, что «при обработке решеток ВОС током исходные вещества (атомы железа и молекулы циклопентадиена) взаимодействуют, образуя молекулы ферроцена. Его молекулы высокую адгезионную способность, что позволяет остановить рост СВБ, далее биокоррозии и биообросаний, при толщине ингибиторной пленки от 3 мкм» [1].



1. Блок питания . 2. Амперметр. 3. Вольтметр . 4. Двухкоординатный самописец (компьютер) . 5. Электрохимическая ячейка. 6. Анод (окисляемый металл решеток). 7. Катод (графит). 8. Противозлектрод (хлорсеребряный электрод).

Рисунок 2.2- Блок-схема лабораторной установки.

Эксперимент проводился с биоорганическими веществами - циклоалкенами, т.к. они относятся к алициклическим соединениям. После

анодной обработки они образуют структуру аналогичную фероцентру, что позволило решить проблему биообросаний. Из СВБ пленки образуются ингибиторы коррозии, при воздействии постоянного анодного тока определенных величин. Максимальных показателей удалось достичь при обработке образцов в течение 14-18 минут.

Необходимо отметить, что способность веществ при взаимодействии с СВБ ингибировать частные электродные реакции коррозионного процесса не является определяющей в торможении коррозии, вызванной сульфатвосстанавливающими бактериями, т.к. их продукты жизнедеятельности способны изменять эффективность защитного действия ингибиторов коррозии. «Для площади поверхности решеток  $1 \text{ м}^2$  рекомендованная сила тока  $i=5-6 \text{ А}$ , при плотности тока  $j=0,01-0,02 \text{ А/дм}^2$ , потенциал окисления относительно хлор-серебряного электрода  $0,22 - 0,28 \text{ В}$ . Рекомендуемое время обработки варьируется от 14 до 18 минут, в зависимости от диаметра решеток и толщины отложений на нем» [1].

Рекомендуется проводить повторную обработку через 9-10 месяцев, т.к. защитная пленка на водозаборных сооружениях подвержена механическому истиранию потоком воды.

Принцип действия **электромагнитных импульсов** на примере ферритного устройства Гидрофлоу Акваклер (Aquaklear).

Устройство использует саму трубу (металлическую), как излучатель электромагнитных импульсов. В пластиковых трубах электромагнитные импульсы свободно проникают сквозь материал трубы. Пример установки изображен на рисунке 2.3



Рисунок 2.3 – установка прибора на трубопроводе.

Подавление бактерий. «У некоторых бактерий (стафилококк, легионелла, кишечная палочка и пр.) на поверхности присутствует электрический заряд. Поэтому они окружены несколькими слоями молекул воды, ориентированных полярно. Оболочка бактерии является полупроницаемой мембраной. Заряд на поверхности молекулы компенсируется суммой зарядов молекул воды данного слоя, а давление внутри бактерии компенсируется осмотическим давлением молекул воды, пытающихся проникнуть сквозь мембрану. Временно передавая этой системе электрический заряд, мы нарушаем равновесие, значительно увеличивая толщину слоя молекул воды, что приводит к резкому увеличению осмотического давления и разрыву оболочки бактерии» [19].

Подавление внутренней коррозии. Акваклер создает радиальное (поперек оси трубы) электрическое поле. Это поле оттягивает свободные электроны металла от внутренней поверхности трубы к внешней – тонкий слой металла на внутренней поверхности трубы становится инертным (он обеднен электронами) и не может вступить в химическую реакцию – внутренняя коррозия

замедляется. Препятствует образованию пленки из микроорганизмов, к которой закрепляется дрейссена. Без биопленки слабые усики личинок не смогут закрепиться на стенках труб и будут унесены потоком воды.

Вследствие притяжения молекул воды к заряженным поверхностям происходит формирование нескольких устойчивых слоев (рис. 2.4) из одинаково ориентированных молекул воды, что не дает закрепиться микроорганизмам на стенках труб.

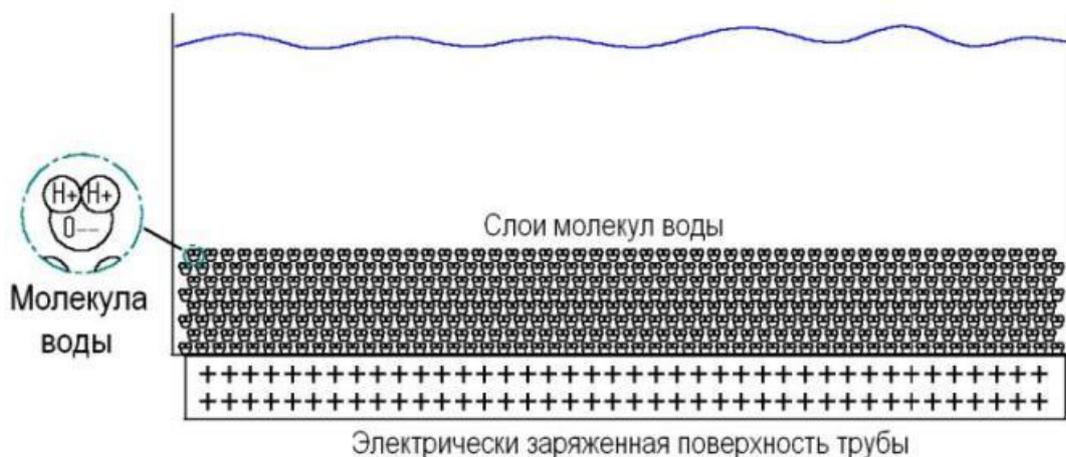


Рисунок 2.4 - схема распределения заряда и молекул воды.

Так у поверхностей трубопроводов создается несколько слоев чистой (на молекулярном уровне) воды, которые представляют для грибков и бактерий устойчивую преграду, которая препятствует закреплению микроорганизмов на поверхности.

Таким образом, подавляя сами бактерии и не давая им закрепиться на стенках трубопроводов, устройство препятствует образованию биопленки.

## **2.2 Методы борьбы с наносами (мероприятия по углублению дна, укрепление)**

Для правильного подбора метода регулирования наносов, необходимо тщательно изучить водоисточник и характер распределения в нем наносов. Разным участкам водоисточника характерны определенные способы борьбы с наносами. Всего выделяют три участка:

1. Верховье рек. Уменьшение эрозионных процессов. Чаще всего такие мероприятия связаны с берегоукреплением.

2. В русле реки. Для борьбы с крупными фракциями применяются различные наносоотвлекающие и наносозахватывающие устройства, так же применяются методы регулирования русла и разработка специальных оголовков.

3. В водоприемном канале. Разрабатываются схемы осаждения и улавливания наносов.

Рассмотрим существующие методы борьбы с наносами.

«**Шпоры** — поперечные по отношению к течению потока или косонаправленные сооружения, не перекрывающие его. Они подразделяются на защитные, выправительные и водозахватные» [27].

«Защитные шпоры, обычно короткие, предназначены для защиты от размыва берега, откосов земляных сооружений (дамб и низконапорных плотин)» [27].

«Выправительные шпоры служат для удержания потока на трассе выправления. Длина их может быть различной, крепят же только головную часть, непосредственно взаимодействующую с потоком» [27].

«Водозахватные шпоры строят на реках с большой скоростью течения для привлечения к водозабору дополнительного расхода воды (обычно на горных и предгорных участках рек)» [27].

«Часть шпоры, непосредственно воздействующая на поток, называется головой ее, а упирающаяся в берег (в специальную врезку)— корнем. Это наиболее уязвимые части шпоры» [27].

«Практика использования шпор показывает, что одну шпору делать нельзя: имея два уязвимых места — голову и корень, она может быть разрушена потоком; надо устраивать не менее трех шпор подряд (лишь в особо благоприятных условиях — две). Первую шпору делают малой длины, чтобы опасность ее разрушения была минимальной; вторую строят под защитой ее корня первой шпорой и, наконец, третью и все последующие рабочие шпоры

возводят так, чтобы головы их были на запроектированной трассе выправления» [27].

«Расстояние между шпорами определяют в соответствии с расчетной схемой, пример которой для течения потока параллельно берегу приведен на рисунке 2.5» [27].

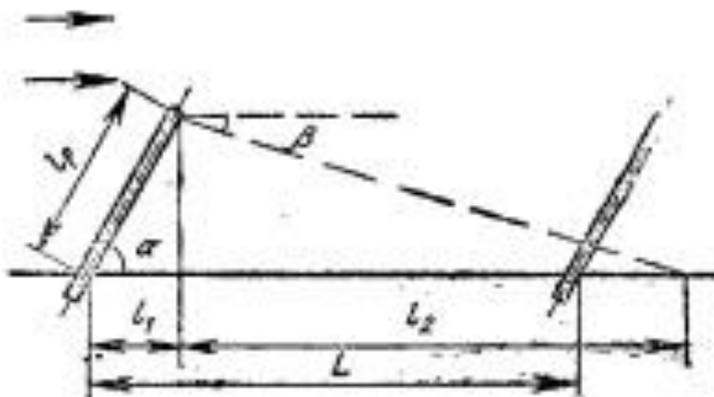
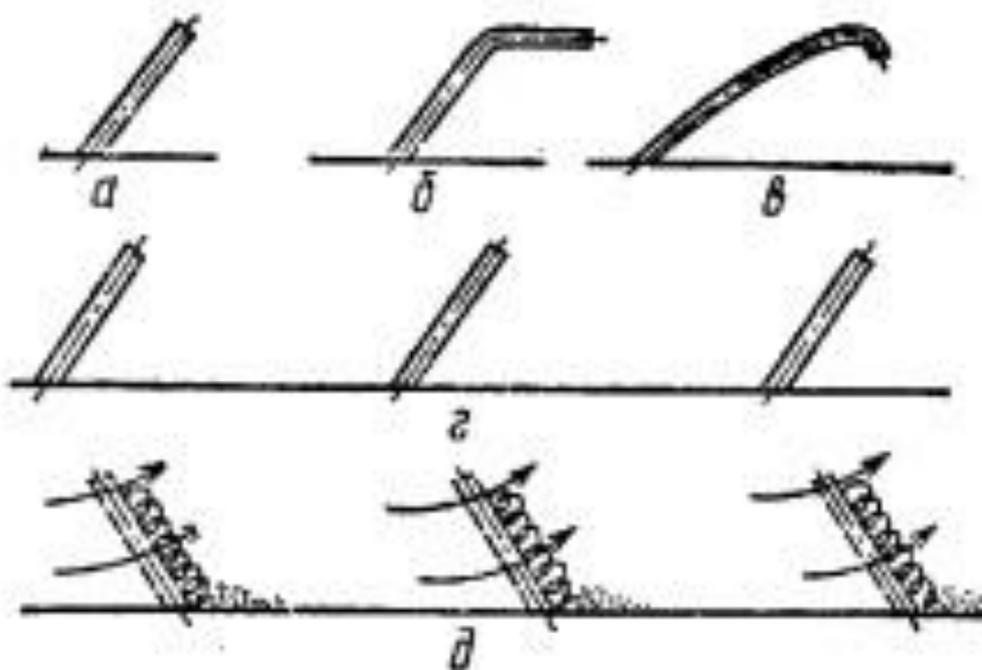


Рисунок 2.5 – Расчетная схема к определению расстояния между шпорами.

