

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

АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ
(институт)

кафедра «Теплогасоснабжение, вентиляция, водоснабжение и водоотведение»

08.04.01 «Строительство»

(код и наименование направления подготовки)

«Водоснабжение городов и промышленных предприятий»

(наименование профиля магистерской программы)

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

на тему: **«Оптимизация работы системы оборотного водоснабжения на предприятиях энергетического комплекса (на примере Сызранской ТЭЦ)»**

Студент	<u>А.А. Гусева</u> (И.О. Фамилия)	_____ (личная подпись)
Научный руководитель	<u>В.А. Селезнев</u> (И.О. Фамилия)	_____ (личная подпись)
Консультант	<u>В.М. Филенков</u> (И.О. Фамилия)	_____ (личная подпись)
Руководитель программы	<u>к.т.н., доцент В.М. Филенков</u> (ученая степень, звание, И.О. Фамилия)	_____ (личная подпись)
	« _____ » _____ 20 _____ г.	
Допустить к защите		
Заведующий кафедрой	<u>к.т.н., доцент М.Н. Кучеренко</u> (ученая степень, звание, И.О. Фамилия)	_____ (личная подпись)
	« _____ » _____ 20 _____ г.	

Тольятти 2016 г.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
ГЛАВА 1 БИООБРАСТАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ И МЕТОДЫ БОРЬБЫ С НИМИ.....	7
1.1 Условия в источниках водоснабжения, способствующие развитию биообрастаний	7
1.2 Биообрастания в системе оборотного водоснабжения	12
1.3 Анализ существующих методов борьбы с биологическими обрастаниями..	22
1.4 Существующий опыт борьбы с биологическими обрастаниями на энергетических и промышленных предприятиях	32
ГЛАВА 2 АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ОБОРОТНОГО ЦИКЛА НА СЫЗРАНСКОЙ ТЭЦ.....	39
2.1 Общая характеристика предприятия.....	39
2.2 Функционирование оборотного цикла и его проблемы.....	51
2.2.1 Общая характеристика системы оборотного охлаждения	51
2.2.2 Проблемные места оборотной системы Сызранской ТЭЦ с точки зрения биологических обрастаний	55
2.3 Опыт борьбы с биологическим обрастанием на предприятии.....	56
2.4 Разработка рекомендаций по повышению эффективности борьбы с биообрастанием	65
2.4.1 Рекомендации по предотвращению развития биологической массы в Саратовском водохранилище	65
2.4.2 Рекомендации по борьбе с биологическими обрастаниями в системе оборотного водоснабжения Сызранской ТЭЦ.....	70
ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ.....	73
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	74
Приложение 1	79
Приложение 2	80
Приложение 3	83

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы: Проблема промышленного водоснабжения в условиях повышенной биогенной нагрузки водных объектов является весьма актуальной. Ухудшение качества воды водных объектов по органическим показателям связано с чрезмерным поступлением биогенных веществ (азота, фосфора и др.) в составе сточных вод, уменьшением водного стока рек и неудовлетворительным состоянием зон санитарной охраны. Загрязненная вода источников водоснабжения приводит к биообрастанию в системах оборотного водоснабжения предприятий энергетического комплекса, поэтому обеззараживание воды является необходимым элементом технологического водоснабжения. По экспертным оценкам для воды оборотного цикла ТЭЦ характерно высокое содержание загрязнений биологического характера, которое способствует интенсивному росту скорости коррозии, ухудшению теплоотдачи теплообменного оборудования, а, следовательно, приводит к снижению производительности и эффективности работы станции в целом.

Цель работы: повышение эффективности работы системы оборотного водоснабжения посредством борьбы с биообрастанием оборудования оборотной системы, выявление наиболее действенного метода предотвращения биологических обрастаний.

Объект исследования: Система оборотного водоснабжения.

Предмет исследования: Биообрастание оборудования оборотной системы водоснабжения.

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

1. Анализ причин биообрастания, исследование известных методов предотвращения биообрастания;
2. Проведение натурного эксперимента с целью подбора биоцида и его дозировки.
3. Апробация метода(-ов) предотвращения биообрастания.

4. Выдача рекомендаций по повышению эффективности борьбы с обрастанием оборотного цикла.

Научная новизна заключается в разработке технологии подбора биоцидных препаратов и их дозировок исходя из экологических условий в источнике водоснабжения и воднохимического режима оборотной системы.

Методы исследований. Для решения поставленных задач использовались теоретические и экспериментальные методы.

Практическая значимость работы. Важно понимать, что применение биоцидных препаратов должно быть обдуманным, т.е. вид препарата и его доза должны быть подобраны исходя из условий оборотной системы, в зависимости от качества исходной (забираемой из водоисточника) и оборотной воды.

Достоверность научных положений и основных выводов заключается в проведении серии экспериментов по определению общего микробного числа при помощи биотестов двух различных производителей в исходной (речной воде), в холостой пробе (оборотной воде без биоцидов) и в воде с биоцидами в различных дозировках. В ходе проведения описанных экспериментов была обнаружена достаточная сходимость результатов.

На защиту выносятся:

- взаимосвязь воднохимического режима оборотной системы охлаждения и интенсивности биологического обрастания;
- учет качества воды в источнике водоснабжения при выборе биоцидной программы обработки;
- влияние специфики предприятия на выбор биоцидов.

Апробация работы. Основные положения опубликованы в трех работах автора:

1. Селезнев В.А., Гусева А.А. Методы борьбы с биологическими обрастаниями технологического оборудования систем оборотного водоснабжения / В.А. Селезнев, А.А. Гусева // Вестник НГИЭИ. – 2015. - № 6 (49). – С. 73-76.

2. Гусева А.А., Селезнев В.А. Химические методы борьбы с биологическими обрастаниями технологического оборудования систем оборотного водоснабжения / А.А. Гусева, В.А. Селезнев // Сборник статей XVIII Международной научно-практической конференции «Города России: проблемы строительства, инженерного обеспечения, благоустройства и экологии»: /МНИЦ ПГСХА. – Пенза: РИО ПГСХА, 2016 г. – С. 20-26.

3. Гусева А.А., Селезнев В.А. Химические методы борьбы с биологическими обрастаниями технологического оборудования систем оборотного водоснабжения / А.А. Гусева, В.А. Селезнев // Вестник ТГУ. – 2016.

Автор доложил результаты своей работы на:

1. Семинар «Современные технологии промышленной водоподготовки и очистки сточных вод», г. Казань, 23.03.16. Современные программы реагентной обработки водооборотных циклов и установок мембранного разделения. Гусева А.А. (Приложение 1).

2. Конференция «Дни науки ТГУ», Тольятти, 07.04.16. Химические методы борьбы с биологическими обрастаниями технологического оборудования систем оборотного водоснабжения. Тольятти, Гусева А.А.

Личный вклад автора состоит в обобщении исходных данных, обосновании темы, цели, задач и методики исследований, разработке рекомендаций по предотвращению биологических обрастаний оборотной системы.

Структура и объем диссертации.

Диссертация состоит из введения, 2 глав, общих выводов и рекомендаций, библиографии из 46 наименований. Общий объем работы 84 стр., включая 22 иллюстрации и 7 таблиц и 3 приложения.

ГЛАВА 1 БИООБРАСТАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ И МЕТОДЫ БОРЬБЫ С НИМИ

1.1 Условия в источниках водоснабжения, способствующие развитию биообрастаний

В качестве источника подпиточной воды для оборотных систем водоснабжения предприятий, как правило, используются пресные поверхностные источники (а именно реки, озера и водохранилища). В связи с этим необходимо указать проблемы этих источников водоснабжения. Одной из их главных проблем является эвтрофикация водоемов. Ранее этот термин был более применим к естественному явлению эволюции озер. Озера с бурным развитием фототрофов (организмы, которые используют свет для получения энергии) обозначают как эвтрофные (греч. eu – хорошо, trophē – питание). Озера, небогатые питательными элементами и соответственно организмами, обозначают как олиготрофные (греч. oligos – немногий) [1]. Эвтрофикация водоемов характеризуется уменьшением их глубины в результате заиливания, изменением цветности воды (от зеленого до коричневого), уменьшением прозрачности, увеличением количества водорослей и пр. Так называемое «старение» водоема – процесс длительный, исчисляемый тысячелетиями, но в связи с возросшей нагрузкой на водоемы в результате деятельности человека этот процесс явно ускорился [2]. Теперь явление эвтрофикации носит антропогенный характер и имеет отношение не только к озерам, но и к зарегулированным рекам, таким как Волга, Кама и другие зарегулированные гидротехническими сооружениями реки. В большей степени это связано с заселением прибрежных районов и активной деятельностью человека (сброс городских, промышленных и сельскохозяйственных сточных вод в водоемы). В результате деятельности человека в водоем в больших количествах попадают такие биогенные элементы, как азот и фосфор, углерод, водород и сера (наиболее важные элементы для развития бактерий и водорослей). По данным

лаборатории мониторинга водных объектов ИЭВБ РАН, количество нитратов и фосфатов в воде напрямую зависит от численности водорослей [3]. Эвтрофикация волжских водохранилищ также связана и с условиями их создания (заполнение водохранилищ производилось без предварительного удаления уже имевшейся растительности). Создание водохранилищ стало причиной повышения температуры воды в реках (в среднем за год). Особенно процесс эвтрофикации усиливается в теплое время года, когда условия для развития водорослей и бактерий наиболее благоприятны. Установлено, что при нагревании на 10 °С скорость биологического процесса увеличивается в 2–3 раза [1]. Снижение температуры вызывает обратный процесс. В зимний период численность гидробионтов резко уменьшается.

Помимо повышенной температуры воды, нехарактерной для рек даже в теплое время года, большое значение играет искусственное регулирование стока рек, за счет чего происходит снижение скорости движения водных масс.

Микроорганизмы водных объектов, их численность и видовое разнообразие определяются, прежде всего, степенью загрязненности воды, т.е. присутствием в ней органических веществ. В природных водоемах могут развиваться следующие гидробионты: бактерии, водоросли, простейшие и грибы. Артезианские воды (ввиду их глубокого залегания), как правило, практически полностью защищены от микроорганизмов [4].

В отличие от подземных вод воды открытых водоемов отличаются разнообразием и непостоянством химического и микробного состава. Существование микроорганизмов определяется экологическими факторами. Основными экологическими факторами являются: температура, свет, солевой состав среды, осмотическое давление, поверхностное натяжение и активная реакция среды, факторы роста питательные вещества (органогенные элементы – С, N, P, S, H, O). Чем богаче вода органическими веществами, тем большее количество микробов содержится в ней. Несмотря на это, наибольшее количество бактерий насчитывается в период с мая по июль, хотя содержание биогенных элементов в этот период не является максимальным. Очевидно, это связано с

температурными изменениями воды. Замечено повышение количества микроорганизмов в водных источниках вблизи крупных городов. Воды рек по течению выше городов всегда беднее бактериями, чем в самом городе и ниже его. Помимо этого количество бактерий в водоемах значительно возрастает после дождя и в период весеннего половодья и при этом уменьшается в солнечную погоду [1,4].

Микробы приспосабливаются к окружающей среде, но всякое нарушение оптимальных условий приводит к подавлению их развития и даже отмиранию. Губительно действует на микробную клетку изменение рН среды, нарушение кислородного режима, резкое изменение температуры, истощение питательных веществ, действие прямых солнечных лучей, а также биологических факторов [1]

Процесс эвтрофикации приводит к катастрофическим последствиям на самом водоеме и к проблемам использования воды для питьевого и технического водоснабжения, для рыболовства и рекреационного водопользования: приводит к снижению уровня насыщения воды кислородом, что в свою очередь ведет к гибели рыб, снижает органолептические свойства воды (вкус, цвет и запах), осложняет работу водозаборных сооружений, ведет к биологическим обрастаниям трубопроводов и оборудования и пр. [5].

Для решения проблем биологического обрастания оборудования важно понимать, с какими представителями флоры и фауны, поступающих из водоема и развивающихся в системы, мы имеем дело. Их бесчисленное множество, но, как правило, выделяют лишь несколько видов бактерий и водорослей, вызывающих обрастание систем оборотного водоснабжения. Считается, если перманганатная окисляемость воды выше $4-6 \text{ мгО}_2/\text{дм}^3$, то это неизбежно приведет к обрастаниям оборудования [1]. Журба также рекомендует использовать в качестве добавочной воды, воду с перманганатной окисляемостью не более $1-5 \text{ мгО}_2/\text{дм}^3$ [6].

Среди множества видов бактерий в водохранилищах в большем количестве представлены сапрофиты и хемоавтотрофы.

Хемоавтотрофы – получают энергию в процессе окисления неорганических веществ в результате хемосинтеза. К примеру, серобактерии окисляют

сероводород до серы, железобактерии окисляют двухвалентное железо до трехвалентного, нитрифицирующие бактерии окисляют аммиак до азотной кислоты.

Сапрофиты отличаются по способу питания. Для них характерно питание мертвыми организмами. К ним относятся гнилостные бактерии, микробы брожения, плесневые грибки, дрожжи и актиномицеты [1, 7].

Фитопланктон в летнее время в водохранилищах представлен следующими видами водорослей: диатомовые, сине-зеленые, зеленые, пировитовые, эвгленовые, желто-зеленые [8]. Водоросли для получения энергии используют солнечный свет. По способу питания их относят к фототрофам.

По количеству клеток, приходящихся на 1 литр воды водохранилищ преобладают сине-зеленые и диатомовые водоросли, по общей биомассе (г/м^3) – диатомовые и пировитовые, сине-зеленые - в меньшей степени.

Сине-зеленые водоросли – самый древнейший и наиболее распространенный вид водорослей на нашей планете. В водохранилищах сине-зеленых водоросли представлены следующими основными видами: микроцистис, афанизоменон, анабена и др. Пик наибольшего развития поздняя весна – ранняя осень. Жителям городов, расположенных на водохранилищах нередко приходится наблюдать результаты деятельности этих водорослей. Развиваясь в огромном количестве, они окрашивают воду в сине-зеленый цвет, на откосах каналов, на городских пляжах они образуют характерный зеленый налет.

Диатомовые водоросли по строению тела бывают одноклеточными (циклотелла и др.) и колониальными (мелозира, табеллярия и др.); отличаются от других водорослей своеобразными оболочками, пропитанными кремнеземом и представляющими как бы стеклянные "домики" сложного строения, окрашены в желто-бурый цвет. Такие виды, как мелозира, астерионелла и др. могут развиваться в огромных количествах (особенно осенью).

Зеленые водоросли характеризуются зеленым цветом благодаря хлорофиллу. Строение зеленых водорослей разнообразно: они могут быть одноклеточными (хламидомонада и др.), многоклеточными (кадофора,

спирогира и др.), а могут представлять колониальные формы (эвдорина, вольвокс и др.).

В теплое время года и при наличии питательных веществ водоросли интенсивно развиваются. Так, отдельные особи (хламидомонада, эвглена) могут вызывать "цветение" воды, а нитчатые формы, такие как кладофора, спирогира, стигеоклониум, обуславливают сильное обрастание литоральных районов водохранилищ. Они развиваются также в зарослях высшей водной растительности, на пнях, корягах, и других предметах, погруженных в воду. В ветреную погоду, при волнении воды, эти водоросли отрываются и потоком воды переносятся к водозаборным сооружениям, забивая решетки и сетки водозаборов, что иногда приводит к авариям на электростанциях.

Помимо бактерий и водорослей в воде присутствуют и другие микроорганизмы, например, грибы. Грибам для своей жизнедеятельности не нуждаются в солнечной энергии. Преимущественно они образуют нитевидные формы (мицелий), называются плесенями. Плесень – это очень длинные разветвленные, напоминающие волосы нити или гифы, которые при росте образуют видимые невооруженным глазом массы, так называемый мицелий. Грибы, развивающиеся преимущественно в виде одноклеточных элементов, называются дрожжами.

Водные грибы – это обширная группа грибов, в которую входят представители всех классов грибов. Они обитают во всевозможных водоемах и играют в них существенную роль в круговороте веществ. В водоемах сохранились и процветают древнейшие группы грибов: хитридиомицеты, оомицеты и другие.

Среди водных грибов есть первично водные низшие грибы (сапролегниевые) и высшие (аскомицеты, дейтеромицеты) - вторично перешедшие в водную среду из наземной [9].

Наиболее типичными представителями водных грибов являются виды родов *Tetracladium*, *Tripospermum*, *Clavariopsis*, *Clavatospora*, *Va-ricosporium*, *Phialocephala*, *Lemonniera*, *Lunulospora*, *Olpidium*, *Chytri-dium*, *Achlya*, *Saprolegnia*, *Lulworthia*, *Halosphaeria*, *Corollospora* и др.

По мнению И. А. Дудки [10], водные грибы первыми начинают переработку гниющих в воде деревьев и листьев. Большинству организмов данный вид энергии недоступен, поскольку они являются гетеротрофами и потребляют уже готовые органические вещества. В отличие от них водные грибы сапрофиты играют большую роль в разложении органических веществ в водоемах. К ним, например, относятся грибы *Saprolegnialis*.

Видно, что водные грибы принимают активное участие во внутриводоемных процессах разложения и минерализации органических веществ различного происхождения.

Известно, что среди водных грибов имеются многие виды, паразитирующие на водорослях, представителях высшей водной растительности, вызывающие заболевания у рыб и растений, поражающие представителей фито- и зоопланктона. Например, такие виды родов как *Ectrogella*, *Pythiella*, *Thrausthyrium* паразитируют в клетках диатомовых водорослей.

Некоторые виды водных грибов нередко формируют состав биологических обрастаний в водоемах.

1.2 Биообрастания в системе оборотного водоснабжения

Обеззараживание необходимо для хозяйственно-питьевого и промышленного водоснабжения, поскольку источники водоснабжения не отвечают необходимым требованиям по данному параметру. По оценкам состояния оборудования различных предприятий и качества используемой ими природной воды, нужно отметить ухудшение качества воды поверхностных водоемов, связанное главным образом с такими причинами, как сокращение годового стока рек, неудовлетворительное состояние зон санитарной охраны и интенсивное загрязнение открытых водоемов неочищенными сточными водами. С целью уничтожения в воде вирусов и бактерий, устранения запахов и привкусов, предотвращения роста моллюсков и водорослей ее обрабатывают, используя

преимущественно химические (например, окисление) и физические (ультрафиолетовое облучение) методы или их комбинации. В некоторых случаях при индивидуальном приготовлении питьевой воды применяется олигодинамический метод (воздействие ионов благородных металлов), а для борьбы с биообрастаниями в циркуляционных системах охлаждения – биоцидные препараты, в том числе на основе полигексаметиленгуанидина или изотиазолина [2].

На рисунке 1.1 представлена принципиальная схема полукрытой системы охлаждения она характеризуется такими понятиями, как:

- объем системы включает в себя объем чаши градирни, всех трубопроводов и теплообменного оборудования, м³;

- подпитка – поступление «свежей» исходной воды в оборотную систему, м³/час;

- продувка (слив) – удаление «соленой» (концентрированной) воды из оборотной системы, м³/час;

- коэффициент упаривания (концентрирования) показывает концентрирование солей в оборотной воде по сравнению с подпиточной;

- рециркуляция характеризует работу циркуляционных насосов, м³/час;

- перепад температуры на градирне показывает разницу нагретой и охлажденной воды. °С

- испарение показывает количество испарившейся воды, м³/час;

- капельный унос – унос воды на градирне с потоком воздуха, м³/час.

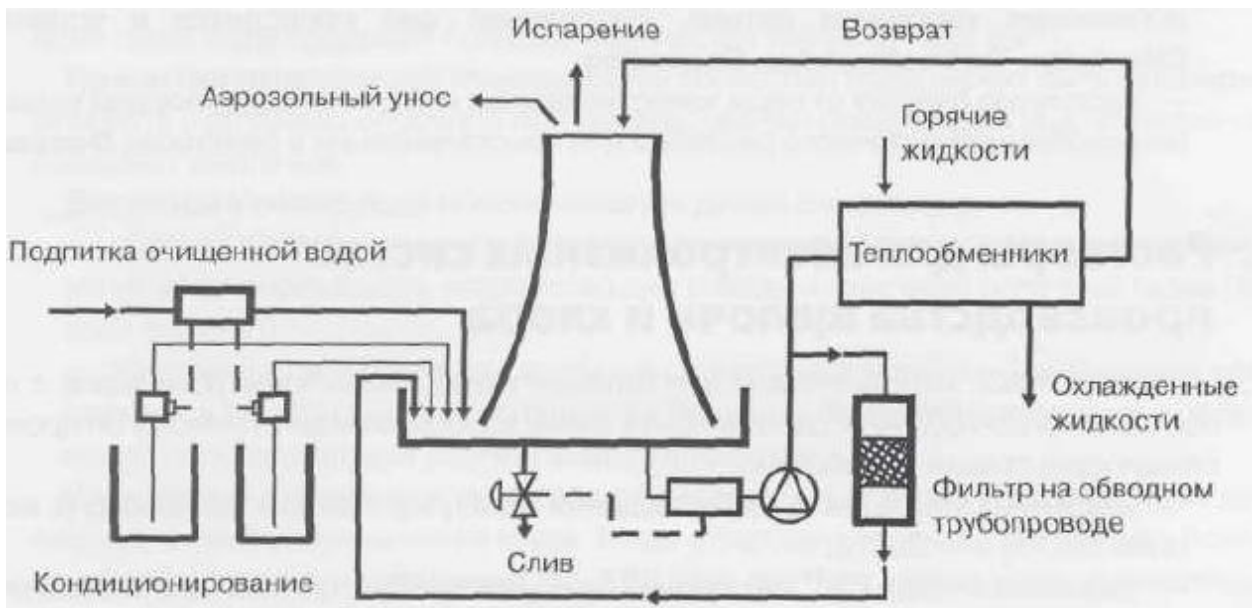


Рисунок 1.1 – Принципиальная схема полукоткрытой системы охлаждения воды

Предприятия, использующие системы охлаждения, сталкиваются с тремя основными проблемами, которые мешают работе градирен и теплообменников:

- засорение и биологическое обрастание;
- отложение накипи;
- коррозия.