Расстояние между шпорами  $L$  определяется их рабочей длиной  $l_p$  и углом установки  $\alpha$ , расстояние вычисляют по формуле:

$$L=4l_p \sin \alpha \quad (2.1)$$



а – обычная, б – Г-образная, в – криволинейная,  
г – система шпор по течению, д- система придонных шпор с осями против течения.

Рисунок 2.6 -основные типы шпор.

По материалам Розанова известно: Шпоры бывают разных типов (рис. 2.6), Г-образная шпора (рис. 2.6,г) является развитием обычной (рис. 2.6,а). При ней перепад за счет скоростного напора рассредоточивается на длине продольной вставки (до 0,4 1Р); при этом ямы местного размыва смещаются от шпор вниз, а глубина их меньше. «Кроме того, расстояние между такими шпорами больше, так как следует учитывать длину продольной вставки и угол растекания, который будет меньше  $9^\circ$ » [27].

«На рабочем откосе обычной шпоры формируется нисходящее течение, направленное к подошве откоса и к голове. Оно оттесняет придонные речные струи с наносами и служит причиной размыва дна у рабочего откоса и головы шпоры. Совсем противоположный эффект дает криволинейная шпора, особенно если она длинная (рис. 2.6, в). Вдоль криволинейного рабочего (верхового) откоса шпоры формируется течение с искривлением струй. Действующие на массы воды центробежные силы приводят к тому, что вблизи откоса уровень воды устанавливается ниже, чем в удалении от них. Возникает эффект поперечной циркуляции, в результате которого наносы «наметаются» на нижнюю часть рабочего откоса, то есть угрозы размыва рабочего откоса нет. Голова шпоры оказывается в области водоворота и заносится наносами. Глухие шпоры строят чаще с осью по течению (рис. 2.6, г)» [27].

«Интересный эффект использовал А. И. Лосиевский, предложивший затопление шпоры с осью против течения (рис. 2.6,d). На каждой шпоре имеется перепад уровней (по схеме затопленного водослива), который формирует течение поперек оси шпор, поэтому набегающий на шпоры поток отклоняется от берега и тем ослабляется его размывающее воздействие. Кроме того, на низовом откосе шпоры формируется компенсационное движение придонных струй с наносами к берегу, и это также служит защитным средством. Наиболее уязвимое место у этой конструкции — голова шпоры» [27].

«Часто строят сквозные шпоры, например из железобетонных тетраэдров, сеток и т. д. Следует учитывать, что обилие в реках мусора (растительные

остатки) изменит расчетную сквозность, отчего конструкции могут потерять устойчивость или оползут в яму размыва непредвиденной глубины» [27].

«Повышения глубины русла можно достигнуть ограничением его ширины. Если, например, русло шириной  $B$  и средней глубиной  $h$  (рисунок 30) сузить путем постройки дамбы  $A$  до ширины  $B_1$ , то в стесненном сечении реки скорости течения увеличатся, произойдет размыв дна и средняя глубина увеличится до  $h_1$ . Эту глубину приближенно можно получить из уравнения расхода воды, если принять, что уклон реки  $I$  и коэффициент Шези  $C$  после стеснения не изменились (в действительности они несколько изменятся)» [11].

$$Q = BhC\sqrt{hI} \approx B_1h_1C\sqrt{h_1I} \quad (2.2)$$

откуда

$$h_1 \approx h\sqrt[3]{(B/B_1)^2} \quad (2.3)$$

«Стеснение русла можно произвести дамбами: продольными (рис. 2.7, а), поперечными (полузапруды рис. 2.7, б) или комбинацией их (рис. 2.7, в). Поперечные дамбы, устраиваемые на некотором расстоянии друг от друга, в большинстве случаев дешевле и имеют то преимущество, что сужение русла можно производить постепенно, возводя вначале не все полузапруды, а, например, через одну и не на всю их проектную длину, а на часть ее» [11].

«Это очень важно, так как ширину необходимого сужения русла точно определить расчетом невозможно, поэтому лучше сужать русло постепенно и остановить работы в той стадии, когда будет достигнута нужная глубина. Кроме того, при постепенном сужении не происходит резкого нарушения режима потока, которое неизбежно дает резкую реакцию - сильнейшие размывы русла у голов повреждения последних, размывы противоположного берега. Еще одно преимущество способа поперечных сооружений заключается в том, что часть смытых в русло наносов выносятся в промежутки между полузапрудками (бунами) и там оседает. В паводок эти зоны заносятся еще больше, так что здесь как бы образуется новый берег» [11].

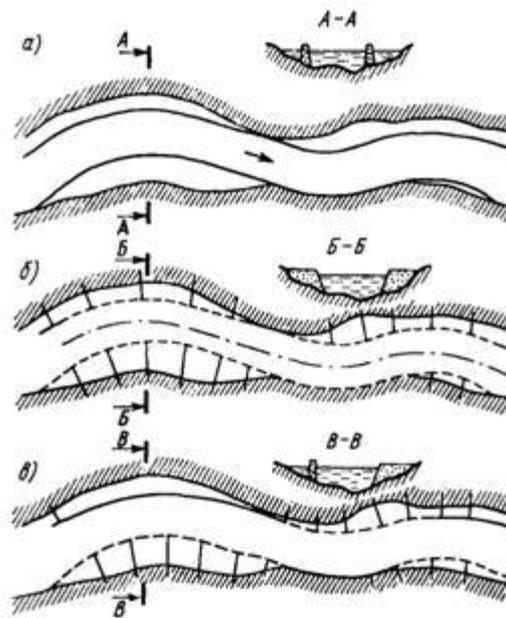


Рисунок 2.7 - Схемы стеснения русла

а - продольными дамбами; б - поперечными дамбами; в - поперечными и продольными дамбами

«Продольные дамбы не имеют указанных преимуществ, и ошибки в ширине сужения трудно исправимы, зато течение у продольных дамб, особенно на вогнутых участках, более спокойно и безопасно как для берегов, так и для судоходства. Комбинирование продольных и поперечных дамб (рис. 2.7, в) является наиболее рациональной схемой, так как обладает и гибкостью (постепенность постройки бун) и экономичностью, обеспечивая спокойное течение вдоль продольных дамб, располагаемых, как правило, у вогнутого берега, где скорости наибольшие. Сужение ширины русла возможно также путем установки так называемых сквозных сооружений: сетчатых, сборных железобетонных и т. п.» [11].

«Если река разделяется на рукава (рис. 2.8), то, переводя весь расход реки в один из них путем закрытия другого запрудой, можно повысить уровень воды в первом из рукавов и, следовательно, увеличить глубину воды в нем» [11].

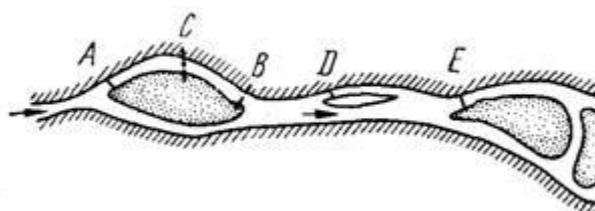


Рисунок 2.8 - Схемы закрытия рукавов

«Решение задачи общего зарегулирования русла требует длительного времени и крупных материальных затрат. На практике производят поэтапное регулирование отдельных наиболее важных в хозяйственном отношении участков реки с целью обеспечения бесперебойной работы водозаборных устройств, создания нужных глубин, защиты берегов от размыва и т. д. На рисунок 2.9 показан пример зарегулированного участка реки у плотинного водозабора» [11].

Основная задача регулирования состояла в том, чтобы обеспечить бесперебойную работу водозабора 8 в условиях, когда река несет большое количество наносов. Чтобы избежать отложения наносов вблизи водозабора и завала его отверстий, подводящий участок реки плавно сужен до размеров обеспечивающих нормальное устойчивое русло. Благодаря сужению (рис. 2.10) увеличились глубины и влекущая способность потока. Русло изогнуто в плане так, чтобы водозабор оказался на внешней стороне изгиба. При этом поперечная циркуляция потока обеспечивала забор верхних наиболее осветленных слоев воды.

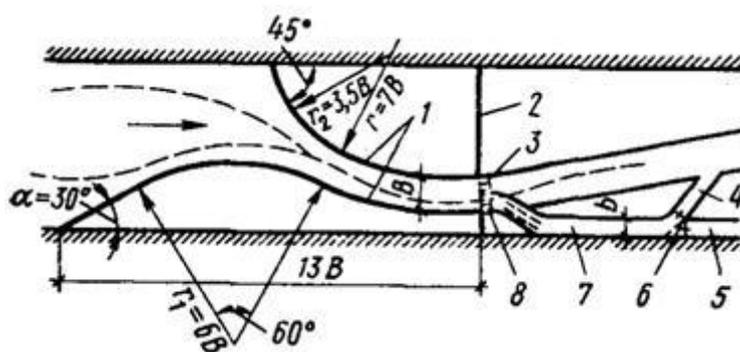


Рисунок 209 - Схема регулирования реки при плотинном водозаборе:

- 1 - струенаправляющие дамбы; 2 - земляная плотина; 3 - водосбросная плотина; 4 - водосброс;  
5, 7 - канал; 6 - вододелитель; 8 - водозабор

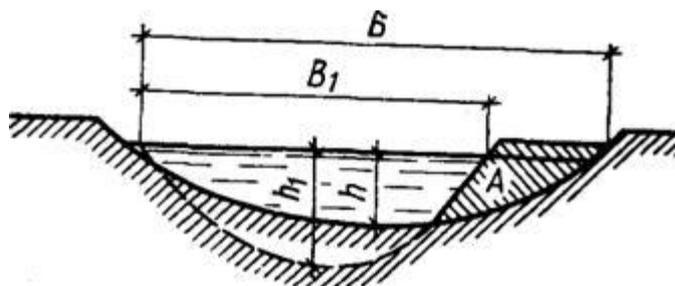


Рисунок 2.10 - Схема углубления русла при стеснении его дамбой

**Прорези.** «Часто объемы и интенсивность деформаций настолько велики, что защитить от разрушения берег и объекты, расположенные на нем, перечисленными методами и средствами затруднительно. Во многих случаях целесообразнее решить задачу с помощью строительства спрямляющей прорези. Для примера на рисунке 2.11 изображена ситуация, когда головной участок канала и сооружение на левом берегу находятся под угрозой разрушения потоком. При устройстве прорези (на рисунке 2.11 показана штрихом) в нее полностью или частично устремляется поток, и берег у защищаемого объекта больше размываться не будет» [27].

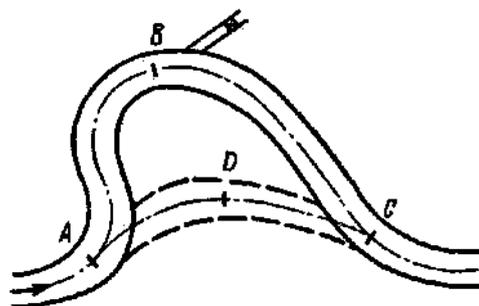


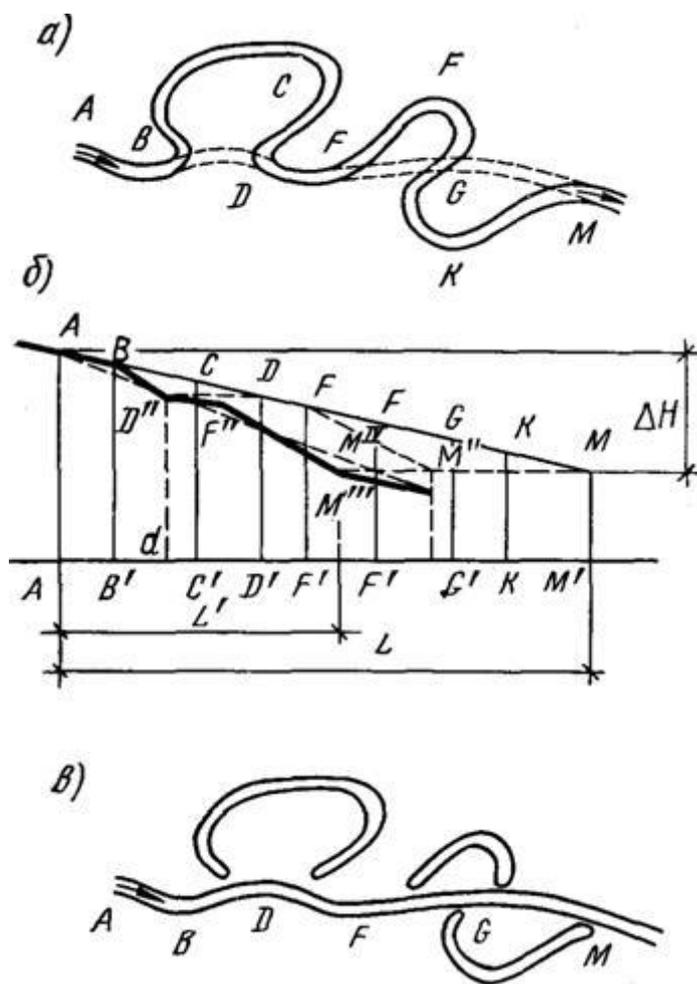
Рисунок 21 - Пример спрямления русла прорезью для устранения размыва берега у места водозабора.

«Увеличение уклонов потока может быть достигнуто путем спрямления извилистого русла. Если разность уровней в створах А и М до спрямления была  $\Delta H$  (рисунок 32, б), а длина  $ABCDEFGKМ$  (рисунок 32, а) равна  $L$  и средний уклон  $I = \Delta H/L$ , то после устройства спрямляющих прокопов  $BD$  - простого и

$EGM$  - сложного (пересекающего русло) длина  $ABDEGM = L' < L$ .

Следовательно, новый средний уклон  $\frac{\Delta H}{L'} > \frac{\Delta H}{L}$

т. е.  $I > I'$ » [11].



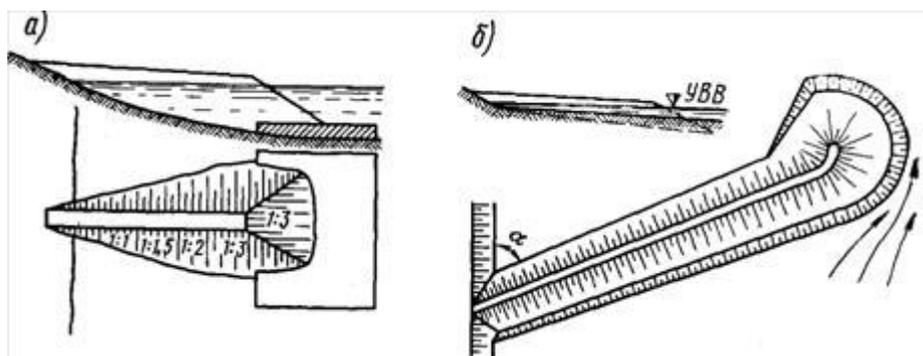
а - трасса прокопов; б - продольный профиль; в - образование стариц

Рисунок 2.12 - Схема спрямления русла

«Новый продольный профиль спрямленного участка можно построить приближенно таким образом (рис. 2.12, б): точка  $D$  должна переместиться в  $D''$  с той же отметкой, чтобы величина  $B'd$  на профиле равнялась  $BD$  на плане, соответственно  $M$  переместится в  $M'''$ , а затем  $DEM''$  переместится параллельно себе в положение  $B \gg E \ll M'''$  таким образом кривая  $ABD''E''M'''$  представит собой приблизительно новый продольный профиль участка в том случае, если русло реки неразмываемо. Этот профиль несколько преобразуется (см. пунктир на рис. 2.12, б): на участке  $AB$  уклоны увеличатся вследствие спада, а ниже несколько уменьшатся; на участке  $E''M'''$  уклоны уменьшатся в силу подпора от нижележащего участка и точка  $M'''$  поднимется в положение  $MIV$  и т. д. В случае размываемого русла профиль  $ABD''E''MIV$  (пунктир) трансформируется дальше благодаря «сглаживающему» действию потока при новом среднем

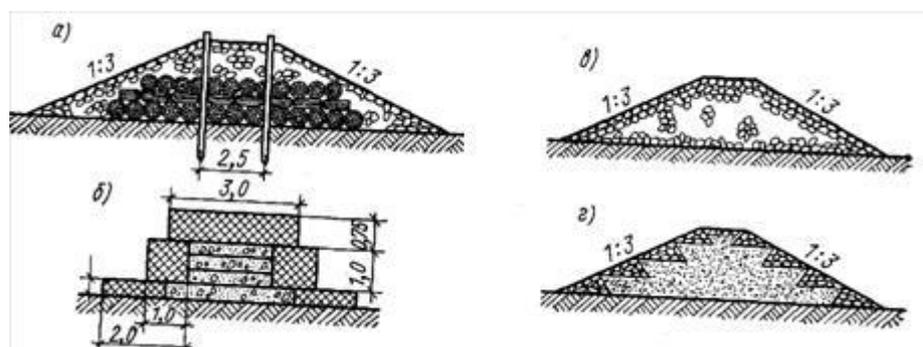
уклоне  $I'$  на всем участке. Участки старого русла, замененные спрямлениями, постепенно отмирают, превращаясь в пойменные озера подковообразной формы (рис. 2.12, в)» [11].

**Поперечные полузапруды.** «Увеличения транспортирующей способности потока, уменьшения глубин и прекращения отложения наносов можно добиться с помощью полузапруд. Эти сооружения обычно имеют трапецевидальное сечение. Чем ближе к голове, тем полузапруда подвергается более интенсивному воздействию воды, вследствие чего откосы ее делаются все более пологими (рис. 2.13, а), сама дамба уширяется, голова ее закругляется и обязательно подстилается широким тюфяком. Иногда голова заканчивается короткой продольной дамбой, так что буна в плане получает вид буквы  $T$ , что несколько смягчает воздействие потока на голову» [11].



а - перпендикулярная берегу; б - расположенная под углом к берегу

Рисунок 22 - Формы полузапруд:



а - каменно-фашиной; б - габионной; в - каменной; г - грунтово-каменной

Рисунок 2.14 - Поперечные сечения полузапруд

«Корни полузапруд прочно заделываются в берег не менее чем на 2-4 м. Гребень затопляемой буны должен быть хорошо укреплен против размыва,

ударов льда и тому подобных воздействий. Гребень в продольном профиле делают уклоном к берегу 1:20-1:200 для направления переливающейся через него воды в сторону русла и постепенного расширения живого сечения реки при подъеме уровня воды. Конструкции полузапруд выполняют из различных материалов. Поперечные сечения полузапруд могут иметь весьма разнообразные конструктивные исполнения. На рисунке 2.14 показаны примеры конструкции каменно-фашинных, габионных, каменных и грунтово-каменных полузапруд» [11].

«Методы регулирования местной эрозии русла путем воздействия на поперечную циркуляцию потока были предложены А. И. Лосиевским и М. В. Потаповым. Метод А. И. Лосиевского заключается в воздействии на донные течения **наносоуправляющими стенками**, устанавливаемыми на дне реки под углом 15-25° к течению и представляющим собой донные водосливы высотой над дном около 0,5-0,8 глубины потока (рис. 2.15), причем, гребень такого водослива снижается от корня *A* к голове стенки *B*. Благодаря этой «наносоуправляющей» стенке поверхностные струи отклоняются вправо (рис. 2.15) по течению, а донные идут влево. Непосредственно за стенкой донные струи вовлекаются в винтовое движение, образуемое за водосливом и направленное вдоль стенки к левому берегу. В результате частицы наносов ниже стенки выносятся к левому берегу в зону *AC*, глубины у стрежня увеличиваются. Опыт применения метода А. И. Лосиевского на ряде перекатов р. Оки, Волги и других оказался эффективным и привел к увеличению судоходных глубин» [11].

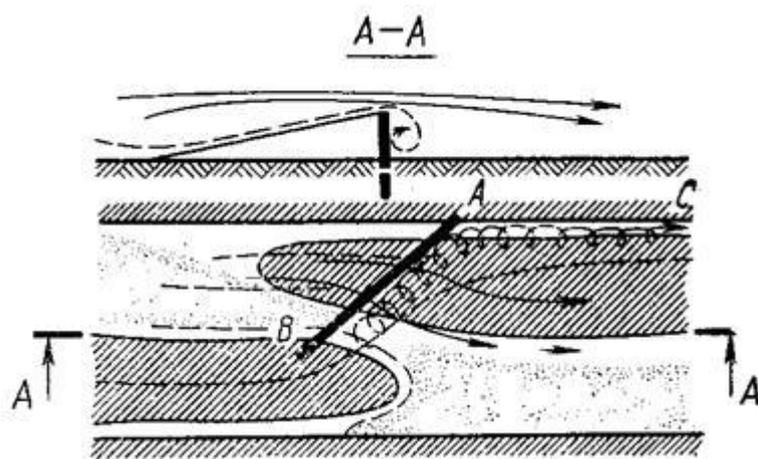


Рисунок 2.15 - Схема действия наносоуправляющей стенки А. И. Лосиевского  
 «Метод М. В. Потапова заключается в воздействии на режим поперечной циркуляции струй особыми направляющими щитами - плавучими или стационарными, поверхностными или донными с тем, чтобы изменить ее характер или вызвать ее там, где она будет полезной для борьбы с размывом русла или отложениями наносов» [11].

«Сущность действия щитов М. В. Потапова можно видеть из рисунок 2.16, а. Если в прямоугольном русле с параллельнострунным циркуляции щитами; б - простейшая конструкция щита; в - сегментные щиты потоком поставить на плаву вертикальные щиты, наклоненные в плане под некоторым углом к оси потока, а на дне установить аналогичные щиты, но направленные в другую сторону, то в русле будет создано винтовое движение (поперечная циркуляция). Так как поверхностные струи на рисунок 2.16, а направлены к правому берегу, то у этого берега вскоре образуются углубление и размыв, а у левого – намыв, отложение наносов. Для достижения того же эффекта достаточно одних поверхностных (плавучих) или одних донных щитов, первые на практике удобнее. Простейшая их конструкция показана на рисунок 2.16, б, более сложные системы полых щитов, имеющих в плане форму сегментов (рисунок 2.16,в), выполняются из стали и при помощи балласта опускаются на желаемую глубину, на плаву под нужным углом к потоку они удерживаются тросами» [11].