Коррозия, обрастания, накипеобразование редко происходят независимо друг от друга. Как правило два или все процессы развиваются вместе, вызывая снижение теплопередающей способности поверхностей и преждевременную порчу металла.

Обрастание имеет место при выпадении в осадок взвешенных веществ, возникновении продуктов коррозии и росте микробиологической массы. Обрастание оказывает на оборотную систему не менее негативное влияние, чем процессы накипеобразования. Помимо этого обрастание также может стать причиной подшламовой коррозии [11].

В целях повышения эффективности работы систем охлаждения и снижения стоимости их эксплуатации, необходимо проводить мероприятия в том числе и по их защите от засорений и биологического обрастания [12].

Характер и скорость развития обрастаний в первую очередь зависят от температуры воды. В источниках водоснабжения биологический состав (как

количественный, так и качественный) изменяется в зависимости от времени года. Это также влияет и на режимы обеззараживания воды, и на дозы применяемых дезинфектантов. Выделяется три периода обеззараживания:

- зимнее-осенний;
- весенний (характерно появление спорных форм бактерий);
- летний период (характерна повышенная обсеменность микроорганизмами)

[6].

В прудах-охладителях, градирнях, брызгальных бассейнах интенсивность процессов биообрастания также отличается в течение года. В теплообменных аппаратах (в том числе и конденсаторах турбин) этот процесс отличается не сильно, поскольку температуры в течение года практически не меняются. В основе биообрастаний технологического оборудования (трубопроводов и теплообменных аппаратов) составляют бактерии. Процесс обрастания начинается с появления на поверхности, омываемой водой, слизистой пленки. Она хорошо заметна на ощупь, хотя может быть сразу и не заметна на глаз. В более запущенных случаях (при отсутствии мероприятий по обеззараживанию воды) она видна и невооруженным глазом, может достигать большой толщины.

По опыту могу добавить, что тонкая биологическая пленка может даже мешать работе измерительных приборов, установленных в оборотной системе (например, рН-метр, кондуктометр). Покрывая электроды, пленка снижает качество проводимых измерений.

Большая часть бактериального обрастания образована зооглейными бактериями – *Zoogloea ramigera*. Интенсивно развиваются также нитчатые, бактерии рода *Sphaerotilus*, при повышенном содержании железа в воде в составе обрастаний обнаруживаются железобактерии. Образование механических отложений, особенно органического происхождения, в трубопроводах способствует развитию бактерий и других гидробионтов [13].

Кроме бактерий в составе биообрастаний теплообменных аппаратов и трубопроводов обнаружены простейшие, грибы, черви, коловратки. Основными представителями простейших-обрастателей являются инфузории родов

Paramecium, Vorticella, Ceratium и раковинные амёбы. Среди червей встречаются нематоды и олигохеты. Иногда в составе обрастаний появляются мшанки.

Дальнейший процесс обрастания сопровождается развитием большого количества водорослей. Важным условием для их развития является освещенность и постоянное увлажнение. Весной и осенью растительные обрастания представлены в основном диатомеями, в теплый период года развиваются зеленые водоросли и цианобактерии [1].

Для развития бактерий и водорослей в воде оборотного цикла крайне важно наличие пищи. Она может поступать как из водоема (азот и фосфор), так и вносится в систему искусственно в качестве реагентов для стабилизационной обработки цикла (примером могут служить реагенты на основе ортофосфатов, которые используются для борьбы с коррозией оборудования).

Не менее острой стоит проблема биообрастаний, когда они представлены в том числе и моллюском дрейссеной. Личинки дрейссены попадают через заборные сооружения, минуя крупноячеистые сетки, предназначенные для удаления механического мусора, и попадают в систему. По наблюдениям численность моллюсков на отдельных участках тракта технического водопровода за год эксплуатации может достигать 100 тыс. экз/м² при толщине обрастания 25–40 мм. Известно, что моллюски погибают в воде с температурой выше 32°C. Данное свойство успешно применяется для борьбы с ними. Достаточно кратковременного повышения температуры воды для уменьшения биообрастаний, вызванных дрейссеной [1]. Для борьбы с дрейссеной также могут применяться и химические методы борьбы.

Биообрастания в целом снижают эффективность теплообменных аппаратов (резко ухудшая теплообмен), сокращают пропускную способность трубопроводов, ухудшают качество воды.

Коллоидные вещества оказывают очень сильное негативное воздействие на работу системы охлаждения, поскольку они коагулируются на горячих поверхностях, образуя изолирующую пленку, которая служит питательной

основой для биологических обрастаний. Биоотложения толщиной 0,5 мм на поверхности нагрева снижают коэффициент теплопередачи на 50%. Кроме того, коллоидные вещества способствуют образованию отложений на всех участках контура охлаждения, где скорость циркуляции воды невелика [12, 14]. Как показывает практика, снижение теплопередачи на конденсаторах ТЭЦ приводит к уменьшению глубины вакуума на турбоустановках станции. Следовательно, снижает производительность станции в целом.

Помимо снижения теплопередачи, биологические отложения вызывают коррозию теплообменного оборудования и трубопроводов. Биологическая коррозия бывает двух видов: активная (при прямом химическом взаимодействии микроорганизмов с материалами, в результате которого образуются новые химические вещества, вызывающие коррозию); пассивная (коррозионные разрушения являются косвенным последствием действия биологической массы или побочных продуктов биологической активности) [14].

Быстрое развитие коррозии в системах водяного охлаждения связано с присутствием бактерий четырех основных видов:

- сульфатвосстанавливающие бактерии;
- кислотообразующие бактерии;
- бактерии, вызывающие образование отложений на металлических поверхностях;
- слизиобразующие бактерии.

Сульфатвосстанавливающие бактерии. Наиболее известный вид микробиологической коррозии возникает в результате действия сульфатвосстанавливающих бактерий. Известны три вида сульфатвосстанавливающих бактерий – *Desulfovibrio*, *Desulfomonas*, *Desulfotomaculum*. Эти бактерии являются анаэробными. В аэробных условиях они способны к выживанию, но не могут активно размножаться. Бактерии этого вида встречаются во многих природных водных источниках с пресной, солоноватой и морской водой. Сульфатвосстанавливающие бактерии присутствуют во многих типах почвы и отложениях. Для их активного роста

необходимо присутствие сульфатов или сульфитов. Эти бактерии могут существовать при температуре до 80°C и значений pH ~ 5-9 [11].

Кислотообразующие бактерии. Многие бактерии образуют кислоты. Это могут быть органические или неорганические кислоты в зависимости от вида бактерий. В любом случае образуемые бактериями кислоты снижают pH, что, как правило, приводит к ускорению процесса коррозии металлов. Несмотря на то, что кислотообразующими являются бактерии многих видов, сталь в большинстве случаев быстрее всего корродирует под действием таких бактерий, как *Thiobacillus thiooxidans* и *Clostridium*.

Thiobacillus thiooxidans является аэробным организмом, окисляющим различные содержащие соединения с образованием серной кислоты. Бактерии *Thiobacillus* окисляют сульфиды до сульфатов.

Clostridia – это анаэробные бактерии, способные к образованию органических кислот. Органические кислоты с короткой цепью могут быть весьма агрессивными по отношению к стали. *Clostridia* часто обнаруживают в нижней части отложений, а скопления продуктов коррозии – вблизи корродирующих поверхностей. Повышенная кислотность усиливает коррозионное разрушение металла.

Бактерии, вызывающие образование отложений на металлических поверхностях.

Бактерии, вызывающие образование отложений на металлических поверхностях, окисляют двухвалентное железо Fe^{2+} до трехвалентного железа Fe^{3+} . Конечным продуктом является гидроксид трехвалентного железа. В частности, это результат действия бактерий под названием *Gallionella*. По внешнему виду *Gallionella* - нитчатые бактерии.

К другим бактериям, окисляющим железо, относится *Sphaerotilus*, *Crenothrix* и *Leptothrix*. Бактерии всех этих видов также относятся к нитчатым.

Слизеобразующие бактерии. Слизеобразующие бактерии, в основном, являются аэробным, хотя некоторые из них, например, *Pseudomonas*, относятся к виду бактерий, способных выживать в любых условиях, они могут развиваться в

окружающей среде с низким содержанием кислорода. В замкнутых оборотных системах водяного охлаждения с низкой концентрацией кислорода обычно не наблюдается образование бактериальной слизи в больших количествах.

Слизистые пленки представляют собой смесь бактериальных секретов, известных под названием внеклеточные полимеры, других продуктов обмена веществ, бактерий, газов, детрита и воды. Результат деятельности слизиобразующих бактерий представлен на рисунке 1.2.



Рисунок 1.2 – Результат деятельности слизиобразующих бактерий в теплообменном оборудовании ОАО «Минудобрения» г. Россошь

Другие бактерии. Нитрифицирующие бактерии (в основном, аэробные) обладают способностью окислять аммиак (NH_3) до образования нитратов (NO_3). К наиболее известным нитрифицирующим бактериям относятся *Nitrosomonas* и *Nitrobacter*. В условиях биологической активности снижается значение pH и концентрация кислорода. Снижение значения pH и концентрация кислорода.

Снижение значения рН является характерным признаком присутствия нитрификаторов.

Аэробные бактерии *Nitrobacter* способны существенно снижать рН за счет окисления нитритов (NO_2) до нитратов (NO_3), с последующим образованием азотной кислоты. Кислотность может повышаться до тех пор, пока значение рН не станет равным 3 -5. Бактерии этого вида развиваются в условиях высокой концентрацией кислорода и становятся причиной коррозии лишь в системах, насыщенных кислородом [11].

Водоросли. На солнечных участках некоторые виды водорослей образуют плотные волокнистые пленки. Под пленками из водорослей могут размножаться агрессивные анаэробы. Кроме того, в процессе бурного роста водорослей возможно значительное повышение концентрации растворенного кислорода [15].

Водоросли могут быть плавающими (фитопланктон) или прикрепленными к субстрату (перифитон).

Выделяют следующие виды водорослей:

- зеленые водоросли;
- золотистые водоросли;
- сине-зеленые водоросли;
- красные водоросли;
- бурые водоросли.

На рис. 1.3 изображена стенка градирни, покрытая водорослями.

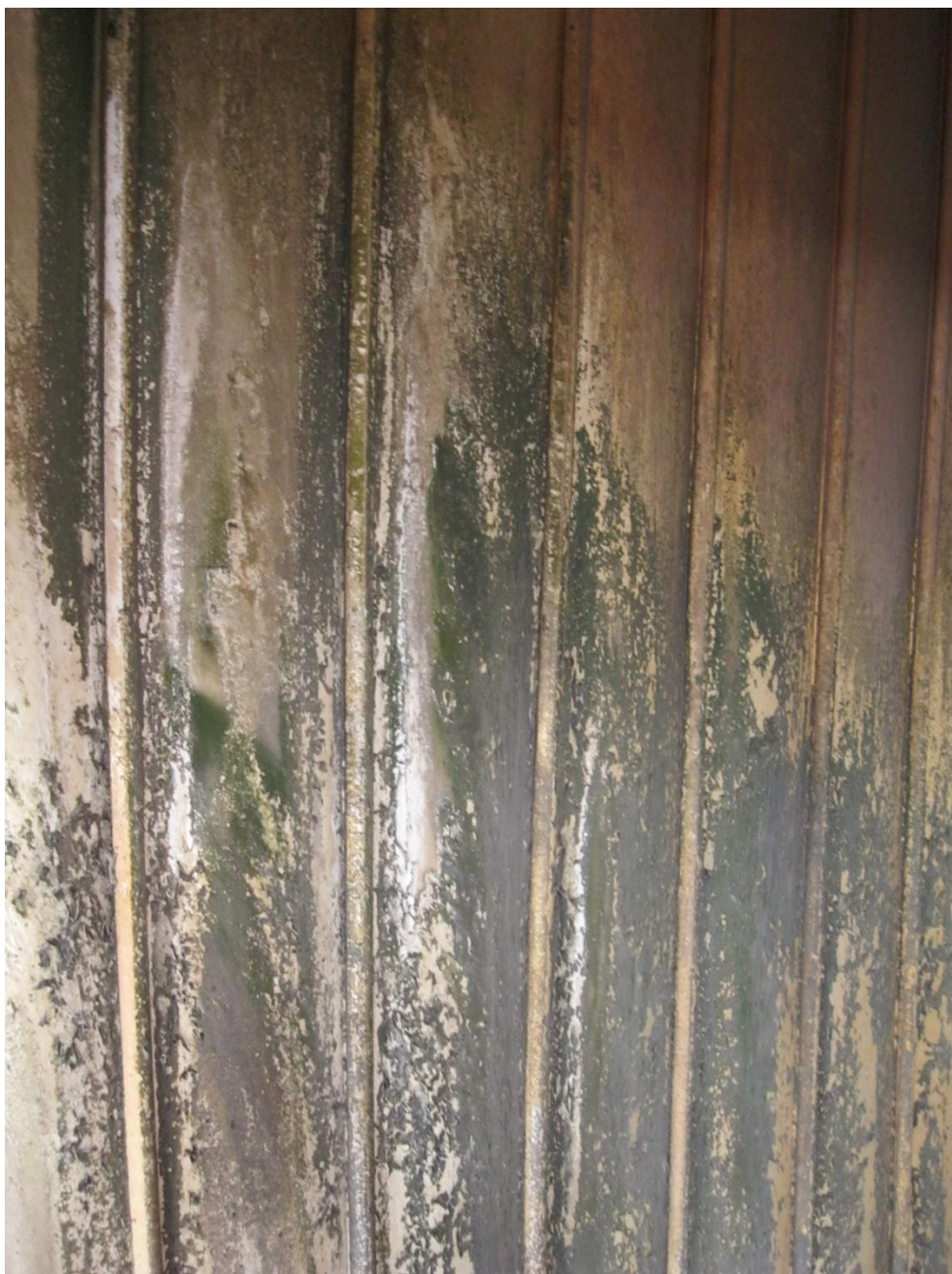


Рисунок 1.3 – Водоросли на стенке градирни ОАО «Минудобрения» г. Россошь

Усиленное размножение водорослей при загрязнении воды биогенными веществами может причинить вред системе. В частности, водоросли при сочетании благоприятных условий создают путем фотосинтеза из простых питательных веществ (С, N, Р) огромную массу органики, активизируя все пищевые цепи и оказывая влияние на качество воды.

Как правило, водоросли растут в виде плотной волокнистой массы в местах, освещенных солнечным светом. Они не только забивают распределительные

трубопроводы, но и создают благоприятные условия для развития анаэробных бактерий.

Представителями грибковых микроорганизмов являются дрожжи и плесени. Грибы часто можно встретить на деревянных конструкциях, например, несущие или ограждающие конструкции градирен. Иногда они могут развиваться под бактериальной массой и водорослями. В основном они вызывают разрушение именно деревянных конструкций [11].

1.3 Анализ существующих методов борьбы с биологическими обрастаниями

На сегодняшний день существуют следующие методы по борьбе с биологическими обрастаниями оборотных систем:

1. Физические

- Термическая обработка
- УФ облучение
- Обработка ионизирующей радиацией
- Обработка ультразвуком

2. Химические:

- с окислением (хлором, бромом, озоном, перекисью водорода и др.);
- без окисления, за счет разрушения клеточных оболочек микроорганизмов (различные неокисляющие биоцидные добавки);
- с применением благородных металлов (медь, серебро).

У каждого из этих способов есть свои преимущества и недостатки. Рассмотрим их более подробно.

Один из простых физических способов – кипячение воды. Как правило, кипячение в течение нескольких минут освобождает воду от вегетативных форм микроорганизмов, разрушает различные бактериальные эндо - и экзотоксины, инактивирует вирусы. Но данный метод не получил распространения для обеззараживания технологических вод, поскольку это энергозатратный и

дорогостоящий способ, особенно в крупных производственных масштабах. Помимо этого, после кипячения воду придется дополнительно охлаждать для использования в оборотной системе, что потребует дополнительное оборудование (баки очищенной и охлажденной воды). И не исключена вероятность, что кипяченая охлажденная вода вновь загрязнится при последующем использовании.

Еще один физический метод - облучение ультрафиолетовым светом. Очень эффективный способ, но только при условии, что обрабатываемая вода имеет высокую степень прозрачности. Наличие взвесей должно обязательно учитываться при выборе режима работы, поскольку они экранируют загрязнения и поглощают часть излучения. Наибольшую эффективность такой установки можно получить при обработке небольшой оборотной системы, поскольку очищенная вода может вновь загрязниться на последующих этапах.

Фотохимические процессы практически не зависят от pH и температуры воды, незначительно зависят от химического состава. Обеззараживающим эффектом обладает только часть спектра УФ-излучения в диапазоне 205-315 нм. Этот эффект обусловлен происходящими под его воздействием фотохимическими реакциями в структуре молекул ДНК и РНК, приводящими к их необратимым повреждениям.

Важнейшим качеством УФ-обработки является отсутствие изменения ее физических и химических характеристик даже при дозах значительно превышающих практически необходимые.

Еще одним физическим методом является дезинфекция ионизирующей радиацией. Такая обработка применяется в основном для обработки сточных вод. В качестве источника, как правило, используют Co^{60} , изготовленный в форме прута. Обрабатываемая вода протекает через футляр с источником радиации, имеющий изоляцию, препятствующую распространению радиоактивного загрязнения. Эффективность установки в среднем составляет 70-90%.

Следующий метод – обработка ультразвуком. Особенностью УЗК является большая интенсивность колебаний, что обуславливает его физико-химическое и

биологическое действие. Единой теории, объясняющей бактерицидное действие УЗК в воде, до настоящего времени не существует. Одни считают, что биологическое действие УЗК обусловлено механическими колебаниями в результате ультразвуковой кавитации, другие, наряду с механическим воздействием, подчеркивают роль химических реакций, вызванных влиянием данного физического фактора.

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

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).

Мутность до 50 мг/л и цветность воды, а также содержание в ней различных химических элементов (железо, марганец), обычно снижающих бактерицидное действие ультрафиолетовых лучей, заметного влияния на бактерицидный эффект ультразвуковых колебаний не оказывает.

Недостатком данного вида обработки является его высокая стоимость (дороже в 2-4 раза стоимости обработки УФ-излучением), сложность установки.

Как мне кажется, физические методы менее эффективны, по сравнению с химическими. Они предъявляют определенные требования к обрабатываемой воде, а некоторые просто не приемлемы в условиях оборотных систем.

Теперь более подробно рассмотрим современные химические методы обработки воды.

На этапе литературного обзора был проведен анализ существующих химических методов обработки воды для борьбы с микробиологическими обрастаниями. Данные методы рассмотрены с точки зрения возможности их применения в условиях оборотных систем.

К примеру, окисление хлором. Хлорирование воды является надежным средством, предотвращающим распространение эпидемий, различные вирусы весьма нестойки по отношению к хлору [6, 14, 16, 17]. Хлор обладает высокой дезинфицирующей способностью, относительно стоек и длительное время сохраняет активность. Он легко дозируется и контролируется. Но при реакциях с органическими веществами происходит образование тригалометанов и хлорфенолов. Кроме того, хлор не уничтожает спорообразующие бактерии, к тому же это взрывоопасный и ядовитый газ, что создает большие трудности при его производстве, транспортировке, применении и хранении. Как правило, хлор не применяется для обеззараживания вод, применяемых для систем оборотного водоснабжения.