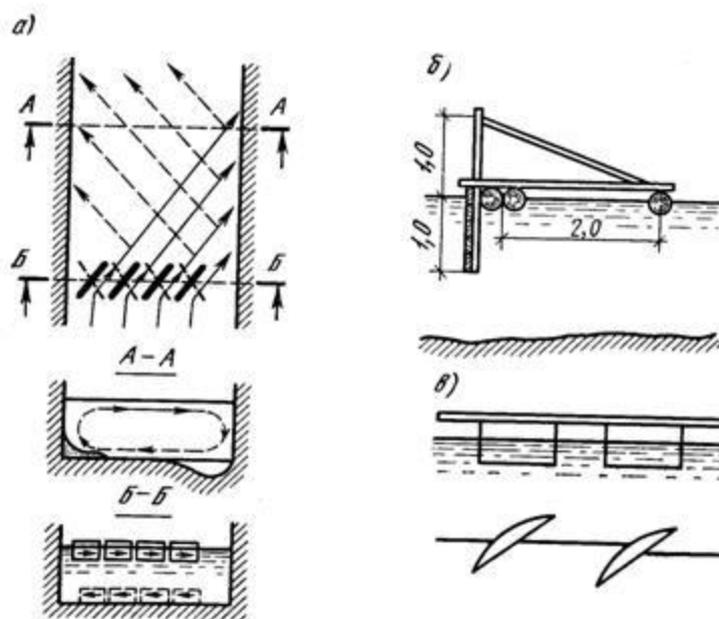
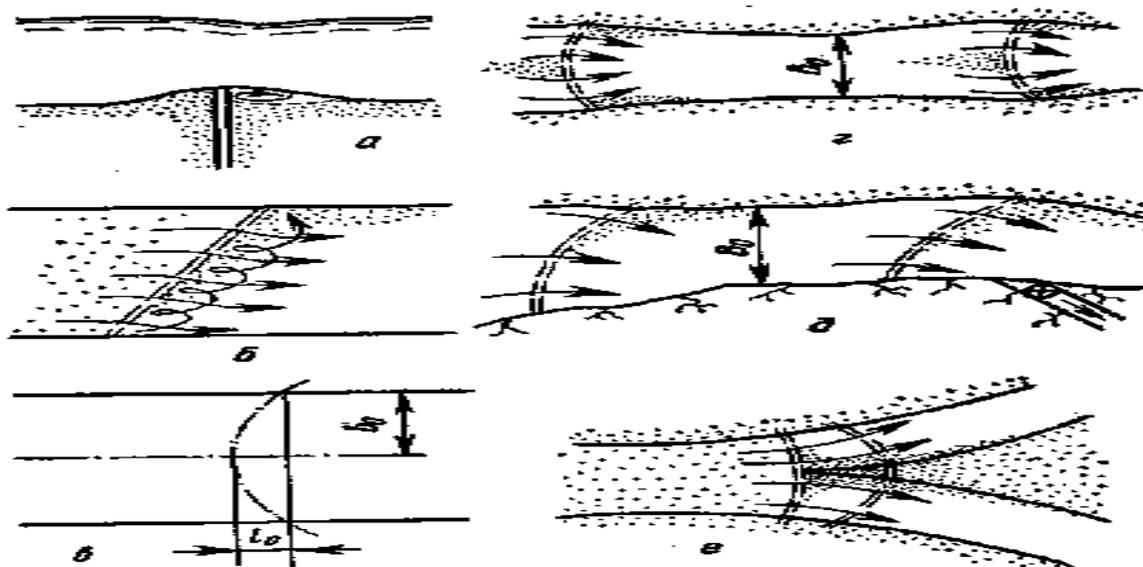


Рисунок 2.16 - Щиты М. В.Потапова:

«При помощи щитов М. В. Потапова можно защищать размываемые участки берега, устанавливая щиты так, чтобы поверхностные струи направлялись к неразрываемому берегу, а донные - к размываемому, у которого будут накапливаться отложения. При помощи щитов можно также смывать отложения в местах, где они скопились и нежелательны (например, вблизи водозаборных устройств), для чего к этим местам должны направляться поверхностные струи потока» [11].

«**Наносоуправляющие пороги.** Перераспределения наносов по ширине русла можно достичь струенаправляющими системами М. В. Потапова. Но такой же эффект дает более простая конструкция — криволинейный донный порог. Он воздействует на поток именно в том месте, где много наносов и где происходит деформация русла, то есть на дне. Поэтому ни мусор, ни лед, ни шуга не нарушают его работы; он не мешает ни судам, ни миграции рыб» [27].



а – возникновение вихря на тыльной поверхности шпунтованной стенки, б – поверхностное смещение поверхностных и донных струй косорасположенным донным порогом, в- ось криволинейного донного (наносоуправляющего) порога, установленного для смещения наносов к берегам, г – система порогов, фиксирующих песчаное русло, д – система порогов, фиксирующих поток у правого неразмываемого берега, и для борьбы с наносами при водозаборе. е – пример компоновки наносоуправляющих порогов для разделения потока на два рукава.

Рисунок 2.1723 – Схема криволинейного донного порога и примеры компоновки.

«Принцип работы донных порогов пояснен на рисунке 2.17, а и б. Ограниченный по длине донный порог уязвим: около его концов формируются ямы размыва, угрожающие его устойчивости. Поэтому целесообразен порог, на всю ширину русла (рис. 2.17, в). На рисунке 2.17, г приведен пример регулирования многорукавного неустойчивого русла. Ось порога подобрана таким образом, что он формирует в стречневой части наибольшие глубины; наносы относятся к берегам» [27]. «С помощью наносоуправляющих порогов можно решить ряд задач: стабилизировать поток у водозаборных сооружений, осуществлять борьбу с наносами, шугой и т.п. Особо благоприятные условия для этого создаются, когда один из берегов сложен трудноразмываемыми породами (рис. 2.17,д)» [27].

**Габрионные конструкции.** «Габрионные сооружения конструктивно представляют собой заполненные каменным материалом ящики различной формы, изготовленные из стальной оцинкованной сетки двойного кручения с

шестигранными ячейками. Корзина заполняется любым каменным материалом (щебень, галька, карьерный камень, небольшие валуны). После заполнения корзин каменным материалом получается строительный элемент – габион» [27].

«Габионные структуры относятся к классу гибких сооружений: они воспринимают возможные осадки грунта, реагируя на это незначительными прогибами. При этом разрушения самих габионных структур не происходит, и сооружение продолжает выполнять своё основное функциональное назначение» [27].

«Аккумулируя на себе частички грунта, габионные сооружения приобретают ещё большую прочность и становятся частью природного ландшафта. Многолетний опыт применения габионов показывает, что сооружения из них относятся к классу постоянных, они благоприятствуют со временем восстановлению состояния естественного равновесия в зоне их возведения. Время полной консолидации конструкции в зависимости от климата и типа сооружения составляет от 1 до 5 лет. После завершения процесса консолидации габионные конструкции приобретают максимальную устойчивость и после этого срок их службы практически не ограничен» [27].

«Для защиты от размывов откосов насыпей и их оснований, береговых устоев и мостовых опор, речных и морских берегов, вблизи которых размещается земляное полотно, предпочтительно использовать габионные конструкции: цилиндрические и коробчатые габионы, матрацы Рено, систему Террамеш, оцинкованные сетки двойного кручения с ПВХ покрытием и без. Они могут применяться как отдельно, так и в сочетании друг с другом» [27].

### 2.3 Выявление причин поломки глубинного насоса

После выхода из строя насоса ООО «Эколайн» был произведен осмотр, на предмет нарушения его работоспособности.

На насосной станции первого подъема осуществлялся попеременный режим работы двух пар секций водоприемника.

«Общий осмотр объекта, шкафов управления насосами и в частности шкафа управления насос первого подъема НС-2S-125A-N11D1-12, доступных для осмотра силовых и контрольных кабелей (рис. 2.24); насос второго подъема ТР 300-590/4 X-F-A DBUE; напорный трубопровод первого подъема» [27].

В обмотке двигателя предусмотрен один датчик температуры типа Pt100, конструктивной особенностью является виброустойчивость, на момент осмотра он был воткнут в обмотку статора на 7-10см. По результатам осмотра выявлено, что датчик находится в исправном состоянии, линия связи глубинного насоса со шкафом НС-2S-125A-N11D1-12 прозванивается. На насосе имеются следы эксплуатации, незначительная коррозия, СОЖ соответствует требованиям инструкции. Других неисправностей не было обнаружено.

Произошел локальный перегрев двигателя, датчик температуры находился не в зоне перегрева и поэтому не сработал, вследствие чего получилось короткое замыкание.



Рисунок 2.23 – Расплавленная изоляция

Конструкция рубашки охлаждения (рис. 2.25) выполняла функцию направления потока для охлаждения двигателя. Материал (сталь 12Х18Н0Т толщиной 5 мм) и конструкция решётки подобраны с учётом требований инструкции по монтажу.



Рисунок 2.2524–дополнительная рубашка охлаждения

«Заводская защитная решётка, изготовленная из нержавеющей стали, толщиной ~2 мм сильно деформирована (замята внутрь) » [21]. На решётке, внутри насос, на стыках напорного трубопровода имеются раковины речной дрейссены и останки рыб (рис. 2.26). «При большом количестве раковин на решётке возможно значительное уменьшение пропускной способности отверстий, что при разрежении на всасывающем патрубке насоса привело к характерной деформации (вогнутости) решётки и кавитации» [21]. «Об этом свидетельствует наличие кавитационных воронок на поверхности лопастей рабочего колеса (рис. 2.27)» [21].



Рисунок 2.26–внутренняя решетка подверженная деформации



Рисунок 2.27–Кавитационные воронки

Необходимо пересмотреть комплектацию двигателя и пересмотреть режим работы насосной станции.

#### **Выводы по 2 главе**

1. Рассмотрены химические и физические методы борьбы с биообрастаниями. Необходимо провести аналитический анализ предложенных методов подходящих для конструкции Жигулевского водозабора.

2. Рассмотрены методы борьбы с наносами. На Жигулёвском водозаборе уже предусмотрено берегоукрепление, поэтому необходимо уделить внимание руслу реки возле водоприемных оголовков. На сегодняшний день очистка от наносов осуществляется водолазно-техническими работами.

3. Причина поломки насоса – закрепление моллюсков дрейссены на защитном кожухе, это создает сопротивление на вводе и перегрев двигателя.

## **Глава 3 РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЙ ПО СНИЖЕНИЮ НЕГАТИВНЫХ ФАКТОРОВ НА РАБОТУ ВОДОЗАБОРНЫХ СООРУЖЕНИЙ**

### **3.1 Разработка мероприятий по снижению воздействия биообрастаний на работу водозабора**

Рассмотрим предложенные методы борьбы с дрейссеной на примере Жигулевского водозабора.

Хлорирование является одним из не дорогих мероприятий по борьбе с размножением моллюсков. Но МУП «ЖКХ» г.Жигулёвска при хлорировании был отмечен рост ракушки на оголовках и усиленная коррозия на механической очистке воды (насосы, барабанные сетки). Поэтому в проекте по реконструкции водозабора 2010г. Хлорирование было исключено. Таким образом на водоприемных оголовках борьба с дрейссеной была полностью исключена.

Нанесение противообрастающего покрытия - срок службы такой краски не превышает 1,5 лет.

Установка нагревательных элементов в водоприемные оголовки является очень дорогостоящим мероприятием и может привести к совершенно обратному эффекту.

В проекте 2010г. 1909/1966-ОПЗ изм. упоминается о вакуум насосе, но данное оборудование не было подобрано в проекте. Осуществление работы вакуум насоса с организацией обратного тока воды и импульсной промывкой будет способствовать улучшению работы насосов первого подъема и последующих систем водозабора. Но если засорение проникло выше глубинного насоса и создает помехи обратный ток воды не поможет т.к. трубопровод обратной промывки находится ниже глубинного насоса, поэтому необходимо предусмотреть защиту этой части сооружения.

Наиболее эффективным будет ультразвуковая и электрохимическая защита. Электрохимическая защита будет действенна только для водоприемной решетки, но т.к. дрейссена на ранних стадиях развития очень мала и способна

проникать через материал обратного фильтра и продолжать развиваться в водоприемных оголовках, нанося ущерб всей системе.

Ультразвуковая очистка подходит, данный метод основан на возбуждении защищаемой поверхности высокочастотными колебаниями, которые угнетающе действует на дрейссену, что предотвращает ее рост, дальнейшее образование новых колоний и уменьшению уже образовавшейся колонии. Необходимо производить исследования по подбору частоты воздействия.

Таким образом, методом исключений лучше всего подходит электромагнитная очистка. Установка оборудования перед повысительным насосом (рис. 3.1) и на контуре решетки водоприемного оголовка. Таким образом устройство повысит надежность бесперебойной подачи воды, исключив биообрастание.



Рисунок 3.1 – установка электромагнитного устройства на трубопровод  
Подобрано устройство «ферритного» типа Гидрофлоу Кастом 18".  
Передача энергии электромагнитного поля в воду осуществляется с помощью

кольцевого магнитопровода, собранного из ферритовых пластин. Данное оборудование способствует защите оборудования от внутренней коррозии.

Устройство монтируется поверх трубопровода, без «врезок». Дальность действия - до 2х2000 метров (действие в обе стороны: по ходу и против движения потока воды). Питание – сеть 220В. Потребляемая мощность — 200-300 Вт. Исполнение: пылевлагозащитное, IP-65/IP-68.

Гидрофлору отбирает высвободившиеся свободные электроны, образовавшиеся в результате первой частичной реакции, оттягивая их на внешнюю поверхность трубы. Без свободных электронов процесс окисления железа не может происходить, коррозия подавляется.

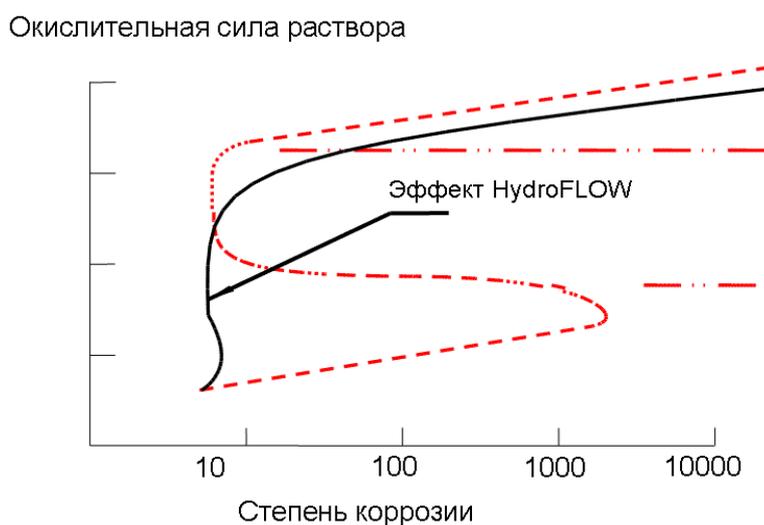


Рисунок 3.2 – сравнение реакций окисления без устройства и с устройством Гидрофлору

График (рис. 3.2) показывает под воздействием поля, создаваемого Гидрофлору, реакция окисления металлов не протекает. «Они становятся в высокой степени инертными и ведут себя так, как будто это благородные металлы типа платины или золота. Наиболее восприимчивы к такому поведению железо, никель, хром и сплавы, их содержащие. При определенных условиях также цинк, кадмий, олово и некоторые другие металлы» [19].

Металлы остаются в пассивной зоне, пока окислительная сила не преодолет силу электрического поля.

### **3.2 Мероприятия по предотвращению образования наносов перед водоприемниками**

«При антропогенном воздействии на речное русло, разумеется, будет изменяться и характер естественных русловых процессов» [25].

«Изменения русла происходят в результате действия различных русловых процессов, связанных с воздействием водных масс на русла поверхностных источников. Процесс разрушения породы под действием воды называется водной эрозией. Выделяют русловую и склоновую эрозии» [25].

«Склоновой эрозией является процесс разрушения и смыва продуктов этого разрушения талыми и дождевыми водами со склонов площади бассейна. Интенсивность такого типа эрозии зависит от следующих факторов: состав почв и грунтов, количество и характер растительности, рельеф местности, количество осадков. Продукты разрушения не в полной мере попадают в водоисточник, часть их застревает в оврагах и различных неровностях земной поверхности. В районах, которым характерен сухой климат, склоновая эрозия протекает значительно интенсивнее, чем в районах с влажным климатом, ввиду низкого количества растительности, меньшего количества гумуса в почве. Русловая эрозия заключается в размыве водой русла реки. На степень интенсивности этого типа эрозии влияет энергия воды и тип породы, слагающей русло. В результате водной эрозии образуются речные наносы. Различают донные и взвешенные наносы» [25].

На Жигулевском водозаборе установлена конструкция берегоукрепления откосного типа из сборного монолитного железобетона.

Правый берег Волги полностью галечный, что не предполагает большого количества наносов. Можно предположить, что наносы в большей степени пребывают с левого берега в результате воздействия талых и дождевых вод по вдольбереговой линии, и в меньшей степени с правого.

Решение проблем может стать искусственное сужение потока вдоль фронта водоприемных оголовков (рис. 3.4). Трапецеидальной формы широким сечением до 1 оголовка и сужающимся к 4 оголовку. Это позволит увеличить

скорость потока и уменьшить количество наносов. Так же возможно это поспособствует уменьшению численности дрейссены, т.к. усложнит ей возможность закрепления бисусом на водоприемных оголовках.

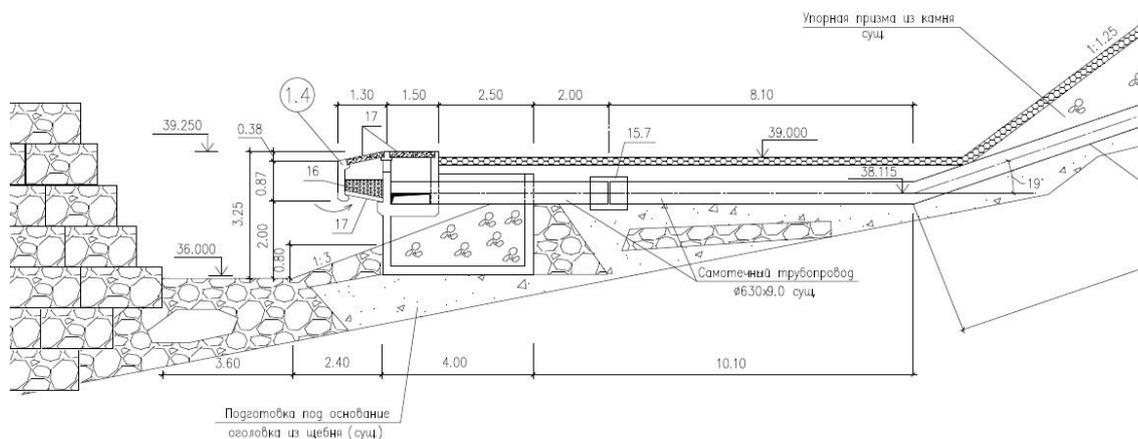


Рисунок 3.3 – схема сужения потока

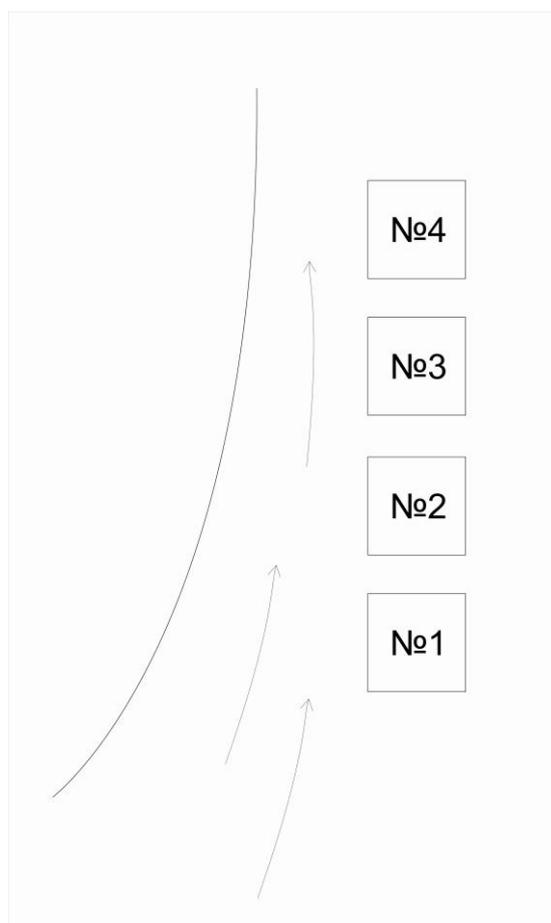


Рисунок 3.4 – схема сужения потока на плане

В период половодья в водохранилище будет попадать значительное количество наносов, ГЭС будет работать в пропускном режиме, течение будет

сильнее и данная конструкция будет высокоэффективна, т.к. наносы не будут скапливаться возле оголовков.

Наносы, вовлеченные в водоприемный оголовок будут постепенно осаждаться, т.к. скорость в самотечном трубопроводе меньше чем возле водоприемных оголовков. Наносы осевшие в фильтровальной камере будут уноситься частично обратным током воды при промывке.