Вместо опасного хлора на многих предприятиях применяется более безопасный гипохлорит натрия (16%). 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 [14]. Гипохлорит натрия считается более активным, чем хлор даже по отношению к вирусам [6]. При этом важно поддерживать нормируемые концентрации, поскольку при больших концентрациях гипохлорит натрия способен приводить к коррозии оборудования. По собственному опыту применения гипохлорита натрия можно отметить, что зачастую очень трудно добиться постоянства концентрации активного хлора в воде. Это связано с тем, что концентрация микроорганизмов в обрабатываемой воде постоянно меняется, изменяется рН воды. А гипохлорит натрия, как известно, требователен к рН, наиболее оптимальный рН для его эффективной работы составляет 7,0-7,4. Как с уменьшением, так и с увеличением уровня рН эффективность от обработки снижается. Также влияет и качество гипохлорита натрия, т.е. концентрация в нем активного хлора. Известно, что даже самая устойчивая форма гипохлорита натрия за 40 суток теряет около 30% активного хлора. Но неоспоримое преимущество гипохлорита в том, что он не вызывает привыкания микроорганизмов, т.е. его можно дозировать регулярно, не

беспокоясь о снижении эффективности обработки. Кроме этого, обеззараживание гипохлоритом натрия – это один из наиболее дешевых методов. Известно также, что помимо окисления микроорганизмов гипохлорит, как и хлор, вступает в реакции с органическими и некоторыми минеральными примесями. А такие реакции могут приводить к образованию токсичных соединений.

Совместно с гипохлоритом натрия может использоваться бромный усилитель на основе гипобромита. Он отличается более широким диапазоном эффективности по значению рН воды и может успешно применяться в водах с рН выше 8,5-9,0. Иногда он также успешно применяется и как самостоятельный дезинфектант. На рисунке представлено распределение гипохлорита и гипобромита в зависимости от величины рН (Рис. 1.4) [11].

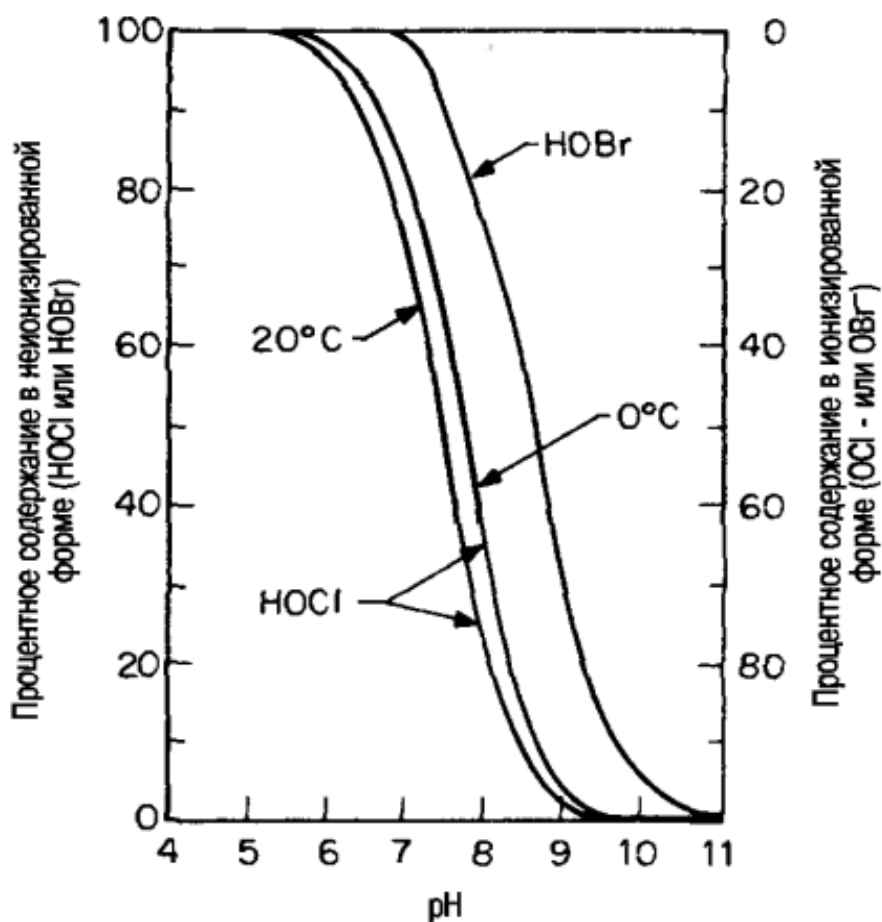


Рисунок 1.4 - распределение гипохлорита и гипобромита в зависимости от величины рН

Активное вещество в случае применения гипохлорита и гипобромита является хлорноватистая кислота (HOCl) и бромноватистая кислота (HOBr).

Помимо гипохлорита натрия также может применяться и гипохлорит кальция. Это стойкое вещество в виде порошка белого цвета. Содержание активного хлора в гипохлорите кальция может достигать 72% в зависимости от способа его получения. Этот способ несильно распространен, так как перед использованием гипохлорита кальция необходимо его приготовить (развести до 10%-го раствора) для дозирования, что усложняет процесс обработки.

Также в качестве окислителя на основе хлора используют диоксид хлора. Диоксид хлора сильнее хлора и гипохлорита натрия и как дезинфектант, и как окислитель, прекрасно уничтожает привкусы и запахи, не взаимодействует с аммиаком и эффективен в широком диапазоне pH [14]. Однако он взрывоопасен, не может сжижаться, храниться и перевозиться, поэтому производство диоксида хлора должно быть в непосредственной близости от места дозирования [6]. Установки по производству диоксида хлора достаточно дорогостоящие.

Другим способом обеззараживания воды является окисление при помощи перманганата калия. Перманганат калия (KMnO_4) более сильный окислитель, чем хлор. Он не образует веществ с неприятным запахом, не дает побочных эффектов. Его растворы допускают длительное хранение. Главным недостатком перманганата калия является его высокая стоимость, дефицитность и опасность передозировки. При применении KMnO_4 необходимо исключить опасность попадания остаточного марганца в источники водоснабжения со сточными водами, сверх предельно допустимой концентрации 0,1 мг/дм³ [14, 17].

Еще один окислитель – озон [16, 17]. Он является наиболее сильным из всех известных в настоящее время окислителей. И в отличие от хлора и гипохлорита натрия озон не образует токсичных и канцерогенных соединений. Правда стоит помнить, что озон сам по себе очень токсичный газ. Его содержание в воздухе промышленных помещений не должно превышать 0,1 г/м³ [18]. Помимо этого озонирование достаточно дорогостоящий процесс. Хотя последние 25-30 лет озон стал применяться более активно в связи с разработкой озонаторов, резко упростивших и удешевивших его производство [12, 14].

Еще один метод обеззараживания – при помощи пероксида водорода. Его применение в технологии обеззараживания воды стало возможным только после освоения удобных и дешевых методов его получения. В то же время пероксид водорода токсичен, и его содержание в воде ограничивается по санитарно-токсикологическому признаку вредности уровнем $0,1 \text{ мг/дм}^3$, в то время, как дезинфицирующее действие пероксид водорода проявляет на уровне единиц и сотен мг/дм^3 [14, 17].

Одна из компаний, выполняющих биоцидную обработку, предлагает технологию на основе перекиси водорода. Данная технология, по словам производителя, обеспечит эффективное обеззараживание водных оборотных систем и полную очистку поверхностей (градирни, теплообменники, трубы и т.д.) от существующих биопленок без применения ядовитых веществ при использовании металлического (наноструктурированный Cr-Ni-Fe сплав) нерасходуемого катализатора и одного реагента на основе раствора перекиси водорода. Помимо этого данная технология имеет еще ряд преимуществ по сравнению с другими окисляющими биоцидами [19, 20]. Но имеет и большой недостаток: несмотря на значительное снижение микробного числа в воде оборотной системы (определялось по биотестам на ОМЧ) данный биоцид не удаляет биологические обрастания в самой оборотной системе. В воде и на поверхностях активно продолжают развиваться водоросли и простейшие.

Эффективность действия любых окислителей определяется произведением их концентрации и времени действия. Существенное значение имеют рН среды, температура воды, наличие различных неорганических веществ, а также соотношение концентрации трудно- и легкоокисляемых соединений.

Всем нам также известно, что для обеззараживания воды могут применяться соли тяжелых металлов (меди и серебра) [18, 21, 22, 23]. СНиП 2.04.02-84 «Наружные сети и сооружения» для обеззараживания охлаждающих вод рекомендует применять медный купорос. Действительно очень эффективный способ обеззараживания, но данный метод может быть применим для систем, имеющих сброс продувочных вод в водоемы рыбохозяйственного назначения

лишь в случае соблюдения ПДК по меди для данных водоемов ($0,001 \text{ мг/дм}^3$), что, как правило, невозможно. Помимо этого ионы меди вместе с ионами железа (стальные трубопроводы) способны образовывать гальваническую пару. Как результат – сильнейшая гальваническая коррозия трубопроводов, которую практически невозможно остановить. Что касается применения ионов серебра, то это экономически не обоснованный, дорогостоящий вид обработки. Также необходимо отметить, что ПДК на серебро в воде также достаточно жесткие [24, 25].

Помимо вышеперечисленных химических методов борьбы с микроорганизмами, еще существует метод борьбы при помощи биоцидных препаратов. Микробиологическое действие большинства биоцидов проявляется за счет разрушения клеточных оболочек микроорганизмов и взаимодействия с анионными группами клеточных мембранных систем с нарушением их проницаемости и механизмов переноса [2].

Микробиологическое действие большинства биоцидов проявляется за счет разрушения клеточных оболочек микроорганизмов и взаимодействия с анионными группами клеточных мембранных систем с нарушением их проницаемости и механизмов переноса [12].

Химические соединения, используемые для ограничения биологической активности в воде систем охлаждения, действуют согласно двум принципам:

- воздействие на мембрану клеточной стенки, которое оказывают следующие вещества:

- Аммоний (катион NH_4^+), обладающий поверхностно-активными свойствами;
- Некоторые производные аминов;
- Некоторые альдегидные соединения;

- воздействие на метаболизм клетки (энзиматические ингибиторы), которое оказывают следующие соединения:

- Органические соединения серы;

- Некоторые производные аминов. [2]

Биоциды могут изготавливаться на основе различных действующих веществ, но одно их объединяет: они по-разному эффективны по отношению к различным микроорганизмам. Это значит, что мы не можем говорить об универсальности данного метода. По собственному опыту применения данных средств на различных предприятиях энергетического и химического комплексов, можно добавить, что они вызывают постепенное привыкание. Это означает, что обработку нужно проводить поочередно несколькими видами биоцидов с различным действующим веществом. Обработка, как правило, проводится шокowymi дозами (1 раз в какой-либо период времени).

Условия применения биоцидных препаратов зависят от нескольких факторов. Основными принято считать:

- бактериологический состав и эффективность применяемых биоцидов по отношению к ним;
- привыкание микроорганизмов к одному и тому же биоциду (по этой причине обычно чередуют несколько биоцидов);
- время пребывания воды в системе;
- рН воды, поскольку этот фактор важен для достижения максимальной эффективности обработки;
- время срабатывания биоцидов (необходимо знать для того, чтобы при продувке обратной системы, биоциды не попадали в водоемы со стоками).

Биологически активные вещества, имеющиеся в воде, образуют осадки на теплообменных поверхностях и вызывают биологическую коррозию. К этой группе загрязнений относятся аэрозольные частицы, поглощаемые из воздуха, продукты коррозии, ил, тина, загрязнения нефтепродуктами, микроорганизмы.

Для борьбы с этими загрязнениями в качестве растворителей используются синтетические полимеры. Это - полиакрилаты, полималеаты, частично гидролизованные полиакриламиды и некоторые другие вещества на основе акрилатов. Рабочая концентрация этих веществ составляет 2-3 мг/л.

Биологические примеси - водоросли, плесень, грибки проникают вместе с водой в теплообменники и трубопроводы, загрязняя их поверхность. Эти загрязнения уменьшают эффективность теплообмена, способствуют развитию биологической коррозии, что, в свою очередь, снижает срок службы водоохлаждающей системы. Для устранения этих явлений используются бактерициды направленного действия.

Наиболее перспективным является применение эффективных биоразлагаемых биоцидных препаратов, не реагирующих с конструкционным материалом систем. Применение таких биоцидов позволяет регулировать численность микробов в оборотной воде и не оказывает вреда на процессы дальнейшей переработки сбрасываемой с продувкой воды.

Как правило, на практике применяются несколько биоцидов на основе различных действующих веществ - дибромнитрилпропионамида (DBNPA), четвертичных аммониевых солей (ЧАС), полигексаметиленгуанидин (ПГМГ), а также на основе изотиазолинов и других.

Б.П. Боффарди в своей статье [26] описывает основные виды неокисляющих биоцидов, а также указывает на область их эффективного воздействия на микроорганизмы. Подробно остановимся на некоторых из них.

Дибромнитрилпропионамид (DBNPA) наилучшим образом борется с бактериями, в меньшей степени с грибами и водорослями при pH от 6 до 8,5 в дозах от 0,5 до 24 мг/л;

Метилентиоцианат (МВТ) не менее эффективен, чем DBNPA, работает при pH менее 8 при концентрациях 1,5-8 мг/л;

Изотиазолин – эффективный биоцид, борется против бактерий, в больших концентрациях – против грибов и водорослей, нечувствителен к pH воды, деактивируется в присутствии радикалов HS и NH₂, рабочая концентрация 0,9-13 мг/л;

Четвертичные аммониевые соли – часто применяемый биоцид – высокоэффективен против бактерий, менее – против грибов и водорослей,

рабочие концентрации 8-35 мг/л, относится к ПАВ, имеет тенденцию к вспениванию;

Глютаральдегид – еще один широко применяемый биоцид. Деактивируется радикалами – NH_2 ; эффективен в широком диапазоне рН. Работает при концентрациях – 10-75 мг/л.

Додецилгуанидин (DGH) – биоцид широкого спектра действия. Уровень рН от 6 до 9. Рабочая концентрация – 25-100 мг/л.

Карбамат также имеет широкий спектр действия, работает при уровне рН от 5 до 9. Используется при наличии в воде большого количества взвешенных частиц; не пригоден в сочетании с обработкой хроматами. Рабочая концентрация – 15-100 мг/л.

1.4 Существующий опыт борьбы с биологическими обрастаниями на энергетических и промышленных предприятиях

Компания, в которой я веду свою трудовую деятельность, уже довольно длительное время занимается вопросами водоподготовки и обработки воды, в том числе и биоцидной обработкой оборотных систем. Специалисты компании имеют богатый опыт успешных внедрений на реальных объектах. Мне удалось поработать на некоторых из них.

С 2014 года мы работаем на предприятии ООО «Лукойл-Нижегороднефтеоргсинтез».

Оборотная система небольшая, но достаточно сложная. На этом цикле давно существовала проблема, связанная с высокой скоростью коррозии металлов, превышающей максимально допустимую норму 0,1 мм/год. По результатам первых месяцев нам удалось достичь значительного снижения по данному показателю, ну а в 2015 году скорость коррозии по купонам, установленным в специальном змеевике, составила 25 десятитысячных мм/год.

Благодаря индивидуально разработанной программе нам удается поддерживать транспорт кальция на оптимальном уровне, более 95%, успешно

боротся с биологическими обрастаниями системы и уровнем микробного загрязнения.

Биоцидная программа включает в себя как шоковые обработки неокисляющими биоцидами и постоянное дозирование гипохлорита натрия. Неокисляющие биоциды предназначены для снижения ОМЧ и отмывки существовавших биообрастаний, а также для поддержания чистоты технологических поверхностей. Гипохлорит натрия необходим для контроля общего микробного числа и сульфатредуцирующих бактерий, с которыми давно ведется борьба в данной системе, поскольку они способствуют увеличению скорости коррозии стального оборудования. На рис. 1.5 представлены купоны, которые были сняты после первого месяца обработки, где уровень сульфатредуцирующих бактерий еще был не в норме. А на следующем рисунке (Рис. 1.6) чистые купоны, без следов СРБ. Контроль ведется по биотестам на общее микробное число и сульфатредуцирующие бактерии.



Рисунок 1.5 – Стальные купоны (Сталь 20) с явным покрытием сульфатредуцирующими бактериями (СРБ)



Рисунок 1.6 – Чистый купон, без следов СРБ

При обработке оборотных циклов важно поддерживать поверхности теплообменного оборудования чистыми (без следов накипных, коррозионных и биологических отложений), поскольку технологические процессы предприятий не допускают остановов для очистки теплообменников. При аварийной вынужденной остановке предприятие терпит огромные убытки. Биологические обрастания могут забивать теплообменники, как на рисунке 1.7. Данный оборотный цикл не был исключением, но нашей компании удалось добиться чистоты теплообменного оборудования. На рисунке представлена одна из секций восьмифазового теплообменника, забитая биологическими отложениями.

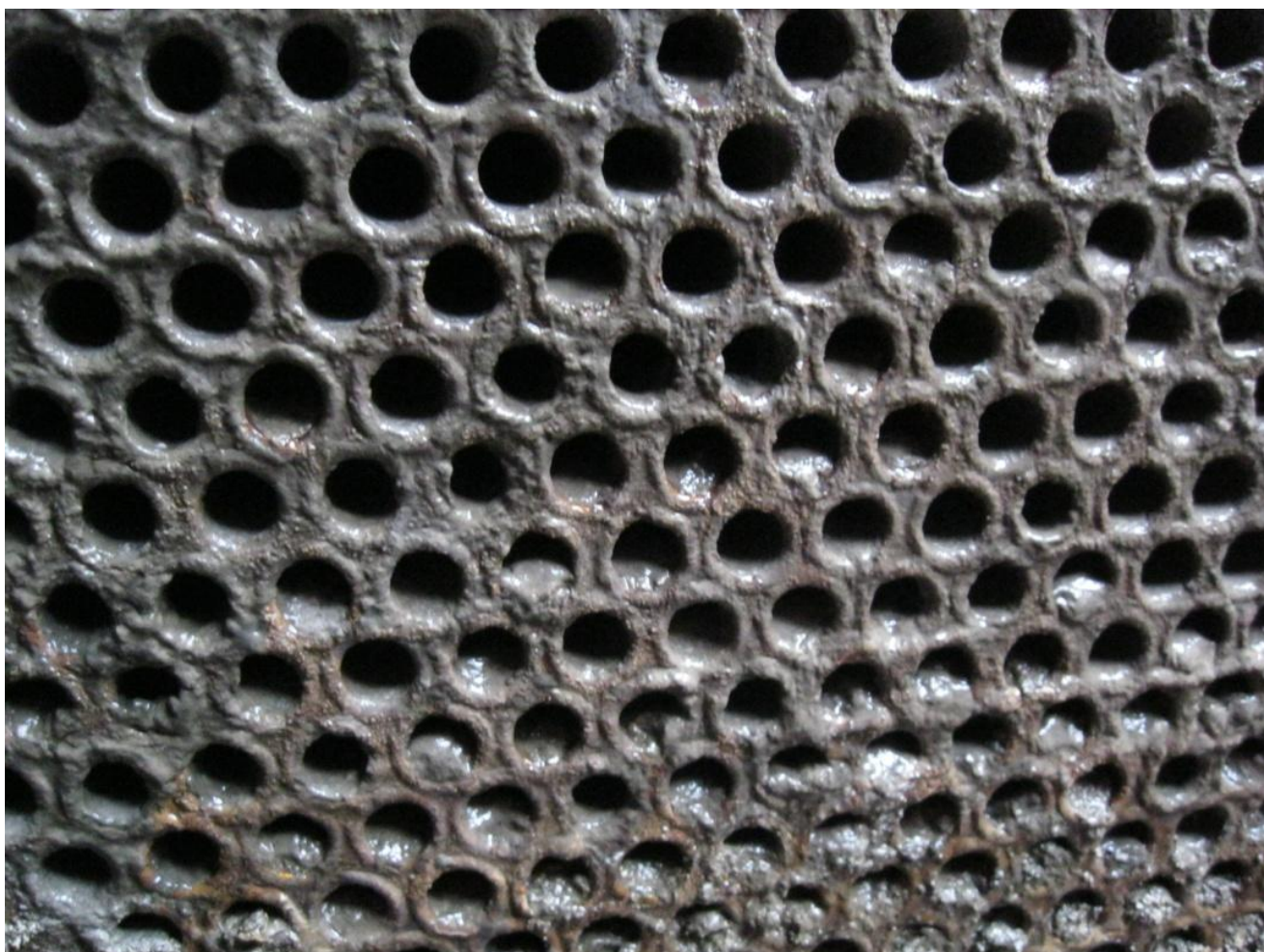


Рисунок 1.7 – Следы биологических обрастаний теплообменного оборудования на предприятии ООО «Лукойл-Нижегороднефтеоргсинтез»

На рис. 1.8 представлен теплообменник без загрязнений.