### **3.3 Оптимизация режима работы насосной станции первого подъёма**

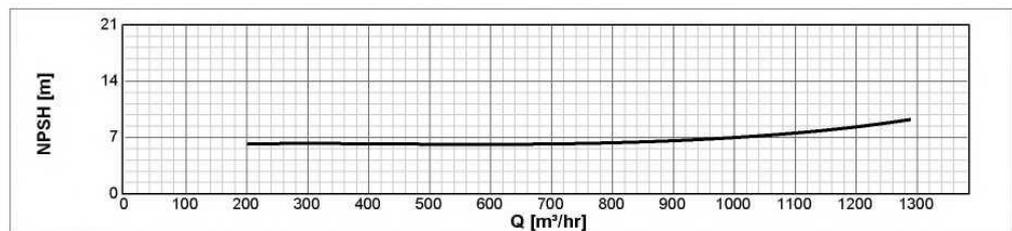
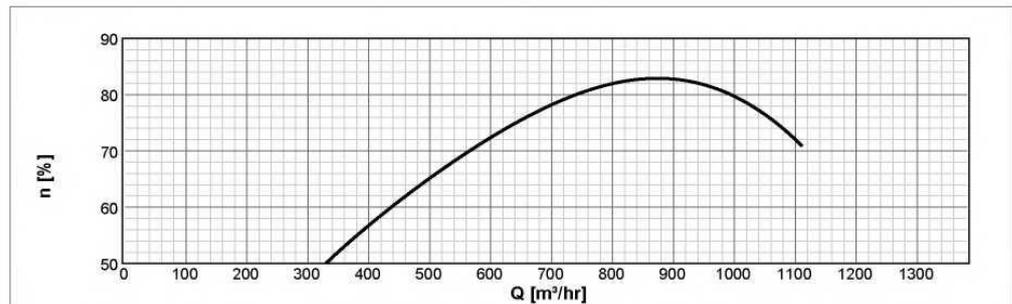
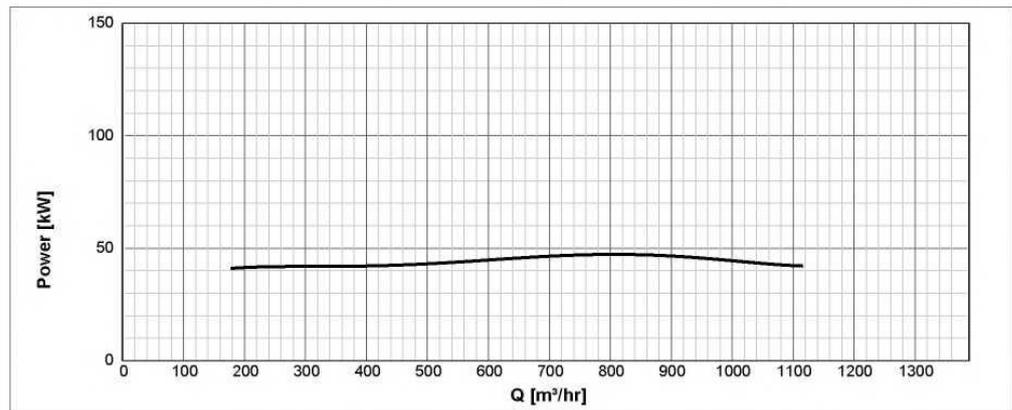
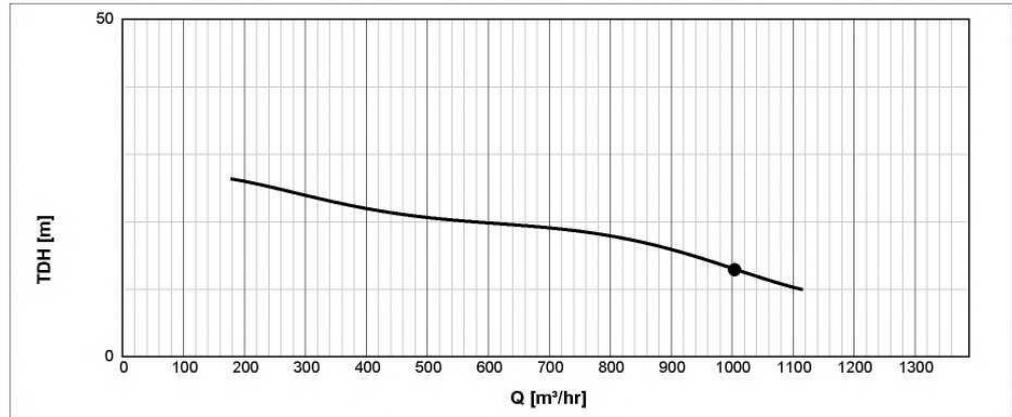
Для детального отчета по работе насосов первого подъема необходимо рассмотреть сложение характеристик насосов INDAR (рис. 3.5) и GRUNDFOS(рис. 3.6). Характеристика последовательной работы насосов INDAR и GRUNDFOS представлена на рисунке 3.7. По сумме характеристик можно сделать вывод, что при загрязнении рубашки охлаждения глубинный насос может переходить в кавитационный режим, т.к. у глубинного насоса рабочая точка находится близко к предельным значениям.

Curves for standard materials

UGP-2025/1R

Hz: 50

r.p.m.: 1500



Curves for water at 30 °C, density of 1 Kg/dm³ and a viscosity of 1° E, according to ISO 9906 Level II  
 Approximate values, not valid for manufacturing.  
 Indar Maquinas Hidraulicas SL reserves the right to carry out technical changes without any notification.

Рисунок 3.5 - характеристика насоса INDAR

# 96162123 TP 300-590/4 50 Гц

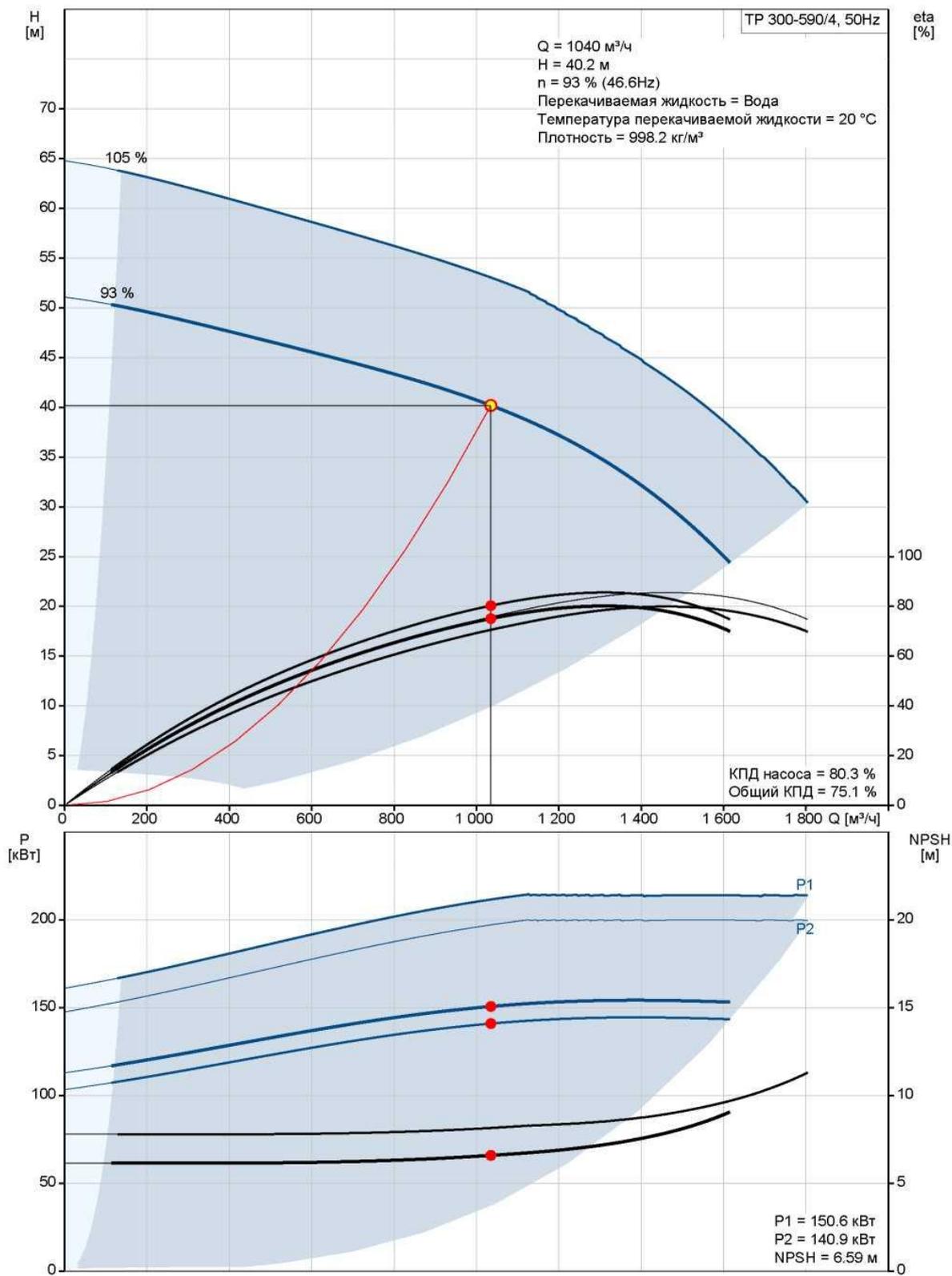


Рисунок 3.6 - характеристика насоса GRUNDFOS

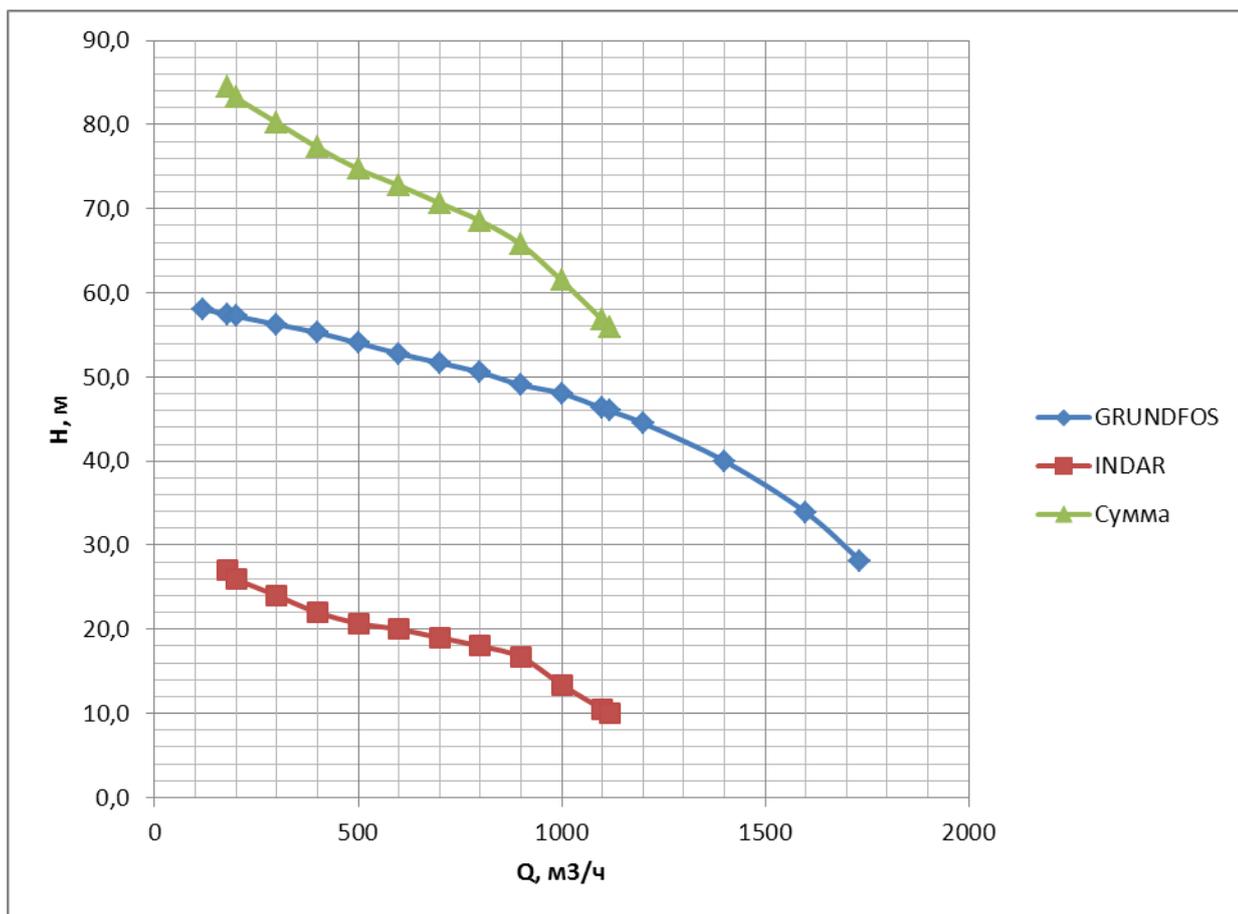


Рисунок 3.7 - Суммарная характеристика последовательной работы глубинного и повысительного насосов.

По проектным данным насосы подобраны на расход 1000м³/ч, при работе 4-х рабочих секций водопотребление составит 96000м³/ч. Такая производительность не требуется, расход в 1000м³/ч подобран на случай выхода из строя нескольких насосов. Регулировка расхода осуществляется частотным преобразователем.

С установкой индивидуальных приборов учета, водопотребление уменьшилось до 30 000м³/ч, использование 4-х пар насосов стало нерентабельным. Для требуемого потребления стало достаточно 2-х рабочих секций водоприемника (см. таб. 3.1). В связи с тем, что водоприемные оголовки имеют сильное биообрастание вывести из эксплуатации 2 насоса невозможно, т.к. это приведет к полному засорению моллюсками и наносами, что в случае необходимости не позволит ввести в работу насосы. Поэтому в эксплуатацию был введен попеременный режим работы 2-х пар секций водоприемника.

Согласно инструкции при мощности более 250кВт допустимо 6 пусков в час, при уменьшении мощности количество пусков увеличивается. Исходя из характеристики мощности (рис. 3.3) при нормальной работе она не превышает 50кВт. Неоднократный перезапуск не мог стать причиной поломки.

Зазор между стенками двигателя и скважины должен быть таким, чтобы расход воды через него был больше, чем минимальный расход воды, требуемый для правильного охлаждения двигателя. Если расход воды меньше требуемого, должна быть установлена рубашка охлаждения. Максимальное кол-во взвешенных веществ 20 мг/л [32]. По количеству дрейссены на водоприемных оголовках, можно сделать вывод, что количество взвешенных частиц превысило максимально допустимое.

Засорение решетки глубинного насоса увеличивалось, давление после насоса падало, частотный преобразователь увеличивал нагрузку (силу тока) на насос, для восполнения давления. Нагрузка достигла максимума, водяное охлаждение двигателя было минимальным, т.к. решетка забита, обмотка статора начала перегреваться, насос перестал выдавать требуемое давление. Для восполнения давления в системе частник начал подавать большую нагрузку на повысительный насос, в трубопроводе между глубинным и повысительным насосом образовалось разряжение, под действием которого защитный кожух (решетка) насоса был вогнут во внутрь. Так же при разрежении образовывалась кавитация, о чем свидетельствуют кавитационные воронки на поверхности лопастей рабочего колеса.

Засоренность водозабора до первого насоса. При данной ситуации происходит понижение давления до первого насоса, увеличение температуры первого насоса (снижается скорость потока, так же увеличивается эл. нагруженность двигателя). Уменьшается подающее давление второго насоса, увеличивается нагруженность второго насоса, что приводит к поломке первого насоса и перегруженность общей эл. сети.

При засоренность напорного трубопровода между насосами происходит повышение давления после первого насоса, параллельно происходит

понижение подающего давления второго насоса, перегрев второго насоса (отсутствие требуемого отвода тепла), и общее перенапряжение системы.

Необходимо исключить дополнительную «рубашку охлаждения» т.к. она способствует вовлечению гидробионтов во внутренний кожух насоса, на данном объекте она является гидравлическим сопротивлением - забивается моллюсками дрейссены, уменьшается пропускная способность и расход воды необходимый для охлаждения двигателя, что ведет к перегреву.

Создать равномерный режим работы – без периодического переключения насосов. Для обеспечения оптимальной совместной работы группы насосов и равномерной подачи требуемого расхода воды на НФС.

Для работы системы достаточно двух рабочих секций, что позволит увеличить КПД насосов, уменьшить затраты на электроэнергию и эксплуатацию. При этом 2 других глубинных насоса должны храниться на складе.

В случае аварии 1 секция водоприемника сможет обеспечить 24000м<sup>3</sup>/ч, что является ниже требуемого расхода на 20%. Недостающий расход можно будет обеспечить за регулирующей емкостью РЧВ. Согласно СНиП 2.04.02-84\* для водопровода I категории- допускается снижение подачи воды на хозяйственно-питьевые нужды не более 30% расчетного расхода и на производственные нужды до предела, устанавливаемого аварийным графиком работы предприятий; длительность снижения подачи не должна превышать 3 суток. Трех суток будет более чем достаточно, чтобы произвести замену глубинного насоса [39].

Таблица 3.1 – Рабочие точки насосов при различном водопотреблении и количестве работающих водоприемных ОГОЛОВКОВ.

Наименование	ПРОЕКТ		Фактическое потребление		ПРОЕКТ		Фактическое потребление		ПРОЕКТ		Фактическое потребление	
	Q, м3/ч	H, м	Q, м3/ч	H, м	Q, м3/ч	H, м	Q, м3/ч	H, м	Q, м3/ч	H, м	Q, м3/ч	H, м
Кол-во работающих секций водоприемника, шт	4				3				2			
Потребление, м3/сут	50000		30000		50000		30000		50000		30000	
Показатель из расчета на 1 насос	Q, м3/ч	H, м	Q, м3/ч	H, м	Q, м3/ч	H, м	Q, м3/ч	H, м	Q, м3/ч	H, м	Q, м3/ч	H, м
глубинный насос	520,83	13	312,5	13	694,44	13	416,67	13	1041,67	13	625,00	13
насос второго подъема	520,83	40,2	312,5	40,2	694,44	40,2	416,67	40,2	1041,67	40,2	625,00	40,2

### Создать согласованный режим работы

Для исключения проблем в будущем необходимо производить контроль насосов и степени зарастания и загрязнения трубопроводов и оголовков. Контроль системы работы насосов заключается в контроле температуры и мощности (произведение вольт амперных характеристик) каждого насоса, это позволит точно определять состояние нагруженности работы насоса и состояние теплоотводов эл. двигателя.

Для контроля необходимо предусмотреть более полный пакет автоматики (рис. 3.8):

- установка несколько датчиков температуры, в обмотку двигателя, соединенных между собой, для наиболее эффективной защиты.
- датчик с выводом на приборную панель силы тока. Сила тока пропорциональна температуре в обмотке электродвигателя, оператор сможет принять меры до срабатывания автоматики по полному отключению насоса.
- установка датчиков давления после глубинного и до повысительного насоса.
- установка датчика уровня до глубинного насоса.

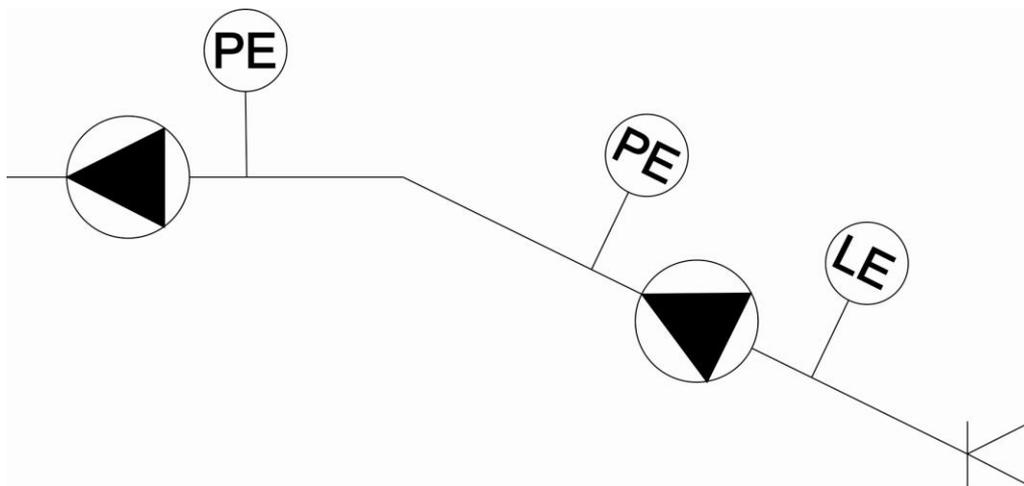


Рисунок 3.8– схема установки датчиков НС

Установка датчиков после глубинного и до повысительного насоса, позволит избежать создания кавитационного режима. Сигнал для включения электромагнитного прибора очистки трубопроводов от дрейссены.

При установке датчика уровня до глубинного насоса, понижение уровня воды будет свидетельствовать о засоренности фильтрующего материала и самотечного трубопровода. Это должно стать сигналом для импульсной промывки вакуум насосом.

### **Выводы по 3 главе**

1. Произведен выбор оборудования для предотвращения обрастания дрейссеной. Выбран электромагнитный метод очистки от биообросаний.

2. Разработана конструкция по снижению накоплению наносов перед водоприемными оголовками. Увеличения скорости потока возле водоприемных оголовков способствует предотвращению отложений наносов.

3. Разработаны рекомендации по предотвращению дальнейшего выхода из строя оборудования.

4. Необходима установка дополнительных датчиков на глубинные насосы, и корректировка режима работы частотного преобразователя.

5. По результатам анализа работы насосов на насосной станции разработаны рекомендации по изменению режима их работы.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе были проанализированы факторы, влияющие на работу водозаборных сооружений г. Жигулевска. Рассмотрена проектная документация, произведен анализ водолазного обследования. С момента проектирования водозаборного сооружения характеристика источника значительно изменилась, поэтому были пересмотрены проектные решения.

В проектной документации не было предусмотрено мероприятий по защите от наносов и биообрастаний, что привело к поломке глубинного насоса.

Разработаны методы снижения влияния негативных факторов на работу водозаборных сооружений.

Подобрано оборудование для предотвращения обрастания дрейссеной. Выбран электромагнитный метод очистки от биообрастаний.

Разработана конструкция по снижению накоплению наносов перед водоприемными оголовками. Увеличение скорости потока возле водоприемных оголовков способствует предотвращению отложений наносов.

Разработаны рекомендации по установке дополнительных датчиков:

– датчик с выводом на приборную панель силы тока и температуру в обмотке двигателя.

– установка датчиков давления после глубинного и до повысительного насоса.

– установка датчика уровня до глубинного насоса.