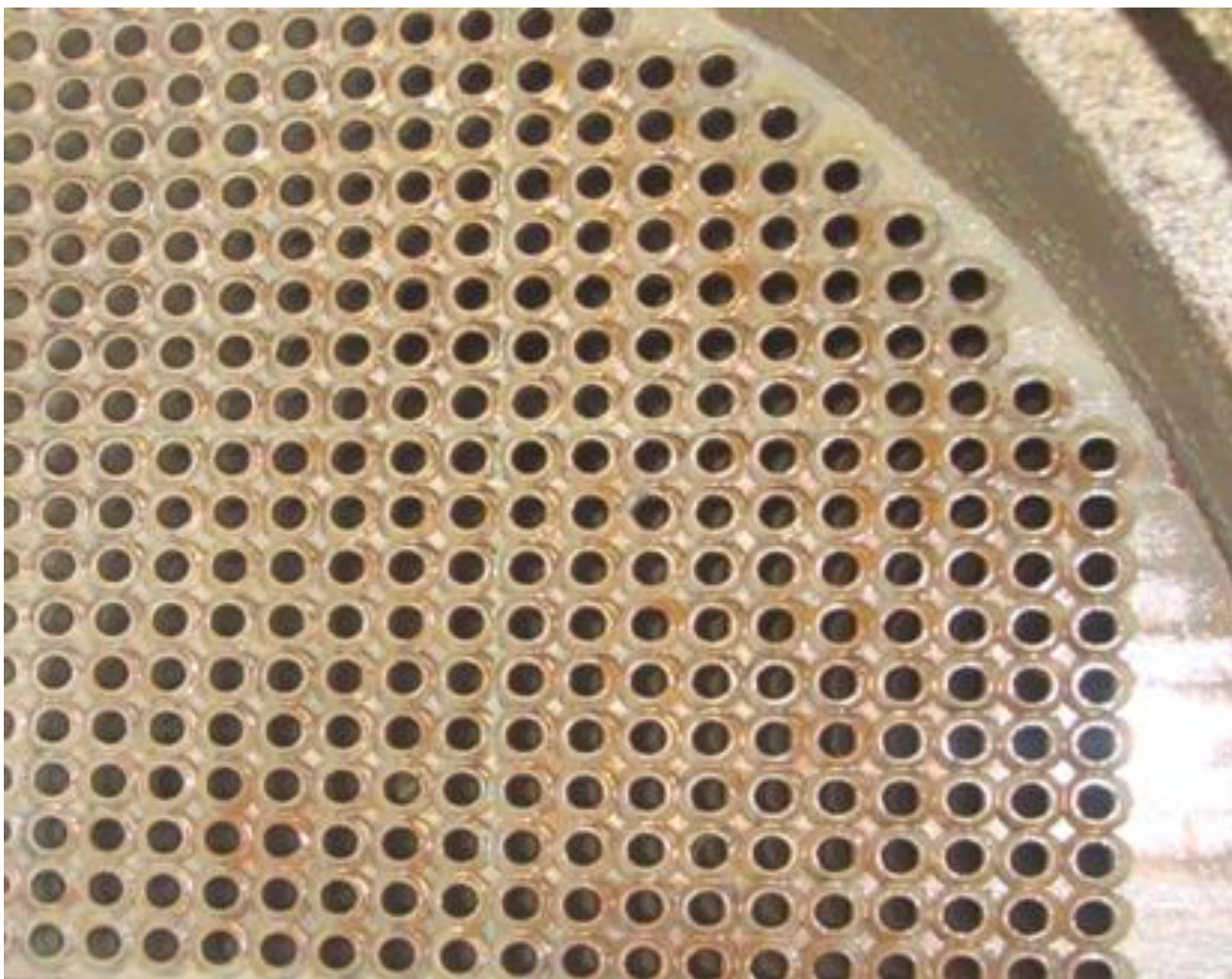


Рисунок 1.8 – «Чистый» теплообменник на предприятии ООО «Лукойл-Нижегороднефтеоргсинтез»

Еще одно предприятие, где мы успешно применили биоцидную программу на основе неокисляющих биоцидов – АО «Юго-Западная ТЭЦ» г. Санкт-Петербург. На фото градирни станции (Рис. 1.9).



Рисунок 1.9 – Градирни АО «Юго-Западная ТЭЦ»

На данном предприятии мы занимаемся только биоцидной обработкой оборотной системы, но, несмотря на это, нам удалось добиться значительного снижения скорости коррозии с 24 сотых мм/год до 15 сотых мм/год только за счет применения биоцидов. Биоцидная программа включает в себя 4 вида различных биоцидов, действие которых направлено как на борьбу с бактериями, так и с водорослями. Контроль качества обработки ведется по тестам на определение общего микробного числа. Помимо этого специалисты станции регулярно направляют воду на анализ в лабораторию центра гигиены и эпидемиологии

Санкт-Петербурга. По данным лаборатории ОМЧ после обработки биоцидами составляло не более 10^3 КОЕ/мл, что, безусловно, является хорошим показателем. Но наиболее важным показателем, по моему мнению, является состояние поверхностей технологического оборудования, поскольку обрастания в значительной мере ухудшают процессы передачи тепла, забивая оросители на градирне и трубы теплообменного оборудования. До обработки биоцидами отложения зеленоватого цвета в большом количестве были на поверхности труб, на дне чаши градирни, и, особенно, на колоннах. После обработки биоцидами следов отложений не наблюдалось. На рисунке видны чистые колонны одной из градирен (Рис. 1.10).



Рисунок 1.10 – Чистые колонны одной из градирен АО «Юго-Западная ТЭЦ»

Выводы по главе:

1. В условиях высокой антропогенной нагрузки практически все поверхностные источники, используемые для водоснабжения промышленных предприятий, подвержены биологическому загрязнению, которое приводит к биообрастаниям трубопроводов и другого технологического оборудования.
2. В рамках оборотной системы охлаждения наиболее подвержены биологическим обрастаниям градирни (оросители, стенки, колонны) и теплообменное оборудование оборотных систем.
3. Наиболее эффективными методами по борьбе с биологическими обрастаниями являются химические методы с применением гипохлорита натрия, а также биоцидных реагентов на основе различных действующих веществ.
4. Накоплен положительный опыт автора в рамках биоцидной обработки воды охлаждающих оборотных систем на предприятиях различных видов промышленности.
5. В настоящее время биоцидные препараты применяются вслепую, без учета микробных сообществ и видового разнообразия микроорганизмов.

ГЛАВА 2 АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ОБОРОТНОГО ЦИКЛА НА СЫЗРАНСКОЙ ТЭЦ

2.1 Общая характеристика предприятия

2.1.1 О станции: история, место расположения

Сызранская ТЭЦ – крупное энергетическое предприятие, расположенное в городе Сызрань (Самарская Область). Входит в состав ПАО «Т Плюс». ТЭЦ занимается выработкой тепловой и электрической энергии, обеспечивает энергоснабжение предприятий нефтехимического комплекса города и теплоснабжение жилого массива, в котором проживает большая часть населения Сызрани.

ТЭЦ была введена в эксплуатацию в 1947 году. В настоящее время на станции работает более 400 человек. Установленная электрическая мощность станции — 372,4 МВт, установленная тепловая мощность — 813 Гкал/ч.



Рисунок 2.1 – Блок ПГУ ПП «Сызранская ТЭЦ»

Источником водоснабжения станции является Саратовское водохранилище. На нужды станции системы за год забирается около 5 млн. 274 тыс. м³ воды на технологические нужды.

История станции. Решение о строительстве Сызранской ТЭЦ было принято в соответствии с народно-хозяйственным планом третьей пятилетки (1938–1942 годов), утвержденным в марте 1939 г. Но ее строительство было прервано в связи с развернувшейся Второй мировой войной. После войны строительство Сызранской ТЭЦ было возобновлено, и 31 декабря 1947 г. был пущен в эксплуатацию первый турбогенератор. Сызранская ТЭЦ стала первой в Европе станцией, работающей на сланце, добываемом из Кашпирского рудника. При сжигании сланца до 70 процентов породы шло в золоотвалы. С годами требования к экологической безопасности энергетического производства выросли, и было принято решение перевести Сызранскую ТЭЦ на газ. А шахту «Кашпирская», на которой добывали сланец, объявили памятником природы.

Сегодня Сызранская ТЭЦ обеспечивает электрической и тепловой энергией промышленных потребителей и население г.о. Сызрань и Сызранского района. В рамках инвестиционной программы КЭС Холдинга «Диадема» на станции реализован крупный инвестиционный проект «Волжский агат». Задачи проекта: ввод на Сызранской ТЭЦ в эксплуатацию блока ПГУ суммарной мощностью 225 МВт, выведение из эксплуатации устаревшего первого энергоблока станции, увеличение энергетической, экономической и экологической эффективности ТЭЦ и снижение показателей удельного расхода условного топлива при выработке электроэнергии, возможность обеспечения энергетическими мощностями новых промышленных предприятий и жилых массивов в Сызрани, увеличение надежности энергоснабжения Сызрани. Для достижения этих целей на станции установлено современное оборудование: две газотурбинные установки PG6111FA, 80 МВт каждая (General Electric), паротурбинная установка SST PAC 600, 75 МВт (Siemens), АСУ ТП верхнего уровня (General Electric) и другое.

2.1.2 Источник водоснабжения

Саратовское водохранилище — крупное водохранилище на реке Волга, образованное плотиной Саратовской ГЭС на территории Саратовской, Самарской и Ульяновской областей России. Заполнение водохранилища происходило в 1967—1968 годах.

Саратовское водохранилище, протяжённостью – 357 км. Полный объём водохранилища – 12,90 км³, полезный – 1,75 км³. Саратовский гидроузел расположен в 1129 км от устья Волги. Саратовское водохранилище является водохранилищем недельного регулирования речного стока с большим водообменом [27]. На рис. 2.2 представлена схема Саратовского водохранилища.



Рисунок 2.2 – Схема Саратовского водохранилища

Основные притоки к Саратовскому водохранилищу: Самара, Чапаевка, Сызрань, Чагра, Малый Иргиз.

Правый берег водохранилища расположен в лесостепи, левый — в степи. На берегах водохранилища расположены такие крупные города, как Самара, Чапаевск, Сызрань, Хвалынский, Балаково, а также множество других населённых пунктов.

С левого берега в водохранилище впадают реки Сок, Самара, Чапаевка, Чагра, Малый Иргиз. Имеются несколько точечных источников загрязнения в районах сброса сточных вод городов Жигулёвск, Тольятти, Самара, Сызрань, Балаково [28].

По данным Государственного доклада «О санитарно-эпидемиологической обстановке в Российской Федерации в 2009 году» [29], к субъектам РФ, в которых доля проб воды не отвечала гигиеническим нормативам по микробиологическим показателям, относятся в Нижневолжском бассейновом округе: Самарская область, Республика Калмыкия и Республика Татарстан.

Аналитические данные качества воды Саратовского водохранилища за 2012 и 2013 года представлены в таблицах 2.1 и 2.2.

Таблица 2.1 – Гидрохимическая характеристика качества воды Саратовского водохранилища за 2012 г.

Ингредиент	Единица измерения	Концентрация											
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Дата отбора	месяц												
pH	Ед. pH	7,82	7,75	7,5	7,43	7,74	8,13	7,93	7,9	8,05	7,95	8,2	8,3
Eh		366	340	290	174	289	293	206	340	236	175	161	316
Удельная эл-ть		466	484	520	496	325	295	306	383	393	396	397	404
Жесткость общая	Мг/л	4,21	4,11	4,29	4,1	3,86	2,32	2,35	2,62	3,87	2,83	2,94	2,99
Кальций	Мг/л	58,3	61,3/3,6	64,1/3,2	60,7	57,9/2,89	39,3/1,96	36,3/1,81	39,8/1,99	42,08	41,9	43,5	43,9/2,19
БПК ₅	МгО ₂ /л	0,91	0,66	0,74	0,84	0,71	1,82	0,88	1,1	0,82	1,8	1,76	1,34
Взвешенные вещества	Мг/л	н/о	н/о	2,7/н/о	2,5	н/о	3,4	н/о	1,3	1,51	н/о	2,1	1,4
Сухой остаток	Мг/л	303	317	340	336	210	203	205	255	244,5	255	264	260
Сульфаты	Мг/л	51	47,1	54,8	60,5	42,8	40,8	37,5	34,6	39,8	45,2	41,3	43,2
Хлориды	Мг/л	22,51	24,64	27,47	28,6	29,3	21,3	21,8	32,8	31,7	28,2	23,6	18,6
СПАВ	Мг/л	н/о	0,01	0,0075	0,01	н/о	н/о	0,005	н/о	0,010	0,006	0,0073	н/о
Аммоний-ион	МгN/л	0,096	0,097	0,125	0,093	0,072	0,055	0,095	0,105	0,087	0,137	0,065	0,089
Нитрит-анион	МгN/л	0,038	0,021	0,010	н/о	0,028	0,021	0,012	0,015	0,010	0,004	0,010	0,014
Нитрат-анион	МгN/л	0,73	0,89	1,33	1,01	0,84	0,37	0,26	0,35	0,34	0,19	0,44	0,48
Магний	Мг/л	15/8	12,8/1,05	13,2/1,09	13/1,07	11,8/0,97	4,38/0,36	6,7/0,55	7,66	9,36	8,99	9,36	9,72/0,80
Марганец общ.	Мг/л	0,045	0,050	0,048	0,039	0,017	н/о	0,010	н/о	0,024	0,022	0,026	0,024
Фосфаты	Мг/л	0,073	0,80	0,075	0,063	0,036	0,031	0,037	0,053	0,034	0,042	0,047	0,040
Фосфор общ.	Мг/л	0,083	0,092	0,081	0,078	0,066	0,036	0,050	0,062	0,039	0,068	0,052	0,042
Окисляемость перм.	МгО ₂ /л	5,52	5,76	7,14	6,8	9,36	8,56	9,39	9,37	7,57	7,76	7,12	7,68
ХПК	МгО ₂ /л	25,4	23,4	24,9	25,5	30,4	34,6	32,6	34,6	26,7	29,6	23,6	27,6
Железо общее	Мг/л	0,043	0,043	0,061	0,095	0,149	0,136	0,073	0,032	0,033	0,038	0,056	0,115
Медь	Мг/л	0,0032	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Никель	Мг/л	0,0060	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Цинк	Мг/л	0,007	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Алюминий	Мг/л	0,02	0,01	0,015	0,011	0,008	0,008	0,011	0,012	0,005	0,13	0,011	0,01
Хром (VI)	Мг/л	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о
Фенолы	Мг/л	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о
Нефтепродукты	Мг/л	0,028	0,11	0,13	0,038	0,029	0,032	0,027	0,024	0,025	0,025	н/о	0,015
Гидрокарбонаты	Мг/л	126	129	146	141,5	140	107,1	93,1	90,0	109,8	112	116	132
Кремний	Мг/л	2,79	2,99	3,86	3,45	2,81	2,56	2,17	1,62	1,06	1,34	1,49	2,35

Продолжение таблицы 2.1

Ингредиент	Единица измерения	Концентрация											
		16.01.13	13.02.13	20.03.13	17.04.13	15.05.13	26.06.13	17.07.13	15.08.13	18.09.13	16.10.13	13.11.13	11.12.13
Дата отбора	месяц	16.01.13	13.02.13	20.03.13	17.04.13	15.05.13	26.06.13	17.07.13	15.08.13	18.09.13	16.10.13	13.11.13	11.12.13
pH	Ед. pH	7,77	7,47	7,72	7,51	8,00	7,97	8,70	8,80	8,40	8,80	8,75	7,99
Eh	Ед. Eh	340	468	390	252	275	314	448	357		317	374	281
Удельная эл-ть	МкСм/см	374	439	490	453	456	312	340	360	360	372	409	417
Жесткость общая	ммоль/л	3,05	3,35	3,90	3,73	2,61	2,31	2,49	2,63	2,76	2,89	3,35	3,38
Кальций	ммоль/л	2,29/45,9	2,32/46,5	2,90/59,1	2,77/55,5	2,05/41,08	1,83/36,7	1,94/38,9	2,04/40,9	2,04/40,9	2,13/42,7	2,41/48,3	2,58/30,7
БПК ₅	МгО ₂ /л	2,09	2,30	2,52	0,87	0,53	1,63	2,40	1,33	0,48	0,56	1,09	2,61
Взвешенные вещества	Мг/л	0,6/н/о	0,45/н/о	0,9/н/о	2,9/н/о	2,65/н/о	1,7/н/о	1,8/н/о	3,1/н/о	2,45/н/о	0,45/н/о	2,6/н/о	1,4/н/о
Сухой остаток	Мг/л	242,5	297,5	326	318,5	200	206	217,5	233,5	226,5	228,0	256,5	268,7
Сульфаты	Мг/л	41,3	47,1	55,7	45,5	39,1	34,1	43,2	41,3	44,8	41,3	52,8	56,7
Хлориды	Мг/л	20,0	22,9	31,7	21,8	14,4	21,1	22,7	24,3	25,1	24,6	21,1	20,0
СПАВ	Мг/л	н/о	н/о	0,01	0,01	0,01	н/о	н/о	0,01	0,01	н/о	н/о	н/о
Аммоний-ион	МгN/л	0,055	0,062	0,047	0,051	0,061	0,07	0,068	0,111	0,060	0,056	0,065	0,069
Нитрит-анион	МгN/л	н/о	н/о	0,01	0,01	0,016	0,019	0,02	0,012	0,01	н/о	н/о	0,011
Нитрат-анион	МгN/л	0,56	0,69	1,08	0,99	0,92	0,50	0,21	0,14	0,17	0,27	0,47	0,7
Магний	Мг/л	0,76/9,24	1,03/12,5	0,99/12,03	0,96/11,7	0,56/6,8	0,48/5,8	0,55/6,68	0,59/7,17	0,72/8,75	0,76/9,24	0,94/11,4	0,85/10,3
Марганец общ.	Мг/л	0,018	0,025	0,057	0,018	0,014	0,011	0,01	0,011	0,012	0,013	0,011	0,012

Таблица 2.2- Гидрохимическая характеристика качества воды Саратовского водохранилища за 2013 г.

Ингредиент	Единица измерения	Концентрация											
		16.01.13	13.02.13	20.03.13	17.04.13	15.05.13	26.06.13	17.07.13	15.08.13	18.09.13	16.10.13	13.11.13	11.12.13
Дата отбора	месяц	16.01.13	13.02.13	20.03.13	17.04.13	15.05.13	26.06.13	17.07.13	15.08.13	18.09.13	16.10.13	13.11.13	11.12.13
Фосфаты	Мг/л	0,066	0,065	0,064	0,055	0,051	0,040	0,029	0,044	0,081	0,098	0,136	0,096
Окисляемость перм.	МгО ₂ /л	9,79	13,8	10,7	10,5	9,36	9,87	9,52	8,36	8,00	7,3	7,5	7,9
Окисляемость бихр.	МгО ₂ /л	30,7	36,2	34,6	32,8	30,5	31,5	29,6	27,9	29,5	28,2	25,8	25,7
Железо общее	Мг/л	0,180	0,246	0,218	0,237	0,254	0,177	0,070	0,083	0,056	0,067	0,078	0,075
Медь	Мг/л	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Никель	Мг/л	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Свинец	Мг/л	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Цинк	Мг/л	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Алюминий	Мг/л	0,018	0,020	0,099	н/о	0,018	н/о	0,015	0,013	0,014	0,010	0,010	0,014
Кадмий	Мг/л	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Продолжение таблицы 2.1

Ингредиент	Единица измерения	Концентрация											
		16.01.13	13.02.13	20.03.13	17.04.13	15.05.13	26.06.13	17.07.13	15.08.13	18.09.13	16.10.13	13.11.13	11.12.13
Дата отбора	месяц	16.01.13	13.02.13	20.03.13	17.04.13	15.05.13	26.06.13	17.07.13	15.08.13	18.09.13	16.10.13	13.11.13	11.12.13
Хром (VI)	Мг/л	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о
Хром (III)	Мг/л	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Фенолы	Мг/л	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о
Нефтепродукты	Мг/л	0,022	0,029	0,22	0,13	0,044	0,033	0,028	0,22	0,043	0,036	0,033	0,029
Гидрокарбонаты	Мг/л	115,0	119,5	145,0	143,0	129,0	96,5	89,4	90,0	102,0	108,5	109,5	117
Кремний	Мг/л	2,71	3,54	3,90	3,48	3,07	2,83	2,67	2,66	2,20	2,27	2,30	2,95
Хром общий		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Температура	°С	0,2	0,1	0,1	0,2	9,2	19,8	22,6	22,2	18,0	12,5	7,0	2,0
Кислород	Мг/л	12,02	13,25	9,26	7,17	10,3	6,78	6,99	6,25	7,30	9,70	10,8	10,0
Цветность	Град												
Уровень воды	Мг/л	29,59	29,96	29,82	30,96	32,11	29,75	28,33	28,35	28,34	28,63	29,09	29,44
Фосфор общ.	м	0,080	0,078	0,094	0,082	0,077	0,064	0,044	0,061	0,095	0,143	0,142	0,104
Общий азот		0,83	0,95	1,01	0,91	1,09	0,56	1,32	1,34	0,77	0,80	0,75	0,91
Алюминий	Мг/л	0,018	0,020	0,099	н/о	0,018	н/о	0,015	0,013	0,014	0,010	0,010	0,014
Кадмий	Мг/л	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Хром (VI)	Мг/л	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о
Хром (III)	Мг/л	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Фенолы	Мг/л	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о
Нефтепродукты	Мг/л	0,022	0,029	0,22	0,13	0,044	0,033	0,028	0,22	0,043	0,036	0,033	0,029
Гидрокарбонаты	Мг/л	115,0	119,5	145,0	143,0	129,0	96,5	89,4	90,0	102,0	108,5	109,5	117
Кремний	Мг/л	2,71	3,54	3,90	3,48	3,07	2,83	2,67	2,66	2,20	2,27	2,30	2,95
Хром общий		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Температура	°С	0,2	0,1	0,1	0,2	9,2	19,8	22,6	22,2	18,0	12,5	7,0	2,0
Кислород	Мг/л	12,02	13,25	9,26	7,17	10,3	6,78	6,99	6,25	7,30	9,70	10,8	10,0
Цветность	Град												
Уровень воды	Мг/л	29,59	29,96	29,82	30,96	32,11	29,75	28,33	28,35	28,34	28,63	29,09	29,44
Фосфор общ.	м	0,080	0,078	0,094	0,082	0,077	0,064	0,044	0,061	0,095	0,143	0,142	0,104
Общий азот		0,83	0,95	1,01	0,91	1,09	0,56	1,32	1,34	0,77	0,80	0,75	0,91

На рисунках 2.3, 2.4 и 2.5 представлены диаграммы, характеризующие загрязненность воды по органическим и микробным загрязнениям.