Подобранный комплекс мероприятий позволит снизить негативные факторы на работу водозаборных сооружений, повысить надежность объекта и бесперебойной подачи воды.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Болеев А.А. Предотвращение биологического обрастания металлических конструкций оголовка водозаборных сооружений [Текст]: Автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.23.04. – Волгоград, 2013. – 19 с. URL: <http://www.rgsu.ru/upload/medialibrary/65d/boleev.pdf>.
2. Экологический центр «Экосистема», автор сайта Боголюбов А.С., канд.биолог. наук [Электронный ресурс]. Семейство дрейссениды – dreissenidae. Режим доступа: <http://www.ecosystema.ru/08nature/w-invert/079s.htm>
3. Википедия – свободная энциклопедия [Электронный ресурс]. - <https://ru.wikipedia.org>
4. Дрейссены в верховолжских водохранилищах: многолетняя и сезонная динамика численности, распределение [Электронный ресурс]: Поволжский эколог. журн. / Институт биологии внутренних вод им. И. Д. Папанина РАН Электрон. журн. –2013. – Режим доступа: [http://www.sevin.ru/volecomag/issues/2013\\_1/PEJ\\_2013\\_1\\_71-80.pdf](http://www.sevin.ru/volecomag/issues/2013_1/PEJ_2013_1_71-80.pdf).
5. Львова А.А. о проникновении dreissenabugensis (bivalvia, dreissenidae) в учинское водохранилище (Московская обл.) и реку Москву [Электронный ресурс]: зоологический журнал, том 83, № 6, с. 766-768, Электрон. журн. –2004 Режим доступа: [http://www.reabic.net/publ/Lvova\\_2004.pdf](http://www.reabic.net/publ/Lvova_2004.pdf)
6. Михайлов Р.А.. Эколого-фаунистический анализ пресноводных малюсков средней и нижней Волги: диссертация ... кандидата технических наук : 03.02.08 тольятти 2015. URL: <http://ievbras.ru/download/diss/DissertationMihailovRA.pdf>
7. Ибад-заде Ю.А. Наносный режим рек. – М.:Стройиздат, 1989. – с. 328 ил. – ISBN 5-274-00166-1
8. Интернет журнал «ЭнималРидер» [Электронный ресурс] Речная дрейссена Режим доступа: <https://animalreader.ru/rechnaya-dreysena.html#i-4>

9. Матюх В.А., Лушкин И.А. о влиянии увеличения биогенной нагрузки на эвтрофикацию водоемов. – В сборнике: Природно-ресурсный потенциал, экология и устойчивое развитие регионов России. – Сборник статей XV Международной научно-практической конференции. 2017. С. 50-55.

10. Копша А.В., Лушкин И.А. Влияние биообрастания дрейссеной на работу водозаборных сооружений/ А.В. Копша, И.А. Лушкин // Сборник статей II Всероссийская научно-практическая конференция «Экологические проблемы и здоровье населения»: /МНИЦ ПГСХА. – Пенза: РИО ПГСХА, 2017 г. – С. 18-23.

11. Электронный ресурс, режим доступа: <http://hydrotechnics.ru/Gidrotekhnicheskie-sooruzheniia-Chast-2/Metody-borby-s-otlozheniiami-nanosov-i-povysheniem-dna-rusla-na-otdelnykh-uchastkakh>

12. Электронный ресурс, режим доступа <https://studfiles.net/preview/3895495/>

13. Порядин А. Ф. П 60 Устройство и эксплуатация водозаборов. — М.: Стройиздат, 1984. — 183с., ил. — (Б-ка работника жил.-коммун, хоз-ва) URL: <https://www.booksite.ru/lokaltxt/por/yad/in/>

14. Багоцкий Ю. Б., Вельмина Е. С. Борьба с биообрастаниями на водопроводных станциях. — В кн.: Повышение качества питьевой воды (Материалы семинара в Московском Доме научно-технической пропаганды им. Ф. Э. Дзержинского). М., 1977, 160 с.

15. Рябченко В. А., Русанова Н. А., Коробейникова Л. И. Современные методы борьбы с биологическими обрастаниями и отложениями в системах хозяйственно-питьевого водоснабжения. Обзорная информация ЦБНТИ МЖКХ РСФСР, серия «Водоснабжение и канализация», вып. 1 (32). — М. 1976, 64 с.

16. Электронный ресурс, режим доступа: <http://ovode.net/hw67.php>

17. Электронный ресурс, режим доступа: <https://studfiles.net/preview/5865383/page:29/>

18. 6.Электронный ресурс, режим доступа: <http://www.findpatent.ru/patent/247/2478114.html>
19. Электронный ресурс, режим доступа: <http://www.h-flow.ru>
20. Гуревич Е.С., Рухадзе Е.Г., Фрост А.Е. и др. Защита от обрастания. - М.: Наука, 1989, с.271
21. Капалкина Е.А. Разработка мероприятий повышения эффективности работы водозабора г. Жигулевск: Магистерская диссертация. ТГУ, Тольятти, 2017.
22. Гусева А.А. Оптимизация работы системы оборотного водоснабжения на предприятиях энергетического комплекса (на примере Сызранской ТЭЦ): Магистерская диссертация. ТГУ, Тольятти, 2017.
23. Электронный аналог печатного издания: Прикладная экобиотехнология : учебное пособие : в 2 т. Т. 2 / А. Е. Кузнецов [и др.]. — 2-е изд. —М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. — 485 с. : ил., [4] с. цв. вкл. —(Учебник для высшей школы).
24. «Корректировка проектно-сметной документации на исследование, технико-экономическое обоснование, разработку проекта реконструкции существующего водозабора городского округа Жигулевск» Проект 1909/1966-ОПЗ изм.
25. Учинин С.С. Снижение влияния русловых и береговых изменений в местах расположения водозаборов: Магистерская диссертация. ТГУ, Тольятти, 2017.
26. Электронный аналог печатного издания: Прикладная экобиотехнология : учебное пособие : в 2 т. Т. 2 / А. Е. Кузнецов [и др.]. — 2-е изд. —М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. — 485 с. : ил., [4] с. цв. вкл. —(Учебник для высшей школы).
27. Гидротехнические сооружения/Н.П. Розанов, Я.В. Бочкарев, В.С. Лапшенков и др.; Под ред. Н.П. Розанова. — М.: Агропромиздат, 1985. — 432 с.

28. Рябчиков Б. Е. Современные методы подготовки для промышленного и бытового использования – М.: Дели принт, 2004. – 328 с.
29. Журба М.Г. Водоснабжение. Проектирование систем и сооружений: издание второе, переработанное и дополненное. Учебное пособие / М.Г. Журба, Л.И. Соколов, Ж.М. Говорова. – М.: Издательство АСВ, 2003. – 288 с.
30. Копша А.В., Лушкин И.А. О возможности электрохимической защиты от биообросаний (биоокорозии) на водозаборе г. Жигулевска/ А.В. Копша, И.А. Лушкин // Сборник статей XX Международная научно-практическая конференция «Города России: проблемы строительства, инженерного обеспечения, благоустройства и экологии»: /МНИЦ ПГСХА. – Пенза: РИО ПГСХА, 2018 г. – С. 55-59.
31. Патент РФ № 2011148350/05, 29.11.2011. Многослойное комбинированное противообрастающее покрытие, обеспечивающее репеллентно-хемобиоцидную защиту// патент России № 2478114. 2013. Бюл. № 9. / Безносков В.Н., Суздальова А.Л., Минин Д.В. [и др.]. SU 1090696, 07.05.1984
32. Патент РФ № 3509493/23-05, 07.05.1984. Состав для покрытий// патент СССР № 1562362. 1990. Бюл. № 17. / Алцибаев А.И., Агрес Э.М., Виноградов П.А. [и др.].
33. Попов И.В. Деформации речных русел и гидротехническое строительство. – Ленинград.: Гидрометеорологическое издательство, 1969. – с.363
34. Электронный ресурс, режим доступа: <http://byrim.com/vodo/14.html>
35. Технический отчет по производству подводно-технических работ по водолазному обследованию четырех водоприемных оголовков водозаборного сооружения водоснабжения г. Жигулевск Самарской области. – Тольятти, ЗАО фирма «ДИВЕР С», 2016. – 12 с.

36. Исследование, технико-экономическое обоснование, разработка проекта реконструкции и реконструкция существующего водозабора городского округа Жигулевск. Рабочий проект – Самара, НПФ «ЭКОС», 2007.
37. Калайда, М.Л. Экологическая оценка Куйбышевского водохранилища в условиях антропогенного воздействия / М.Л. Калайда. Казань: Казан, гос. энерг. ун-т, 2003. – 135с.
38. Калайда М.Л. *Dreissena polymorpha* (Pall.) и *Dreissena bugensis* (Andr.) (Mollusca, Bivalvia) в верхней части Куйбышевского водохранилища / М.Л. Калайда // Биология внутренних вод. 2004. - №3. - С.60-67.
39. СП 31.13330.2012 «Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 2.04.02-84» [Электронный ресурс]. - Введ. 2013.-01.-01. - Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200093820>.
40. Стрелков А.К. Совершенствование водного хозяйства крупного промышленного центра с учетом экологических факторов (на примере Самарского региона): Автор. дис. д-ра техн. наук. – М., 1999. – 49 с.
41. Журба М.Г. Очистка природных вод, подвергшихся антропогенному воздействию. Рос.-Амер. симпозиум по проблемам очистки вод / М.Г. Журба. – Н. Новгород – Москва, 1991.
42. Инструкция по монтажу и эксплуатации погружных насосов серии «UPG» INDAR
43. Chen, J.-B., J. Gaillardet, J. Bouchez, P. Louvat, and Y.-N. Wang (2014), Anthropophile elements in river sediments: Overview from the Seine River, France, *Geochem. Geophys. Geosyst.*, 15, 4526–4546, doi:10.1002/2014GC005516. Available at: <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/journal/15252027/> (Accessed 25 April 2018).
44. Mari, L., E. Bertuzzo, R. Casagrandi, M. Gatto, S. A. Levin, I. Rodriguez-Iturbe, and A. Rinaldo (2011), Hydrologic controls and anthropogenic

drivers of the zebra mussel invasion of the Mississippi-Missouri river system, *Water Resour. Res.*, 47, W03523, doi:10.1029/2010WR009920.

52. Kissel, C., Z. Liu, J. Li, and C. Wandres(2016), Magnetic minerals in threeAsian rivers draining into the SouthChina Sea: Pearl, Red, and MekongRivers, *Geochem. Geophys. Geosyst.*, 17,1678–1693, doi:10.1002/2016GC006283. Available at: <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/2016GC006283/> (Accessed 7 April 2018).

53. Versteegh, E. A. A., H. B. Vonhof, S. R. Troelstra, R. J. G. Kaandorp, and D. Kroon (2010), Seasonally resolved growth offreshwater bivalves determined by oxygen and carbon isotope shell chemistry, *Geochem. Geophys. Geosyst.*, 11, Q08022,doi:10.1029/2009GC002961. Available at: <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1029/2009GC002961/> (Accessed 8 May 2018).

56. Yang, S. L., J. Zhang, J. Zhu, J. P. Smith, S. B. Dai, A. Gao, and P. Li (2005), Impact of dams on Yangtze River sedimentsupply to the sea and delta intertidal wetland response, *J. Geophys. Res.*, 110, F03006, doi:10.1029/2004JF000271. Available at: <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1029/2004JF000271/> (Accessed 10 March 2018).