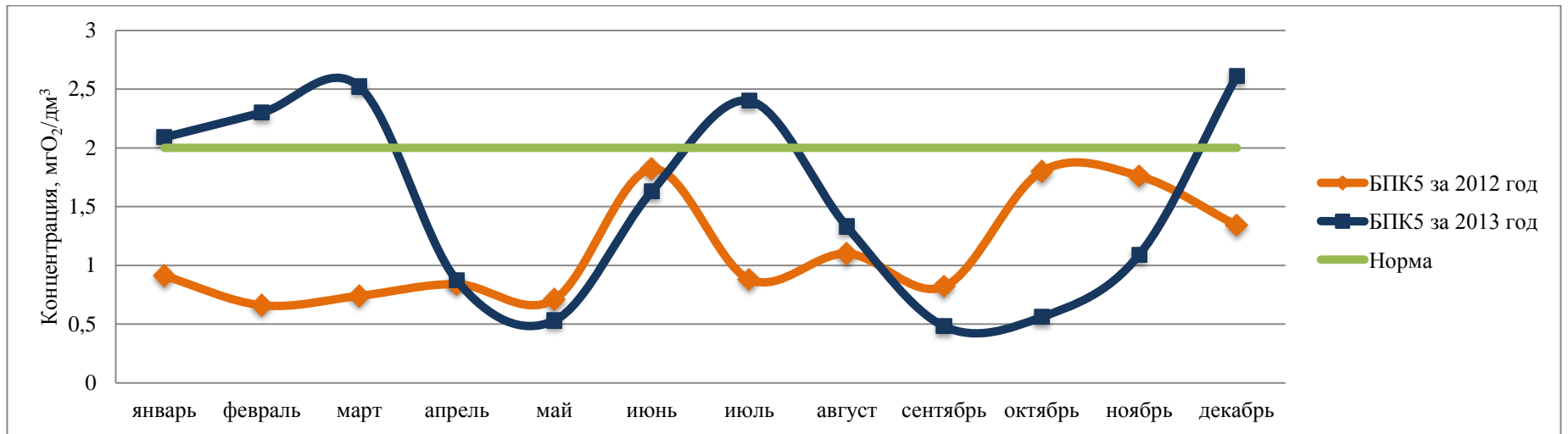


Рисунок 2.3 – Сезонная динамика БПК₅ и ее сравнение с нормой

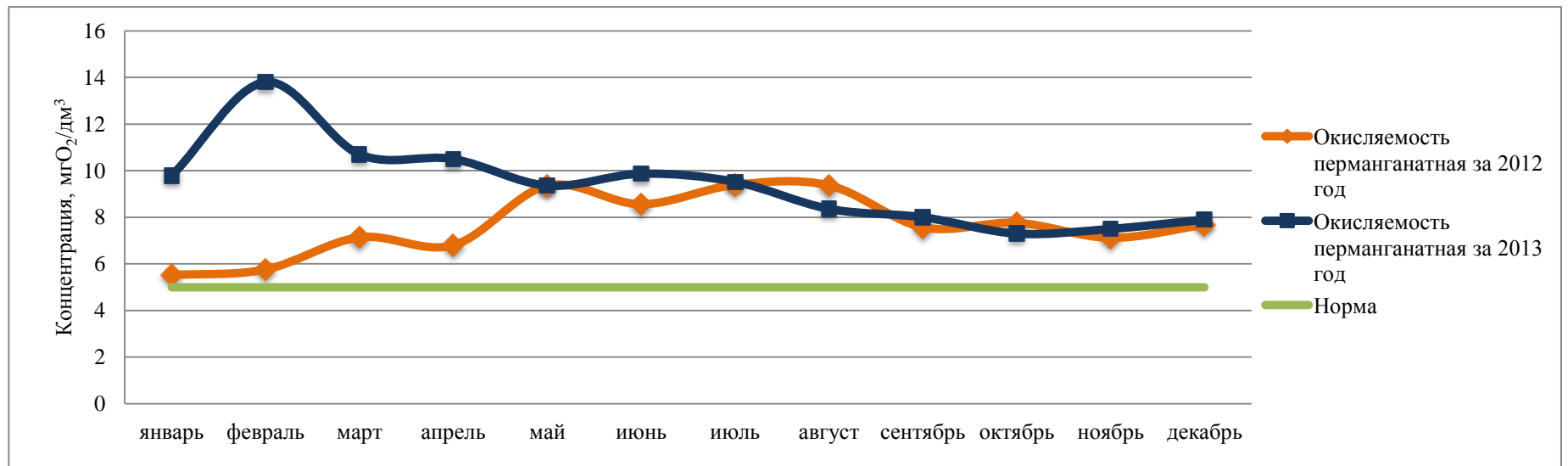


Рисунок 2.4 – Показатели перманганатной окисляемости за 2012 и 2013 гг.

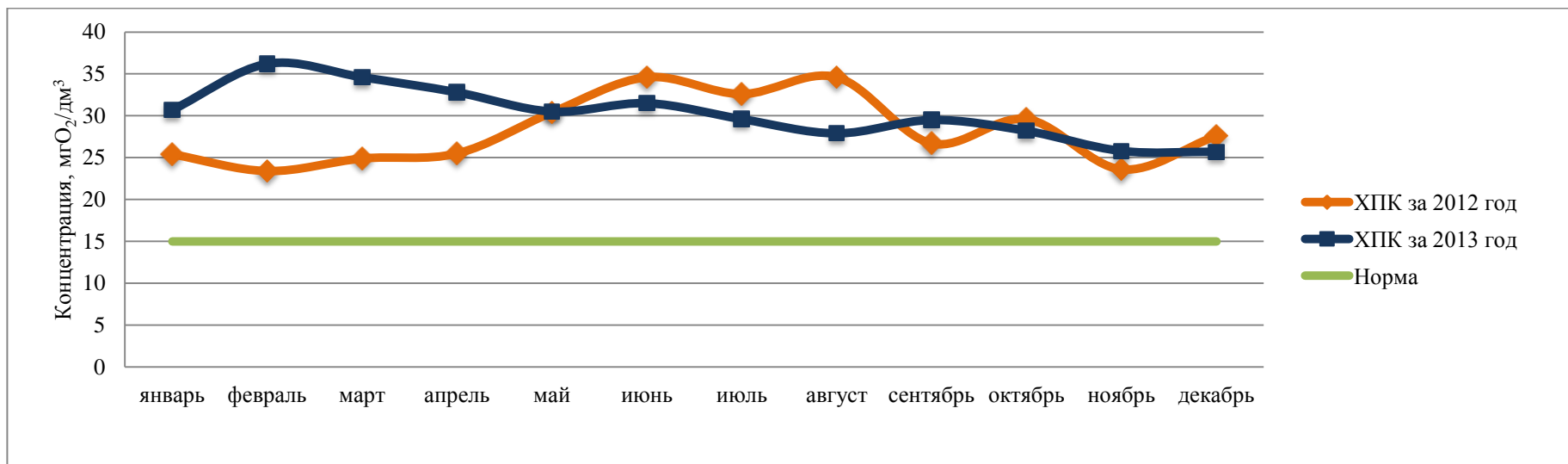


Рисунок 2.5 – Показатели ХПК за 2012 и 2013 гг.

По БПК₅ вода преимущественно чистая или умеренно загрязненная по данным справочника [30]. По перманганатной окисляемости вода Саратовского водохранилища относится к малой и средней загрязненности. Поскольку показатель воды по ХПК более 15 мгО₂/дм³ вода относится к очень грязным водам по данному показателю.

Гидро- и микробиологические показатели Саратовского водохранилища

На рисунках 2.6, 2.7, 2.8 и 2.9 графически представлены данные по основным гидро- и микробиологическим показателям воды Саратовского водохранилища. Они характеризуют загрязненность речной воды бактериями, фито- и зоопланктоном и др.

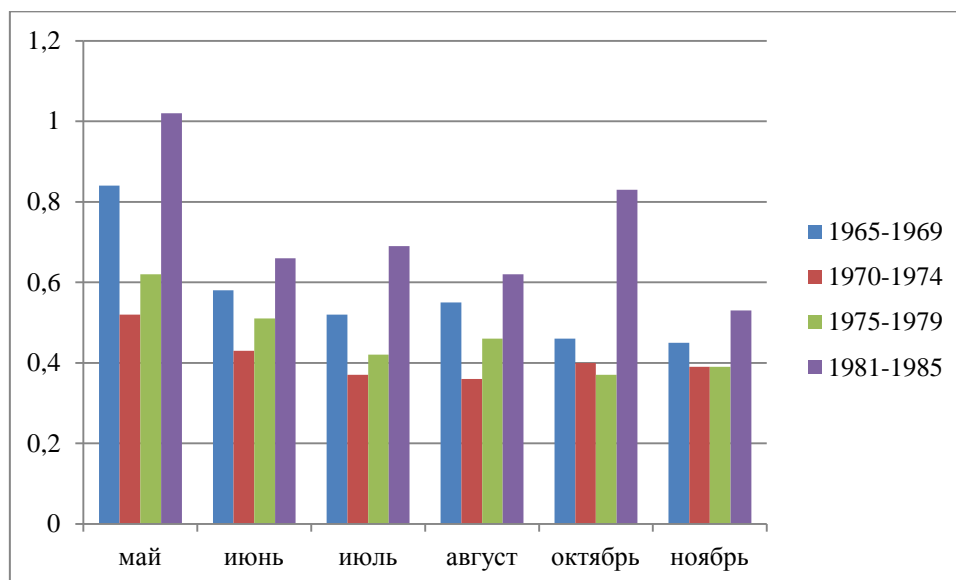


Рисунок 2.6 – Сезонная динамика биомассы бактерий (мг/л) в разные периоды существования водохранилища [31]

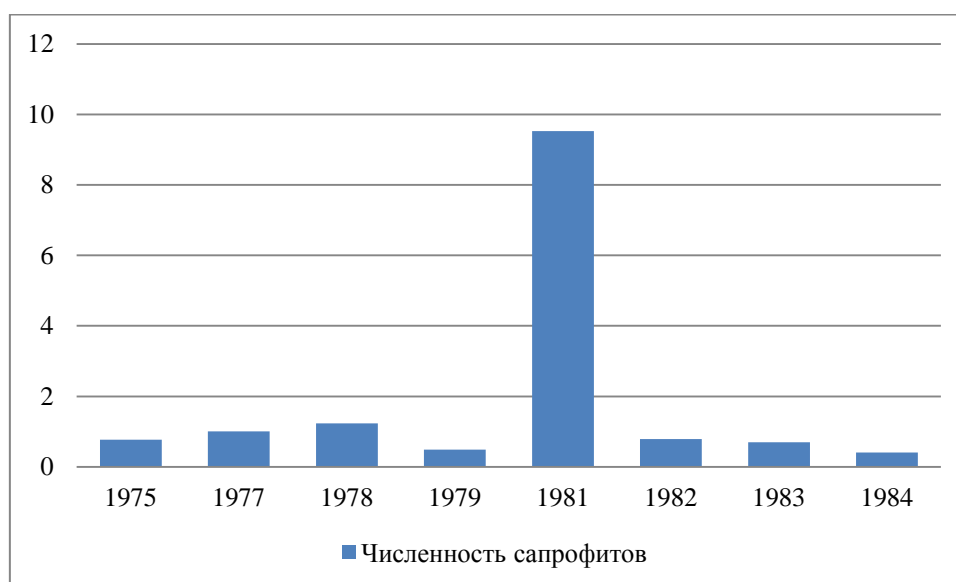


Рисунок 2.7 – Динамика численности сапрофитов по длине водохранилища (тыс. кл./мл) [31]

Зависимость между качеством воды и количеством в ней аэробных сапрофитных микроорганизмов [32] приведена в таблице 2.3.

Таблица 2.3 – Зависимость качества воды от количества сапрофитных бактерий в ней

Количество колоний, выросших при посеве на питательный агар 1 мл воды	Оценка водоема
10	Очень чистые
10 – 100	Чистые
100 – 1000	Умеренно-загрязненные
1000 – 10000	Загрязнены
10000 – 100000	Грязные
>100000	Очень грязные

По графику 2.7 и таблице 2.3 видно, что вода в Саратовском водохранилище умеренно-загрязненная, загрязненная и даже грязная по данному показателю.

Помимо этого имеются данные по соотношению общего числа бактерий к числу сапрофитных бактерий, которое согласно классификации ГОСТ, приведенной в таблице 2.4 [33] относит воды к умеренно загрязненным.

Таблица 2.4 - Классификация качества воды водоемов и водотоков по гидробиологическим и микробиологическим показателям

Класс качества воды	Степень загрязненности воды	Гидробиологические показатели			Микробиологические показатели		
		По фитопланктону, зоопланктону, перифитону	По зообентосу		Общее количество бактерий, 10^6 кл/см ³ (кл/мл)	Количество сапрофитных бактерий, 10^3 кл/см ³ (кл/мл)	Отношение общего количества бактерий к количеству сапрофитных бактерий
			Индекс сапробности по Пантле и Букку (в модификации Сладчека)	Отношение общей численности олигохет к общей численности донных организмов, %			
I	Очень чистые	Менее 1,00	1-20	10	Менее 0,5	Менее 0,5	Менее 10^3
II	Чистые	1,00-1,50	21-35	7-9	0,5-1,0	0,5-5,0	Более 10^3
III	Умеренно загрязненные	1,51-2,50	36-50	5-6	1,1-3,0	5,1-10,0	$10^3 - 10^2$
IV	Загрязненные	2,51-3,50	51-65	4	3,1-5,0	10,1-50,0	Менее 10^2
V	Грязные	3,51-4,00	66-85	2-3	5,1-10,0	50,1-100,0	Менее 10^2
VI	Очень грязные	Более 4,00	86-100 или макробентос отсутствует	0-1	Более 10,0	Более 100,0	Менее 10^2

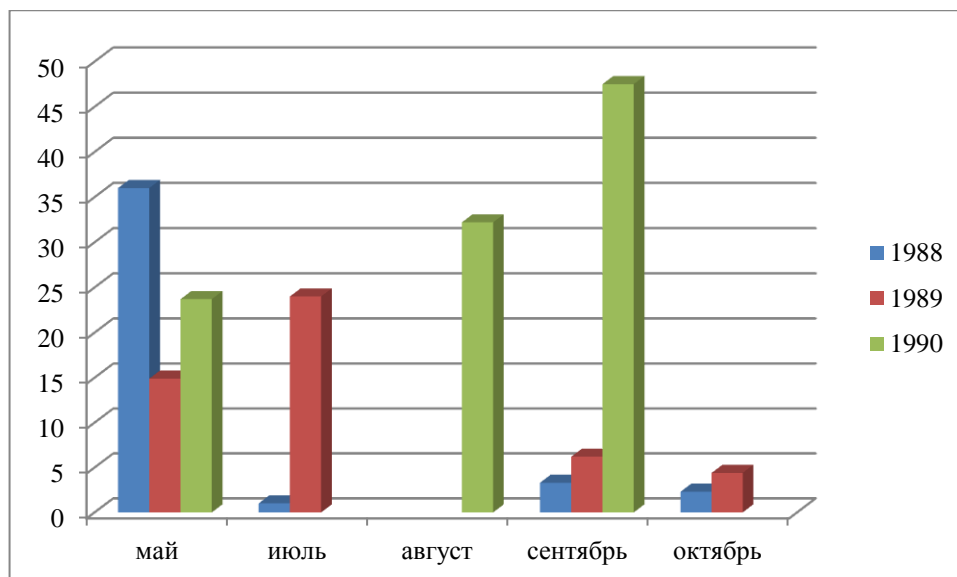


Рисунок 2.8 – Максимальная численность грибных пропагул в воде (тыс. ед./л) в водохранилище в разные годы [31]

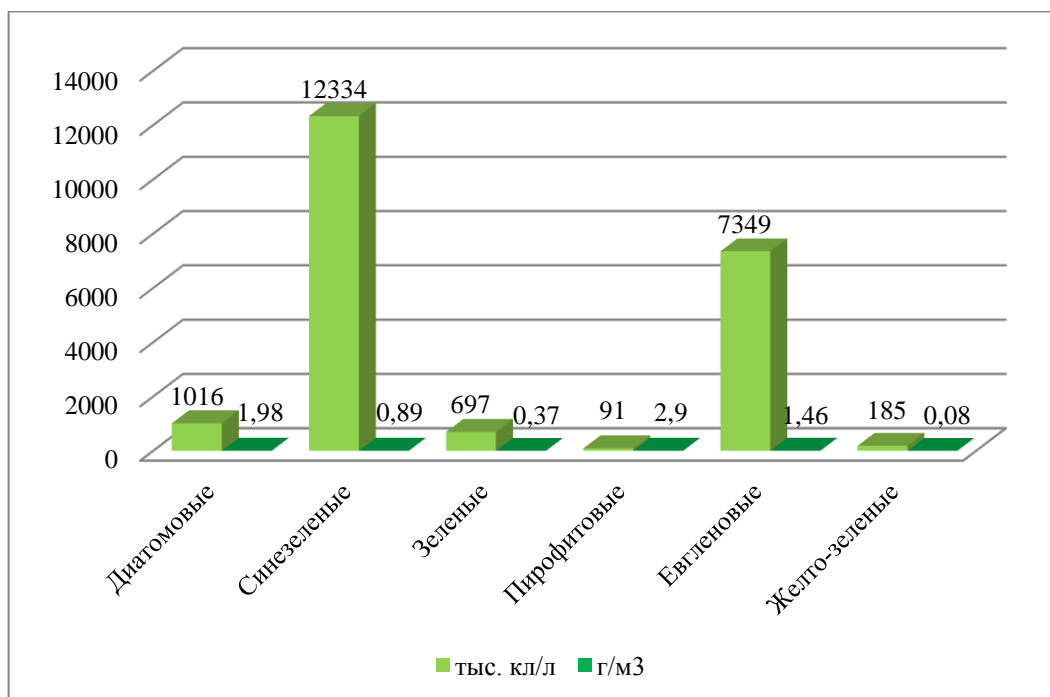


Рисунок 2.9 – Показатели численности и биомассы летнего фитопланктона Саратовского водохранилища (данные за 2004 г.) [31]

2.2 Функционирование оборотного цикла и его проблемы

2.2.1 Общая характеристика системы оборотного охлаждения

Перейдем к рассмотрению оборотного цикла станции. Рассматриваемая оборотная система расположена на Сызранской ТЭЦ и предназначена для охлаждения технологического оборудования станции. Для заполнения и подпитки оборотной системы используется техническая вода из р. Волга (Саратовское водохранилище). Подпиточная вода из напорного коллектора Сызранского НПЗ по двум вводам поступает в коллектор холодной воды. На трубопроводах установлены счетчики-расходомеры для контроля количества и расхода поданной в оборотную систему воды.

В оборотную систему речная вода поступает через коллектор холодной воды градирен перед циркуляционными насосами.

В таблице 2.5 представлена техническая характеристика системы охлаждения КТЦ.

Таблица 2.5 - Техническая характеристика системы охлаждения КТЦ

Название параметра, единица измерения	Значение
Общий объем системы, м ³	11000
Производительность цирк. насоса, м ³ /ч	12000
Количество одновременно работающих насосов –	2÷3
Расход воды на секцию конденсатора ТГ ст.№9, м ³ /ч	10000-16000
Расход воды на охлаждение конденсата (бл. 130)	10000-15000
Перепад температуры воды на градирне, °С	8-12
Материалы, из которых изготовлено оборудование, контактирующее с оборотной водой:	Ст 20, МНЖ, нержав. сталь.

Оборотный цикл обслуживает новую пароконденсационную турбину и имеет перемычку с установкой охлаждения старой установки. Общий объем системы 11000 м³.

Оборотный цикл состоит из двух блоков: «старый» блок (блок 130) и «новый» блок (блок ПГУ). Основное оборудование оборотного цикла:

циркуляционные насосы, трубопроводы, маслоохладители, воздухоохладители генератора, конденсатора (блок 130 и блок ПГУ), теплообменники для охлаждения конденсата (ПГУ) и градирни.

Вода из бассейна градирен самотеком поступает в коллектор всаса циркуляционных насосов. Насосы (4 шт.) через коллектор нагнетания, охлажденную вода подается по подземному трубопроводу в два направления: в блок 130 и на блок ПГУ.

В блоке ПГУ часть воды поступает в водяную полость конденсатора турбины для охлаждения пара. Конденсатор типа КГ-2-6200-III 2-ходовой, 2-х полосный. Материал конденсатора и термокомпенсаторов – нержавеющая сталь. На выходе давление около 1 атм. Минимально допустимый вакуум – 0,7, отсечки установлены на 0,65, но они «плавающие», зависит от нагрузки на турбину. Максимально допустимая температура около 60 °С, но при низком вакууме возможно и 70°С. Расход охлаждающей воды в каждую секцию измеряется ультразвуковым счетчиком-расходомером. В паровую полость конденсатора поступает водяной пар после турбины ст.№9, где охлаждается и конденсируется. Охлаждающая вода в трубном пучке конденсатора нагревается и подается на градирни для охлаждения.

Остальная часть охлажденной воды отбирается перед конденсатором и повысительным насосом направляется на охлаждение воздухоохладителей генератора, маслоохладителей и охладителей вакуумной установки, а затем возвращается в трубопровод нагретой оборотной воды после конденсатора. Часть оборотной воды используется для охлаждения пробоотборников пара, и сбрасывается в канализацию.

В блоке 130 часть воды поступает в водяную полость конденсатора (КГ-2-6200-III) турбины для охлаждения пара. Расход охлаждающей воды в каждую секцию измеряется расходомером. В паровую полость конденсатора поступает водяной пар после турбины ст.№8, где охлаждается и конденсируется. Охлаждающая вода в трубном пучке конденсатора нагревается и подается на градирни для охлаждения.

Остальная часть охлажденной воды отбирается перед конденсатором и направляется на охлаждение воздухоохладителей генераторов ст.№ 7, 8, маслоохладителей, а затем возвращается в трубопровод нагретой оборотной воды после конденсатора. Часть оборотной воды используется для охлаждения пробоотборников пара, и сбрасывается в канализацию.

Нагретая оборотная вода самотеком поступает в 2 градирни для охлаждения. Градирня представляет собой открытый теплообменный аппарат с естественной вентиляцией, работающий по принципу противотока воды и воздуха. Нагретая вода по трубам поступает в водораспределительную систему и разбрызгивается форсунками. При нормальной работе водораспределительной системы водяной поток распределяется по всей поверхности бассейна градирни. Стекающая вниз вода частично испаряется и отдает тепло поднимающемуся потоку воздуха. Температурный перепад на градирне зависит от расхода воды, тепловой нагрузки и метеорологических параметров (температура и влажность воздуха).

Капли воды, уносимые потоком воздуха, задерживаются водоуловителем и стекают вниз. Стекающая вода собирается в бассейне градирни, откуда вновь поступает в коллектор холодной воды и далее на технологическое оборудование.

На рисунке 2.10 представлена блок-схема оборотной охлаждающей системы Сызранской ТЭЦ.

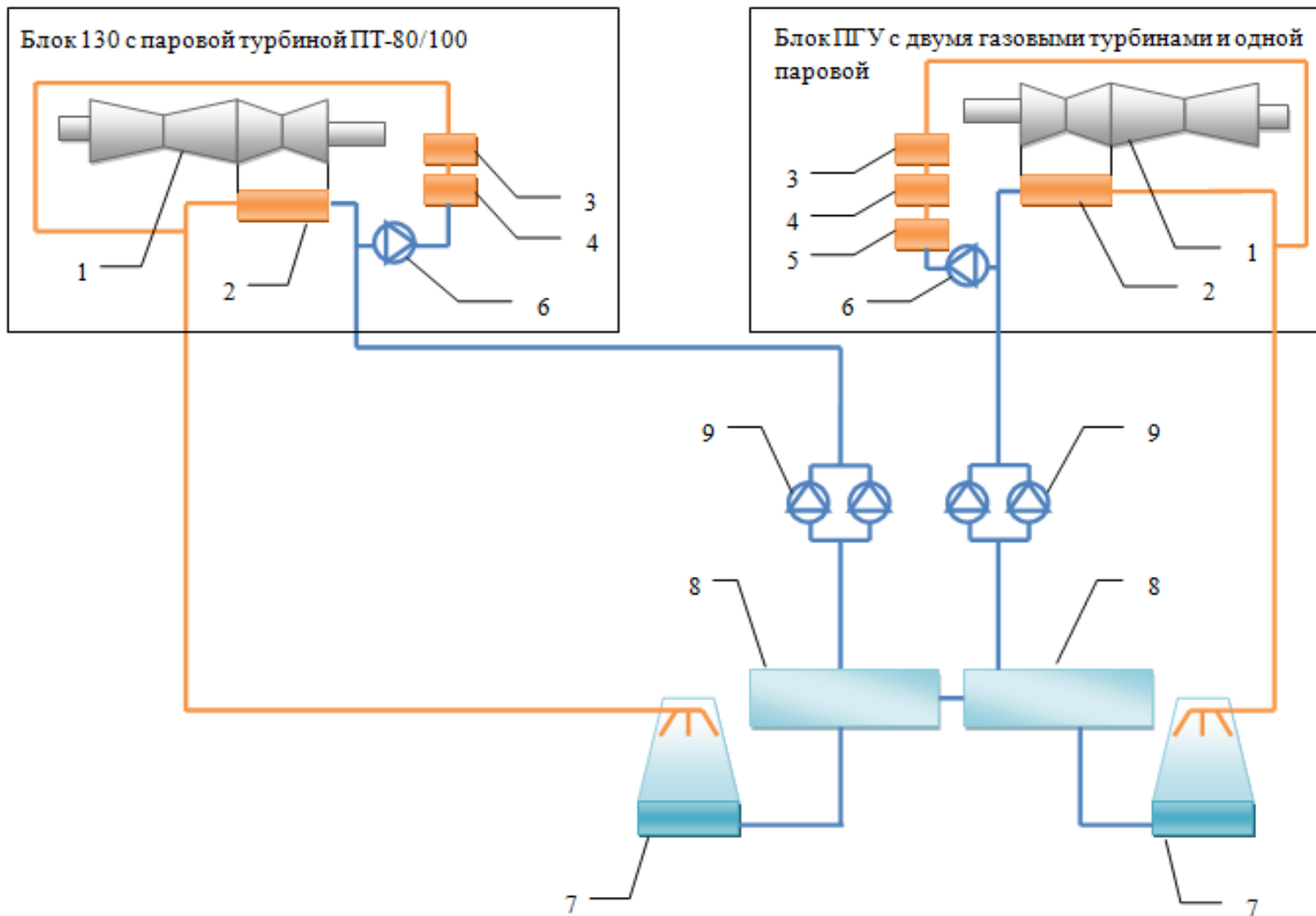


Рисунок 2.10 – Блок-схема оборотного водоснабжения Сызранской ТЭЦ

1 – турбина, 2 - конденсатор, 3 - воздухоохладитель генератора, 4 – маслоохладитель, 5 – охладитель вакуумной установки, 6 – повысительный насос, 8 – градирня, 9 – аванкамера, 10 – циркуляционный электронасос

2.2.2 Проблемные места оборотной системы Сызранской ТЭЦ с точки зрения биологических обрастаний

Известно, что более половины коррозионных повреждений стального оборудования и трубопроводов систем оборотного водоснабжения - это результат деятельности микроорганизмов [34].

Наиболее проблемными и уязвимыми местами оборотной системы являются градирни, аванкамеры и теплообменное оборудование. Считается, что биологические обрастания неизбежно появятся в случае, если перманганатная окисляемость воды более $4-6 \text{ мгО}_2/\text{дм}^3$ [1]. В случае Сызранской ТЭЦ, которая использует воду из Саратовского водохранилища, обрастания фактически неизбежны круглый год, поскольку перманганатная окисляемость воды в течение года составляет $5 \text{ мгО}_2/\text{дм}^3$ и более (до $14 \text{ мгО}_2/\text{дм}^3$). Процесс будет происходить еще более интенсивно при наличии соединения азота, фосфора и других биогенных элементов.

На градирнях, как правило, происходит более активный процесс обрастаний, в том числе и водорослями. Это связано с наиболее благоприятными условиями: низкая скорость протока воды, а также наличие солнечного света.

Теплообменное оборудование не менее привлекательное место обитания микроорганизмов, но в отличие от градирен, там происходит большее развитие бактерий, нежели водорослей. Первые посещения ТЭЦ совпали с ежегодным вскрытием конденсаторов турбин. Помимо механического мусора, окисленного железа, конденсаторы были явно покрыты биологическими обрастаниями. Они представляли собой тонкую, скользкую пленку по всей поверхности конденсаторов. Основу биологических обрастаний теплообменных аппаратов и трубопроводов составляют бактерии. Процесс обрастания начинается с появления на поверхности, омываемой водой, слизистой пленки. Большая часть бактериального обрастания образована зооглейными бактериями – *Zoogloea ramigera*. Интенсивно развиваются также нитчатые, бактерии рода *Sphaerotilus*, при повышенном содержании железа в воде в составе обрастаний

обнаруживаются железобактерии. Образование механических отложений, особенно органического происхождения, в трубопроводах способствует развитию бактерий и других гидробионтов [1].

Особенность теплообменных аппаратов в том, что в них создаются комфортные температурные условия для микроорганизмов, даже в зимнее время. В связи с постоянным температурным режимом для теплообменников характерно и относительно постоянное количество биологической массы. Этот факт, в свою очередь может способствовать и постоянству рабочей дозы тех или иных биоцидных препаратов.

2.3 Опыт борьбы с биологическим обрастанием на предприятии

До ноября 2012 года на ТЭЦ стабилизационная (в том числе и биоцидная) обработка оборотного цикла не велась. Продувочная вода из системы забиралась на хим. водоочистку (ХВО). В связи с этим коэффициент упаривания в системе был низким, менее 1,5, что означало постоянное обновление воды в системе. Поскольку в волжской воде имеются условия для развития биологической массы, формирующей обрастания технологического оборудования, возникали проблемы с накоплением биологических масс на градирнях, в теплообменном оборудовании (на конденсаторах турбин). Обрастания в теплообменном оборудовании снижают процессы теплообмена, даже при небольшой толщине обрастаний. (1мм биологической пленки снижает теплопроводность эквивалентно 10 мм карбоната кальция). Биоотложения толщиной 0,5 мм на внутренней поверхности теплообменного оборудования снижает коэффициент теплопередачи на 50% [34].

В приложении 11 СНиП [35] таблица 2.6 приведены методы для предупреждения развития биологических обрастаний теплообменного оборудования, градирен, брызгальных бассейнов, а также методы борьбы с цветением воды в водохранилищах и прудах-охладителях.

Данные методы предусматривают обработку воды хлором и медным купоросом. На многих предприятиях отказываются от подобных методов обработки воды, поскольку хлор является ядовитым и взрывоопасным веществом, а применение медного купороса ограничивается в связи со сбросами недостаточно очищенных сточных вод в водоемы питьевого и рыбохозяйственного назначения.

Таблица 2.6 – Приложение 11 из СНиП 2.04.02-84 Наружные сети и сооружения

Назначение хлора или медного купороса	Обработка охлаждающей воды						Дополнительные данные
	Хлор			Медный купорос (по иону меди)			
	Доза, мг/л	Продолжительность хлорирования каждого периода, мин, ч	Периодичность	Доза, мг/л	Продолжительность хлорирования каждого периода,	Периодичность	
Борьба с цветением воды в водохранилищах (прудах)-охладителях	--	--	--	0,1-0,5, считая на объем верхнего слоя воды в водохранилище толщиной 1-1,5 м или на весь объем воды в пруду	Устанавливается опытным путем в процессе эксплуатации	--	Для пересчета иона меди на товарный продукт дозу следует умножить на 4
Предупреждение бактериального биологического обрастания теплообменных аппаратов и трубопроводов	--	40-60 мин	2-6 раз в сутки	--	--	--	Доза хлора должна обеспечивать содержание остаточного активного хлора в оборотной воде после наиболее удаленных теплообменных аппаратов 1 мг-л в течение 30-40 мин
Предупреждение обрастания водорослями градирен, брызгальных бассейнов и оросительных теплообменных аппаратов	--	--	--	1-2	1 ч	3-4 раза в месяц	--
Предупреждение биологического обрастания микроорганизмами, водорослями градирен, брызгальных бассейнов и оросительных теплообменных аппаратов	7-10	1 ч	3-4 раза в месяц	1-2	1 ч	3-4 раза в месяц	--
<p>Примечание. Рекомендации по обработке воды медным купоросом не распространяются на водохранилища (пруды) -охладители рыбохозяйственного значения.</p> <p>Применение медного купороса в системах оборотного водоснабжения с градирнями, брызгальными бассейнами и оросительными теплообменными аппаратами имеющих сбросы воды в водоемы рыбохозяйственного значения, допускается при условии соблюдения ПДК по меди для указанных водоемов.</p>							

Обработка циркуляционной воды неокисляющими биоцидами

Для предотвращения развития бактерий, грибов и водорослей, воду оборотного цикла периодически обрабатывают веществами, угнетающими их рост. Основная идея биоцидной программы - использование эффективных биоцидных препаратов пролонгированного действия, устойчивых в широком диапазоне рН. Применение нескольких биоцидов позволит предотвратить привыкание микроорганизмов и водорослей к обработке, предотвратит биологическую коррозию.

Наиболее перспективным является применение эффективных биоразлагаемых биоцидных препаратов, не реагирующих с конструкционными материалами систем и неразрушающихся используемые параллельно ингибиторы коррозии и накипеобразования. Применение таких биоцидов позволяет регулировать численность микробов в оборотной воде и не оказывает вреда на процессы дальнейшей переработки сбрасываемой с продувкой воды.

Как правило, мы применяем несколько биоцидов на основе различных действующих веществ. К ним относятся биоциды на основе дибромнитрилпропионамида (DBNPA), два биоцида на основе четвертичных аммониевых солей (ЧАС), а также биоцид на основе изотиазолинов.

По программе стабилизационной обработки Сызранской ТЭЦ первоначально были рекомендованы два вида биоцидных препаратов: на основе дибромнитрилпропионамида (DBNPA) и на основе четвертичных аммониевых солей (ЧАС). Биоцид DBNPA позволяет эффективно контролировать численность бактерий, ЧАС - плесневых грибков и водорослей в оборотной воде. Однако при постоянном внесении бактерии постепенно вырабатывают устойчивость к используемым биоцидам, и, необходимые для снижения общего микробного числа (ОМЧ) до заданного уровня, дозы реагентов возрастают. Для снижения привыкания микроорганизмов к биоцидам, их следует вносить поочередно, в шоковых дозах, с интервалом между обработками, не допускающим значительного размножения микроорганизмов.

Для достижения максимального эффекта биоциды вносятся шокowymi дозами в аванкамеру или непосредственно в чашу градирни. Затем происходит распределение по системе, постепенная очистка поверхностей трубопроводов и теплообменного оборудования от биообрастаний, а также обеззараживание всего объема воды в системе.

Уровень биологического загрязнения оборотных вод принято оценивать по содержанию колониеобразующих бактерий в 1 мл оборотной воды (общемикробное число, ОМЧ, колоний/мл). Допустимым значением ОМЧ для открытых оборотных систем в зависимости от ответственности и качества исходной воды принято считать 10^4 - 10^6 колоний/мл. Значение ОМЧ определяют по результатам обработки стерильной питательной среды (биотесты) испытуемой водой.

На Сызранской ТЭЦ в теплый период года (июль-август 2013 г.) в оборотном цикле был отмечен высокий уровень бактериального загрязнения оборотной воды (ОМЧ достигал 10^7 - 10^8 КОЕ/мл при общепринятой норме не выше 10^5), появление нитчатых сине-зеленых водорослей на стенках градирни, при вскрытии конденсатора были обнаружены отложения ила и слизи с включениями ракушек. На установленных в сборку для определения скорости коррозии купонах отмечено наличие колоний сульфатредуцирующих бактерий, оставляющих характерные повреждения на стали.

Т.к. внутренние поверхности оборудования были покрыты бактериальной пленкой, было решено начать применение ингибитора после предварительной обработки оборотной воды биоцидами. Вначале был применен биоцид на основе ЧАС, обладающий способностью разрушать защитную пленку, образуемую бактериями. Результаты обработки контролировали по изменению ОМЧ (биотестами) и содержанию взвешенных веществ.

В результате снижения температуры окружающей среды активность микроорганизмов в воде значительно снизилась, колонии бактерий переместились в более благоприятные (теплые) места, в частности, на поверхность оборудования оборотного цикла. До ввода биоцида содержание взвешенных веществ в

оборотной воде составило ок. 9 мг/л, значение ОМЧ 10^3 КОЕ/мл. В ноябре 2013 года в оборотную воду введено 240 кг биоцида на основе ЧАС, обладающего свойствами дисперсанта биологических пленок. Его доза составила 22 г/м³ при планируемой 20 г/м³, что обусловлено объемом транспортной тары.

Через 4 суток после введения биоцида содержание взвешенных веществ начало возрастать. Максимального значения содержание взвешенных веществ (287 мг/л) достигло на 5-6 сутки после применения биоцида.

Через 10 суток, после снижения в результате продувки содержания взвешенных веществ до 16 мг/л, оборотную воду обработали биоцидом на основе DBNPA. Его доза составила 10,9 г/м³ при планируемой 10 г/м³, что также обусловлено объемом транспортной тары. Через 6 суток после ввода содержание взвешенных веществ достигло значения 222 мг/л. После продувки содержание взвешенных веществ снизилось до 10 мг/л, на 10-е сутки значение ОМЧ составило менее 10^3 КОЕ/мл, и в последующем снизилось до 10^2 КОЕ/мл. На градирне слой слизи на орошаемых стенках значительно уменьшился, на решетках сливного лотка слизь отсутствовала.

Было принято решение начинать применение ингибитора. При последующих плановых обработках, после применении биоцидов содержание взвешенных веществ не возрастало свыше 15 мг/л, а ОМЧ не превысило 10^2 КОЕ/мл.

В середине мая 2014 года после очередного посещения была отмечена недостаточность двух биоцидов. Пришли к выводу, что для предотвращения возможности привыкания на 2015 год необходимо добавить в программу третий биоцид на основе изотиазолинов.

В связи с этим в целях повышения эффективности стабилизационной обработки ВОЦ «Сызранской ТЭЦ», специалистами нашей компании, был выполнен натурный эксперимент по влиянию различных концентрации биоцида на основе изотиазолинонов на эффективное подавление микробиологического заражения в оборотной воде. Результаты тестов представлены в таблице 2.5.

Методика проведения натурного эксперимента

Подготовительный этап:

Перед выполнением испытаний готовят 1% растворы испытуемых реагентов. Для этого на весах в колбу на 200 мл вносят навеску реагента массой 1,00 г и доводят дистиллированной водой до 100 г. Смесь тщательно перемешивают, подписывают и закупоривают. В 1 мл полученного раствора содержится 10 мг реагента. Для внесения необходимого количества реагента в обрабатываемую воду используют пипетку с делениями не более 0,1 мл.

Частота применения и дозы биоцидов, как правило, определяются на основании опыта обработки воды оборотных циклов специалистов нашей компании.

Оценка испытуемых реагентов производится по показателю «ОМЧ» (общее микробное число). Для определения общего микробного числа использовались два вида биотестов: Envirochek Contact TVC и DPSLD PC2T 3M Dipslides. Инструкция по применению приведена в Приложении 2 и 3.

Для испытаний, непосредственно перед началом работ, из оборотного цикла в подготовленную емкость набирают оборотную воду в количестве, достаточном для испытаний (не менее 1 дм³ на 1 пробу).

Ход выполнения натурного эксперимента

В подписанные стаканы с исследуемой водой объемом 1 дм³ добавляются рекомендованные (минимальные) дозы растворов испытуемых реагентов и затем перемешиваются. При проведении испытаний на Сызранской ТЭЦ моей целью являлось определение эффективности лишь одного биоцида, а также определение наиболее эффективной его дозировки. Проверялась эффективность данного биоцида в дозах 15, 20 и 25 г/м³. В качестве холостой пробы использовалась необработанная оборотная вода. Через 1-2 часа после внесения реагента в оборотную воду, была выполнена обработка биотестов, после чего они были

подписаны и оставлены на 48 часов при одинаковых условиях комнатной температуры для развития бактерий.

По истечении 2 суток экспозиции биотестов было определено значение общего микробного числа методом сравнения с картинками-образцами, приведенными в инструкции к биотестам. В случае недостаточного снижения уровня биологического загрязнения (ОМЧ более 10^5), как правило, необходимо увеличить дозу реагента в 2 раза.

Критериями выполнения испытаний являются:

- возможность оценки предложенных реагентов на уровень биологического загрязнения оборотной воды.

- возможность сравнения реагентов, выбор наиболее эффективных препаратов для предупреждения образования отложений и снижения скорости коррозии конструкционных материалов.

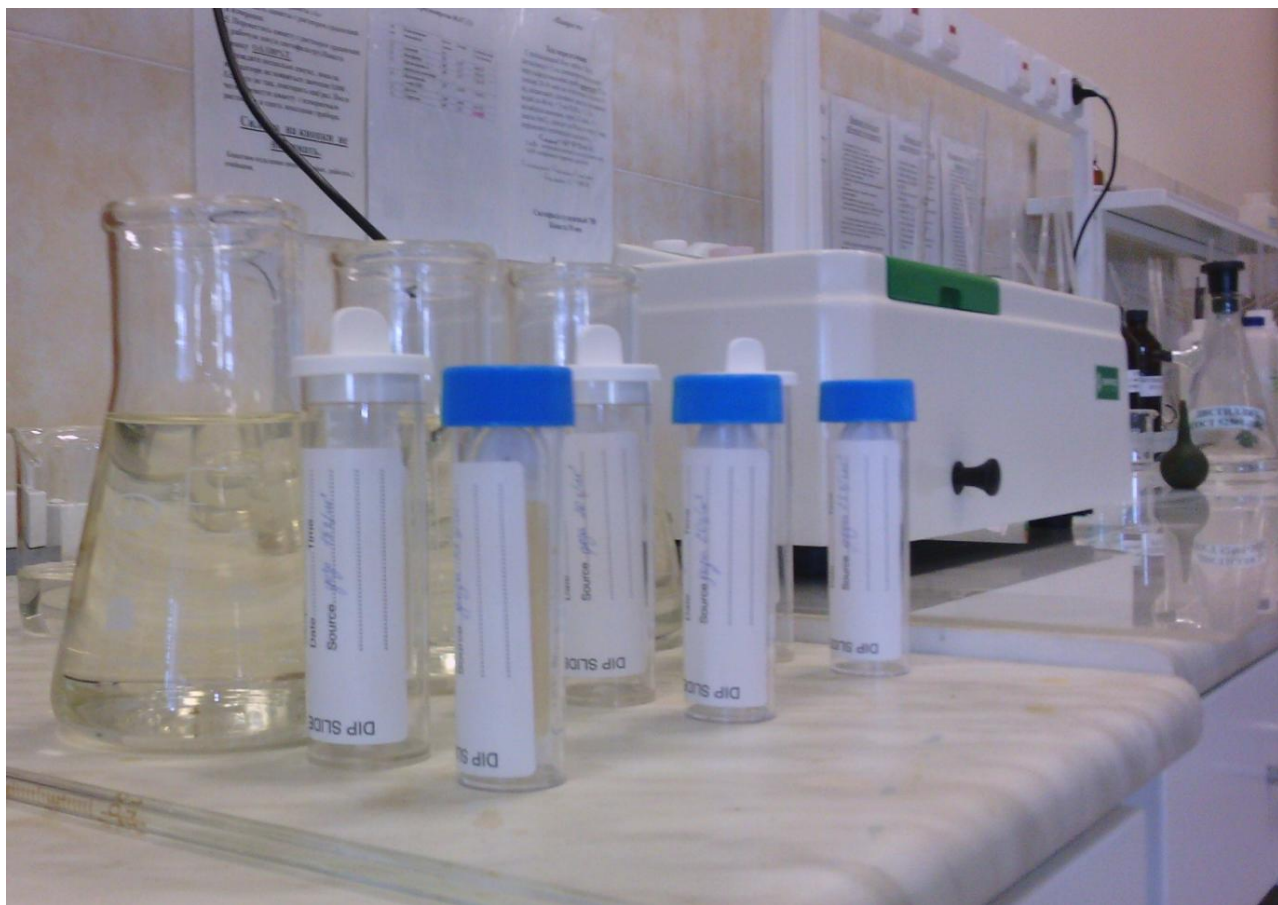


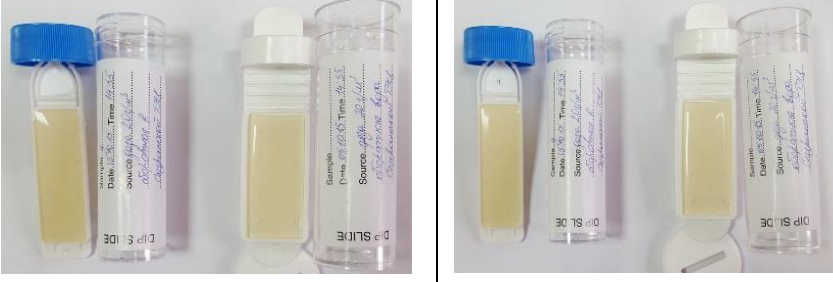



Рисунок 2.11 – Фото процесса проведения натурального эксперимента

Результаты натурального эксперимента приведены в таблице 2.7.

Таблица 2.7 – Результаты натурального эксперимента

Концентрация бицида в оборотной воде	Результат по ОМЧ-тестам		Фото образца, сторона А	Фото образца, сторона Б
	PSLD 3M Dipslides	PC2T Envirocheck Contact TVC		
	КОЕ/мл	КОЕ/мл		
Проба без реагента (холостая)	10 ⁴	10 ⁴		
Проба с концентрацией реагента 15 мг/дм ³	10 ²	10 ²		
Проба с концентрацией реагента 20 мг/дм ³	отсут.	отсут.		
Проба с концентрацией реагента 25 мг/дм ³	отсут.	отсут.		

Как видно из таблицы 2.7 результаты натурального эксперимента показали достаточную эффективность бицида на основе изотиазолина при концентрации в оборотной воде от 15 мг/дм³.

По результатам эксперимента было принято решение о проведении опытно-промышленные испытаний в условиях Сызранской ТЭЦ.

Вода оборотной системы была обработана 165 кг «нового» биоцида, совместно с существующими биоцидами (с чередованием).

Как показали опытно-промышленные испытания, доза реагента 15 мг/дм³ не позволяет создать концентрацию для подавления биологических образований в достаточной мере на период до следующей шоковой обработки. Так как полного подавления микробиологического загрязнения не происходит, новые бактерии поступают в оборотную систему с подпиточной водой, а оставшиеся микроорганизмы привыкают к данному виду биоцида, что впоследствии осложняет борьбу с ними и требует повышения дозы и частоты обработок. Для недопущения этого было порекомендовано увеличить дозу шокового введения до 20 мг/дм³. При объеме системы 11000 м³ за одно введение необходимо влить $20 \cdot 11000 = 220$ кг биоцида на основе изотиазолина. Период реагентной обработки может меняться от одного раза в 7 дней до одного раза в 30 дней в зависимости от времени года и интенсивности развития микроорганизмов.

Биоцид на основе изотиазолина в дозе 20 г/м³ показал себя эффективным против различных микроорганизмов и водорослей в условиях промышленных испытаний. Поверхности теплообменного оборудования и градирни были чистыми, без пленки и обрастаний водорослями.

2.4 Разработка рекомендаций по повышению эффективности борьбы с биообрастанием

2.4.1 Рекомендации по предотвращению развития биологической массы в Саратовском водохранилище

Поскольку проблема загрязненности водоисточников была выявлена на этапе литературного обзора, как основная причина биологических обрастаний, но поиск путей решения данной проблемы не входит в задачи данной магистерской диссертации, я постараюсь рассмотреть пути решения уже предложенные литературными источниками.

Известно, что развитию биологических обрастаний в оборотной системе способствуют условия, создаваемые в водоисточниках. Наличие биогенных веществ в водах рек, водохранилищ и озер напрямую влияют на развитие бактерий, водорослей и грибов в водоемах [1]. Активное поступление биогенных веществ связано с антропогенной нагрузкой [36]. В сточных и ливневых водах предприятий, городов и сельскохозяйственных угодий содержится большое количество азота, фосфора и др.

Как правило, водоемы способны самоочищаться [36]. Самоочищение водоемов обуславливается рядом факторов. Условно их подразделяют на 3:

- физические;
- химические;
- биологические.

Под влиянием физических факторов (разбавление воды более чистой водой притоков) происходит самоочищение речной воды. В связи с этим, как правило, снижается концентрация всех загрязняющих веществ в воде, в том числе и органических. В результате создаются неблагоприятные условия для размножения микроорганизмов. Происходит оседание нерастворимых органических и неорганических частиц. Помимо этого действие ультрафиолетовых лучей на микроорганизмы способствуют самоочищению водоема.

Бактерицидное действие на микроорганизмы оказывают растворенные в воде соли металлов, таких как медь и серебро, галогенов (йод, бром и др.), также происходит и естественное окисление органических и неорганических веществ в водоеме.

Важнейшую роль в самоочищении водоемов играют биологическим факторы, действие которых обусловлено сложными взаимоотношениями гидробионтов. К ним относятся микробы, зеленые водоросли, простейшие, бактериофаги и др. Взаимоотношения водных обитателей будь то симбиоз или антагонизм в конечном счете приводят к самоочищению водоема.

В связи с антропогенным загрязнением водоемов сточными водами городов и промышленных предприятий происходит усиленное размножение сапрофитных бактерий. Они относятся к группе полезных организмов в аэробных условиях они способны разлагать органические вещества до конечных продуктов – двуокиси углерода и воды, а в анаэробных – до более простых органических соединений: спиртов, летучих жирных кислот, метана и двуокиси углерода. Преобразуя сложные органические соединения в более простые сапрофиты делают их доступными для автотрофов (серо-, железобактерий, нитрифицирующих бактерий и водорослей).

В процессе самоочищения водоема так или иначе участвуют все гидробионты, но основная роль принадлежит водной микрофлоре. Ее количественный и качественный состав изменяется в зависимости от содержания в воде необходимых для жизни органических веществ.

Степень загрязненности водоема характеризуется таким показателем, как сапробность. Сапробность характеризует особенности водоема: в зависимости от загрязненности воды органическими веществами в ней развиваются и определенные виды микроорганизмов [1, 37]. Следовательно для каждой степени загрязненности водоема можно установить характерные для нее микроорганизмы. Их наличие является показателем степени загрязненности воды в источнике.

Существуют три основные зоны сапробности:

- полисапробная,
- мезосапробная (подразделяется на α -мезо и β -мезосапробную зоны),
- олигосапробная.

Полисапробная зона - зона сильного загрязнения характеризуется сильной загрязненностью воды органическими веществами. В этом случае число микроорганизмов достигает нескольких миллионов в 1 мл воды. Преобладают в основном коли-бактерии (кишечные) и анаэробные гнилостные бактерии.

Мезосапробная зона или иначе, зона умеренного загрязнения – это зона характеризуется минерализацией органических веществ с преобладанием окислительных процессов и выраженными процессами нитрификации. Мезосапробная зона включает в себя α - и β -мезосапробные зоны. Их отличие в

интенсивности происходящих окислительных процессов. Наиболее интенсивно процессы минерализации протекают в β-мезосапробной зоне, где полностью заканчивается минерализация органического вещества. Количество бактерий в мезосапробной зоне составляет сотни тысяч в 1 мл воды, содержание кишечных бактерий становится значительно меньше.

Олигосапробная зона - зона чистой воды, как правило, не содержит органических веществ. Количество бактерий в 1 мл воды составляет десятки, сотни, преобладают серо-и железобактерии.

Следовательно, наличие определенных микроорганизмов в различных зонах сапробности характеризует эффективность процесса самоочищения водоисточника [1].

Но известно, что процесс самоочищения достаточно длительный [38]. Самоочищение происходит при условии, что водоем не загрязняется извне быстрее, чем самоочищается. Для ускорения процессов и повышения эффективности восстановления загрязненной воды используется, к примеру, способ биологической реабилитации за счет альголизации штаммом *Chlorella vulgaris* BIN [39, 40]. Данный метод применялся для снижения эвтрофикации на Васильевских озерах вблизи нашего города, но, к сожалению, не дал положительных результатов. В объеме водохранилища надежда на успех и вовсе будет мала.

Также практикуются и механические методы – удаление водорослей из водоемов [41]. С помощью этого метода проводится очистка водоема от ила, водорослей, мусора, водных растений. С этой целью очень удобно применять фильтры механической очистки. Специальный прибор помещают в воду, и она прокачивается сквозь контейнер, наполненный пористым материалом. Фильтр задерживает небольшие водоросли, мелкие загрязнения, ил. В зависимости от того, какие по размеру ячейки фильтра и определяется степень фильтрации. Агрегат нужно иногда чистить и проводить смену фильтрующего материала [42].

Известны и химические методы обеззараживания воды в водохранилищах, реках и озерах. Например, обработка перекисью водорода.

Но подобные методы, на мой взгляд, являются превентивными, то есть скорее «лечением симптомов болезни», а не самой болезни.

Для решения проблемы эвтрофикации необходимо изменить условия в водоеме на менее благоприятные для жизнедеятельности микроорганизмов, грибов и водорослей. Бактерии и водоросли живут только в среде, отвечающей определенным условиям: содержанию питательных веществ в воде, величине рН, уровню соленосодержания, величине окислительно-восстановительного потенциала, температуре и скорости движения водных масс водоема [2, 43, 44, 45].

Нарушение гидрологического режима рек, вызванное строительством гидротехнических сооружений, ведет к эвтрофикации водохранилищ, к повышению уровня соленосодержания. Уменьшение скорости течения вызывает выпадение наносов и заиление дна водохранилища. Создание водохранилищ и устройство на них крупных ГЭС оказало негативное влияние на режим таких крупных рек, как Кама, Волга, Днепр, превратив эти великие реки с большой способностью к самоочищению в непрерывные цепи гниющих рукотворных водоемов. В результате это приводит к огромным потерям пресной воды высокого качества, гибели новых видов рыб и ухудшение состояния прилегающих территорий.

На большую часть этих условий человек или не способен повлиять или может повлиять незначительно. Как мне кажется, в большей степени мы можем повлиять на количество питательных (биогенных) веществ в воде рек, озер и водохранилищ, которые связаны с антропогенным воздействием на водоисточники.

Этого можно добиться следующими способами:

- организованный сбор сточных и ливневых вод с предприятий, городов и сельскохозяйственных угодий и последующая качественная их очистка;
- ограничение потребления «свежей» речной воды и сокращение объема сточных вод, в том числе и за счет многократного повторного использования вод (оборотное водоснабжение) [37].

Водная стратегия Российской Федерации до 2020 года ставит приоритет на улучшение качества жизни населения, санитарно-эпидемиологической безопасности населения, комфортных условий проживания будущих поколений жителей Российской Федерации, сохранения здоровья нации, а также сохранения естественной среды обитания водных биологических ресурсов [46].

В Водной стратегии в качестве мер по охране и восстановлению водных объектов предлагаются следующие меры по снижению антропогенной нагрузки на водные объекты:

- развитие технического регулирования в области очистки сточных вод;
- экономическое стимулирование сокращения сбросов загрязняющих веществ в составе сточных вод;
- разработка методов оценки объемов и степени негативного влияния рассредоточенного (диффузного) стока с хозяйственно освоенных территорий;
- реализация мероприятий по ограничению трансграничного переноса загрязняющих веществ.

2.4.2 Рекомендации по борьбе с биологическими обрастаниями в системе оборотного водоснабжения Сызранской ТЭЦ

По результатам проведенного литературного обзора и имеющегося личного опыта, видятся следующие пути решения проблемы биологических обрастаний оборудования оборотных систем.

При составлении программы биоцидной обработки необходим более тщательный подбор биоцидных препаратов с учетом существующих и развивающихся в оборотной системе микроорганизмов. Для этого рекомендуется выполнять микробный анализ, а также анализ на выявление тех или иных видов водорослей и грибков, способствующих биообрастаниям.

Важно учитывать насколько биоцид (окисляющий или неокисляющий) может нанести вред окружающей среде при взаимодействии с микроорганизмами

и водорослями, при попадании в источник водоснабжения со сточными водами.

Важно правильно:

- подобрать биоцид;
- дозу биоцида;
- изучить механизм его действия на микроорганизмы, а также процессы его разложения в водоисточнике.

Подбор биоцида и его дозировки, по моему мнению, необходимо осуществлять в лабораторных условиях, максимально моделируя процессы, происходящие в системе оборотного водоснабжения. Разберем на примере всем известного гипохлорита натрия. Подбор его дозировки производится по показателю хлорпоглощаемости воды, т.е. каждый раз подбор производится для воды определенного качества. При этом изменение качества воды учесть не представляется возможным, поэтому в дальнейшем, при дозировании гипохлорита натрия производится регулярное определение избыточного активного хлора в воде, который должен быть в допустимом диапазоне (например, для питьевой воды 0,3-0,5 мг/дм³). Несоблюдение данных норм может привести к недостаточной дезинфекции воды (при значении активного хлора менее 0,3 мг/дм³), в то время, как превышение нормы в 0,5 мг/дм³ может приводить образования чрезвычайно токсичных соединений. Существует мнение о том, что хлорированная вода может повышать риск возникновения онкологических заболеваний у человека. Также повышение дозировки ведет к перерасходу реагента, что повышает стоимость обработки воды. На данном примере видно, что правильный подбор дозировки очень важен. В случае с биоцидами, конечно, не рассматривается риск здоровью людей, но необходимо учитывать, что необоснованно завышенные дозы биоцидов несомненно приведут к увеличению стоимости обработки оборотной воды на ТЭЦ, что в дальнейшем может сказаться на стоимости тепловой энергии и электроэнергии для населения и промпредприятий.

Помимо этого открытым остается вопрос биоразлагаемости тех или иных биоцидов. Необходимо детальное изучение данного вопроса. Важно знать, какое

влияние окажет тот или иной биоцид на гидробионтов при попадании в водоем со сточными водами, и, по возможности, не допускать попадания.

Натурный эксперимент в лаборатории Сызранской ТЭЦ не учитывал существующие биологические обрастания в оборотной системе, а также не учитывал все разнообразие микроорганизмов, которые поступают в систему со свежей подпиточной водой из реки Волга. Эти аспекты необходимо учитывать, особенно в теплое время года, когда активность микроорганизмов в источнике водоснабжения наиболее высока, а условия окружающей среды способствуют росту и развитию биомассы как в источнике, так и в системе.

После подбора в лабораторных условиях также необходимо проверить эффективность подобранной программы биоцидной обработки в реальных условиях на предприятии (провести опытно-промышленные испытания).

РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Разработать мероприятия по снижению биогенной нагрузки на источники водоснабжения и включить их в региональную программу «Развитие водохозяйственного комплекса Самарской области».

2. Процесс биообрастания зависит от специфики производства, состояния источника водоснабжения и структуры биоценозов, поэтому подбор биоцидной программы должен быть индивидуален.

3. Разработать для предприятия «Технологию борьбы с биообрастанием», включающую:

- поэтапное снижение использования «свежей» речной воды на подпитку оборотной системы;

- определение структуры биоценозов, характерных для подпиточной и оборотной воды;

- проведение лабораторных и промышленных испытаний при выборе программы обеззараживания воды оборотного цикла.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Микробиология воды: учебное пособие /Н.Г. Наливайко. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета. 2006. – 139 с.
2. Технический справочник по обработке воды. В 2 т.: пер. с фр. – СПб.: Новый журнал, 2007.
3. Селезнева А. В., Селезнев В. А. Проблемы восстановления экологического состояния водных объектов Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление // Научный электронный журнал «Принципы экологии». - 2010. - № 2. - С. 28–44.
4. Крамаренко Л.Е. Геохимическое и поисковое значение микроорганизмов подземных вод. – Л.: Недра, 1983. – 184 с.
5. Причины и механизмы эвтрофикации водоемов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://studopedia.ru/10_256899_prichini-i-mehanizmi-evtrofikatsii-vodoemov.html. Дата обращения: 08.03. 2015.
6. 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.
7. Микробиология загрязненных вод. Под ред. Митчелла М. «Медицина», 1976, - 323 с.
8. Куйбышевское водохранилище (научно-информационный справочник) / Отв. Ред. Г.С. Розенберг, Л.А. Выхристюк. – Тольятти: ИЭВБ РАН, 2008 г. – 123 с.
9. Грибы и актиномицеты [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://mikrobio.balakliets.kharkov.ua/contents-9-1.html>. Дата обращения: 18.12.2015.
10. ДУДКА И.А. Водные несовершенные грибы СССР. Киев: Наукова думка, 1985.- 188 с.
11. Книга НАЛКО о воде: Практическое руководство по воде компании Nalco. 2-е изд. с англ. Ред.: Ф.Н. Кермер и др. (Nalco Chemical Company). Нью-Йорк и др.: Изд-во «McGraw – Hill Book Company», 1989. – 1117 с.

12. Копылов А. С. Процессы и аппараты передовых технологий водоподготовки и их программированные расчеты: учеб. Пособие для вузов / А.С. Копылов, В.Ф. Очков, Ю.В. Чудова. – М.: Издательский дом МЭИ, 2009. – 222 с.: ил.
13. Тульчинская В.П. Химическая деятельность микроорганизмов. М.: Наука, 1975. – 50 с.
14. Рябчиков Б. Е. Современные методы подготовки для промышленного и бытового использования – М.: Дели принт, 2004. – 328 с.
15. Руководство по анализу причин коррозионного отказа систем водяного охлаждения / Nalco Chemical Company; авторы Харвей М. Хироу, Роберт Д. Порт.
16. Фрог Б.Н., Левченко А.П. Водоподготовка: Учебн. Пособие для вузов. М. Издательство МГУ, 1996 г. 680 с; 178 ил.
17. Алексеев Л.С. Контроль качества воды: Учебник. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: ИНФРА-М, 2004. – 154 с. – (Среднее профессиональное образование).
18. Эксплуатация систем водоснабжения, канализации и газоснабжения: Справочник / Под ред. В.Д. Дмитриева, Б.Г. Мишукова . – 3-е изд., перераб. и доп. Л.: Стройиздат, Ленингр. отд-ние, 1988. 383 с., ил.
19. Собченко И.В. Обзор практического опыта применения новой реагентно-каталитической технологии обработки воды MOL Clean на Российских предприятиях / Сборник докладов Пятой Межотраслевой конференции «Вода в промышленности-2014». – 2014 г.
20. Технологии Aqua-mol. Научные основы [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.aquamol.ru/sci.php?n=21>. Дата обращения 01.12.2014.
21. Чарыков Н.А., Кокорин В.В. Технические средства обеззараживания питьевой воды // Интернет-журнал Науковедение. 2011. - № 2 (7).
22. СНиП 2.04.02-84. Строительные нормы и правила. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. – М.: Стройиздат, 1985. – 136 с.
23. Иванов В.Г. Водоснабжение промышленных предприятий. – Санкт-Петербург, 2003. – 537 с.

24. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования: Гигиенические нормативы. ГН 2.1.5.1315-03. – М: Российский реестр потенциально опасных химических и биологических веществ Министерства здравоохранения Российской Федерации, 2003. – 154 с.

25. Нормативы качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативы предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения. Утв. Приказом Росрыболовства от 18.01.2010 № 20 [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.consultant.ru>. Дата обращения: 10.03.2016.

26. Bennett P. Voffardi. Водоподготовка для систем отопления, вентиляции, кондиционирования воздуха и холодильных установок // Журн. По отоплению, вентиляции, кондиционированию воздуха, теплоснабжению и строительной физике (АВОК). — 1999. — № 6. — С. 40-51.

27. Гидрометеорологический режим озер и водохранилищ СССР. Куйбышевское и Саратовское водохранилища / Под ред. Г.Г. Доброумовой. Л.: Гидрометеоиздат, 1977, 277 с.

28. В.А. Селезнёв, М.Н. Рубцов, В.Я. Купер, Г. С. Розенберг Оценка пространственной неоднородности качества вод Саратовского водохранилища // Известия Самарского научного центра РАН : журнал. — Самара, 1999. — Т. 1, вып. 2. — С. 204-211.

29. Государственный доклад «О санитарно-эпидемиологической обстановке в Российской Федерации в 2009 году». – М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2010.

30. Водоподготовка: Справочник. /Под ред. д.т.н., действительного члена Академии промышленной экологии С.Е. Беликова. М.: Аква-терм, 2007. – 204 с.

31. Куйбышевское водохранилище (научно-информационный справочник) / Отв. Ред. Г.С. Розенберг, Л.А. Выхристюк. – Тольятти: ИЭВБ РАН, 2008. – 123 с.

32. Таубе П.Р., Баранова А.Г. Химия и микробиология воды. – М.: Высшая школа, 1983. – 280 с.
33. ГОСТ 17.1.3.07-82. Гидросфера правила контроля качества воды водоемов и водотоков. – Москва: Изд-во стандартов, 1982.
34. Доклад Хасановой Д.И, Сафина Д.Х. на V научно-практической Конференции «Современные методы водоподготовки и защиты оборудования от коррозии и накипеобразования» 29 октября 2013 г., Москва, «Экспоцентр».
35. СНиП 2.04.02-84. Строительные нормы и правила. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. – М.: Стройиздат, 1985. – 136 с.
36. Алимов, А.Ф. Введение в продукционную гидробиологию / А.Ф. Алимов. – Ленинград: Гидрометеиздат, 1989. – 152 с.
37. Жуков А. И., Монгайт И. Л., Родзиллер И. Д. Методы очистки производственных сточных вод. — М.: Стройиздат, 1977. — 208 с.,
38. Кузнецов, С.И. Определение интенсивности процесса самоочищения воды в водохранилищах / С.И. Кузнецов, Н.М. Казаровец, Г.Л. Марголина // Материалы по биологии и гидрологии Волжских водохранилищ: сборник. – М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1963. – С. 3-6.
39. Богданов, Н.И. Штамм микроводоросли *Chlorella vulgaris* BIN для получения биомассы и очистки сточных вод: пат. Рос. Федерации № 2192459 / Н.И. Богданов. – Бюл. № 31. – 2002.
40. Богданов Н.И. Биологические основы предотвращения «цветения» Пензенского водохранилища синезелеными водорослями / Н.И. Богданов – 2-е издание, дополненное и исправленное. Пенза: РИО ПГСХА, 2007. – 75 с.
41. Приймаченко, А.Д. Фитопланктон и первичная продукция Днепра и днепровских водохранилищ / А.Д. Приймаченко. – Киев: Наукова думка, 1981. – 278 с.
42. Очистка рек и водоемов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://vseowode.ru/ochistka/ochistka-vodoemov.html>. Дата обращения 25.02.2016.
43. Вербина Н.М. Гидромикробиология с основами общей микробиологии. Учебное пособие. – М.: Пищевая промышленность, 1980. – 288 с.

44. Гавришова Н.А. О комплексе микробиологических показателей при характеристике качества воды // Самоочищение и биоиндикация загрязненных вод. – М.: Наука, 1980. – С. 74 – 80.

45. Экология микроорганизмов / Под ред. А.И. Нетрусова. – М.: АСАДЕМА, 2004. – 266 с.

46. Водная стратегия Российской Федерации на период до 2020 г.: распоряжение Правительства РФ от 27 августа 2009 г. N 1235-р в ред. от 28.12.2010 N 2452-р.



ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ИНЖИНИРИНГ
 ФИЛЬТРОВАЛЬНОЕ И ЕМКОСТНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ
 РЕАГЕНТЫ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ИНДУСТРИАЛЬНЫХ ВОД
 ПУСКО-НАЛАДОЧНЫЕ РАБОТЫ И СЕРВИСНОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ

445009, Россия, Самарская область, г. Тольятти, ул. Комсомольская, д. 86, а/я 2640,
 тел.: (8482) 27-00-48, 27-00-78, факс (8482) 27-00-48, web-сайт: www.teh-g.ru e-mail: info@teh-g.ru

**Программа семинара «Современные технологии промышленной
 водоподготовки и очистки сточных вод»
 Инженерный центр «Энергопрогресс»**

г. Казань

23 марта 2016 г.

	Тема выступления	ФИО	Должность	Время выступления
	Приветственное слово	Гридчин А.А.	Директор	11:00
1	Современные технологии и оборудование для очистки воды в энергетике	Гридчин А.А.	Директор	11:05 – 11:20
2	Строительство и реконструкция установок очистки стоков в современных условиях	Господинов И.П.	Технический директор	11:20 – 11:45
3	Современные программы реагентной обработки водооборотных циклов и установок мембранного разделения	Гусева А.А.	Инженер-технолог	11:50-12:05
4	Водно-химический режим энергетических котлов и котлов утилизаторов.	Можаренко О.Н.	Начальник отдела реагентной обработки воды	12:10 – 12:40
	<i>Кофе-брейк</i>			12:40-13:00
	Обсуждение представленных материалов и согласование вопросов дальнейшего сотрудничества			13:00-14:00

Дипслайды для промышленного и экологического мониторинга бактерий и грибов Envirocheck Contact TVC

Микробиологический контроль чистоты поверхности и жидкости проводится с помощью дипслайдов. Дипслайды (или контактные слайды) позволяют определять основные санитарно-значимые показатели - ОМЧ, энтеробактерии, колиформные бактерии, Staph.aureus, дрожжи и плесневые грибы, листерии. Кроме того, с помощью дипслайдов возможно проведение контроля дезинфекции.

Дипслайд представляет собой пластинку, на которую с обеих сторон нанесен слой питательной среды (неселективной или селективной). Пластинки находятся в стерильных пробирках с крышками.

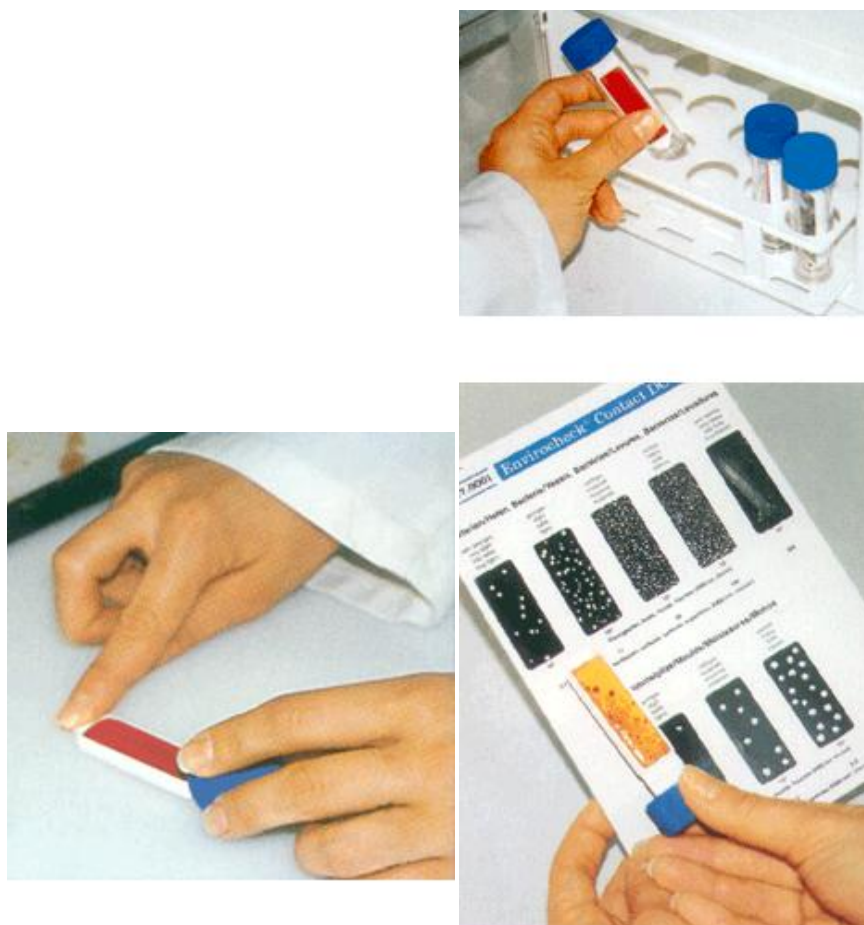


Рисунок 2.1 – Инструкция по использованию дипслайдов

Типы дуплайдов:

КМАФАнМ (ОМЧ)

- питательный агар с ТТХ (с обеих сторон)

Колиформы

- MacConkey / питательный агар

Энтеробактерии

- VRBG агар / питательный агар
- VRBG / Байрд-Паркер агар

Дрожжи и плесневые грибы

- Rose Bengal агар / Rose Bengal агар
- Rose Bengal агар / триптиказо-соевый агар
- мальтозный агар / питательный агар с ТТХ

Staphylococcus aureus

- Байрд-Паркер агар / питательный агар
- Байрд-Паркер агар / VRBG

Листерии

- Агар на листерии (с обеих сторон)

Контроль дезинфекции

- VRBG агар + нейтрализаторы / питательный агар
- MacConkey + нейтрализаторы / питательн. агар
- MacConkey + нейтрализаторы / питательн. агар с ТТХ
- OGYE агар + нейтрализаторы / питательный агар

Инструкция

1. Снять крышку и вынуть контактный слайд из пробирки.
2. При тестировании поверхности – прижать дипслайд к поверхности, при тестировании жидкости – погрузить в жидкость.
3. Закрутить крышку и поставить в термостат.
4. Учесть результаты по таблице сравнения.

Основные преимущества

- Легкость, удобство и безопасность использования.
- Дипслайды всегда готовы к работе.
- Не требуется дополнительной подготовки образцов.
- Экономичны, длительный срок хранения - более 180 дней.
- Результаты на ОМЧ готовы через 24ч, на дрожжи и плесневые грибы - через 48-72ч.

Таблица Б.1 – Степень загрязненности по дипслайдам

Степень загрязненности	Количество микроорганизмов	
	в жидкости (КОЕ/мл)	на поверхности (КОЕ/см ²)
Незначительная	10 ³	3,5
Низкая	10 ⁴	17
Средняя	10 ⁵	58
Высокая	10 ⁶	140
Очень высокая	10 ⁷	350

Дипслайды для промышленного и экологического мониторинга
 бактерий и грибов PSLD PC2T 3M Dipslides

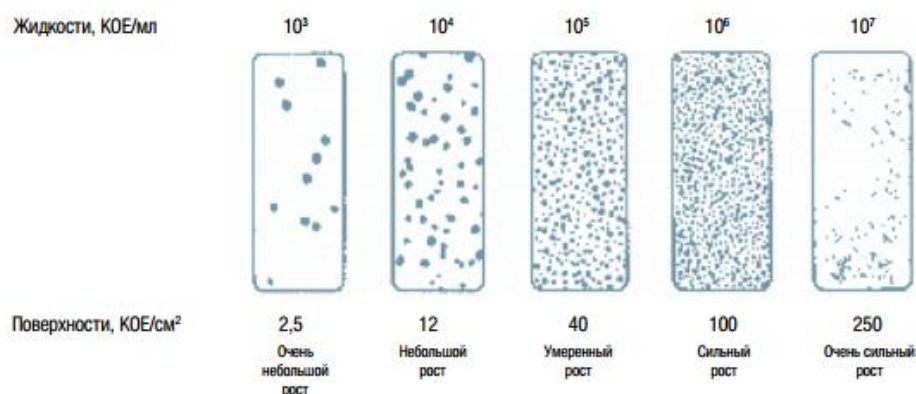


Рисунок 3.1 – Сравнительная схема учета роста бактерий и дрожжей

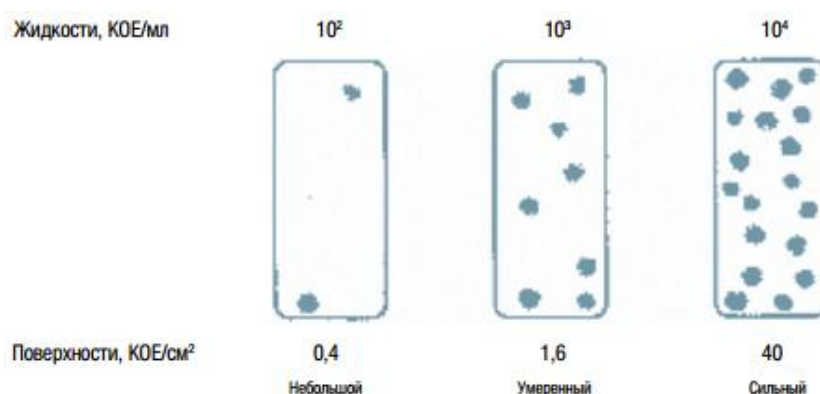


Рисунок 3.2 – Сравнительная схема учета роста плесеней

Анализ поверхности

Снимите крышку и извлеките совмещенную с крышкой пластину с питательной средой. Не прикасайтесь к питательной среде! Удерживая пластину за упоры на концах, прижмите одну сторону агара к анализируемой поверхности. Гофрированная часть пластины изогнется, обеспечивая полный контакт. Повторите операцию со второй стороной, прижав ее вблизи первого участка. Снова установите пластину в пробирку, плотно закройте, нанесите необходимую маркировку и поставьте на инкубацию.

Анализ жидкости

Снимите крышку и извлеките совмещенную с крышкой пластину с питательной средой. Не прикасайтесь к питательной среде! Погрузите пластину в анализируемую жидкость приблизительно на десять секунд или подержите пластину под текущей жидкостью или аэрозолем, чтобы покрылись обе стороны пластины. Дайте излишкам жидкости стечь в течение нескольких секунд. Снова установите пластину в пробирку, плотно закройте, нанесите необходимую маркировку и поставьте на инкубацию.

Инкубация

Инкубируйте препарат в вертикальном положении в соответствии с таблицей 1 или в соответствии с инструкцией для конкретного продукта.

Интерпретация

Сравните препарат после инкубации с приведенными схемами и зафиксируйте результат по наиболее похожему рисунку. Данные по жидкостям откалиброваны в колониеобразующих единицах (КОЕ) на миллилитр. Данные по поверхностям откалиброваны в КОЕ на квадратный сантиметр. Бактерии и дрожжи сравниваются по схеме рис.1. Плесени сравниваются по схеме рис. 2.

Хранение

Хранить в прохладном сухом месте (оптимальная температура 8-15°C). Использовать до даты, указанной на упаковке. Не использовать препарат, если до вскрытия на нем обнаруживаются признаки роста микроорганизмов. Препараты пригодны к использованию, если агар гладкий и прикреплен к препарату. В нижней части пробирки возможно накопление небольшого количества воды. Она представляет собой конденсат агара и не влияет на эффективность препарата.

Утилизация

Использованный препарат подлежит утилизации в соответствии с требованиями по уничтожению отходов в микробиологической лаборатории.

Таблица 3.1 – Температурные и временные нормы при инкубации препарата

Инкубация препарата			Агар 1		Агар 2	
Код	Темп	Часы	Цвет	Рост	Цвет	Рост
BT2	35С	24-28	Соломенный	МАФАНМ	Соломенный	МАФАНМ
BTM2	30С	24-120	Соломенный	МАФАНМ	Коричневый	Дрожжи и плесневые грибы
PC2	35С	24-28	Соломенный	МАФАНМ	Соломенный	МАФАНМ
PCV	35С	24-28	Соломенный	МАФАНМ	Фиолетовый	Enterobacteriaceae
PO	22С	24-120	Соломенный	МАФАНМ	Соломенный	Дрожжи и плесневые грибы
RBS	30С	24-120	Соломенный	МАФАНМ	Розовый	Дрожжи и плесневые грибы
SC2	35С	24-48	Соломенный	МАФАНМ	Красный	БГКП(колиформы)
SCN	35С	24-48	Соломенный	МАФАНМ	Красный	БГКП(колиформы)
SCT	35С	24-48	Соломенный	МАФАНМ	Красный	БГКП(колиформы)
TV	35С	24-48	Соломенный	МАФАНМ	Красный/коричневый	Enterobacteriaceae
BV	35С	24-48	Желтый	Стафилококки	Фиолетовый	Enterobacteriaceae
BRB2	30С	24-120	Розовый	Дрожжи и плесневые грибы	Розовый	Дрожжи и плесневые грибы
TP	35С	24-48	Соломенный	МАФАНМ	Соломенный	Pseudomonas
PC2T	35С	24-48	Соломенный	МАФАНМ	Соломенный	МАФАНМ
PC2TN	35С	24-120	Соломенный	МАФАНМ	Соломенный	МАФАНМ
BT3	35С	24-48	Соломенный	МАФАНМ	Соломенный	МАФАНМ